

A EVOLUÇÃO DA METODOLOGIA DE IMAGEM NA TUBERCULOSE: da radiografia ao PET-Scan

Rafael Barcelos Capone

Médico Radiologista do Serviço de Imagem do Hospital Santa Maria Maior, Barcelos, Portugal e do Centro Hospitalar Alto do Minho, Portugal. Médico Radiologista da Clínica de Imagem da Santa Casa da Misericórdia de Monção, Portugal. Mestrado Integrado em Medicina pela Universidade de Lisboa, Portugal. Mestre em Ciências Médicas pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ.

Roberto Mogami

Prof. Titular de Radiologia e Diagnóstico por Imagem da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ.

Valmir Sangalli Lucas

Médico Assistente do Serviço de Pneumologia do Hospital de Força Aérea do Galeão e Pneumologista Aposentado do Instituto de Doenças do Tórax da UFRJ.

Domenico Capone

Médico Radiologista do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da UFRJ e do Instituto de Doenças do Tórax da UFRJ, Prof. Associado (aposentado) de Pneumologia da UERJ, Ex Prof. Titular da Disciplina de Radiologia e Diagnóstico por Imagem da FUSVE-USS.

Resumo

A tuberculose pulmonar (TB), ainda é um problema global de saúde e continua com inaceitáveis índices de elevada morbidade e mortalidade. O diagnóstico pode ser estabelecido rapidamente pela análise de material proveniente da árvore brônquica, obtido de modo espontâneo pelo escarro, através de escarro induzido ou, em casos peculiares, pelo lavado broncoalveolar. Os métodos de imagem têm papel relevante na avaliação das doenças torácicas e a radiografia do tórax (RX), juntamente com o exame do escarro, ainda são os principais métodos na avaliação inicial de casos suspeitos da doença e no acompanhamento dos pacientes com TB. A radiografia pode ainda ser utilizada como método de triagem no diagnóstico de tuberculose notadamente em populações confinadas, como por exemplo, em presidiários, onde a incidência da doença é extremamente mais elevada. A utilização de modelos de laudos radiográficos preliminares automatizados utilizando inteligência artificial (IA) têm se mostrado promissores sugerindo potencial interação entre radiologistas e IA na melhora da prestação de cuidados clínicos, ainda necessitando, porém, de validação em estudos com contextos clínicos. A tomografia computadorizada (TC), por ser mais sensível e específica do que a radiografia do tórax, tem sido utilizada como excelente instrumento diagnóstico da TB nos casos com baciloscopia do escarro negativa para bacilos álcool-ácido-resistentes ou quando a radiografia do tórax mostra alterações duvidosas. A tomografia por emissão de pósitrons (PET-Scan) tem emergido como ferramenta

complementar na avaliação da tuberculose pulmonar, ao integrar informações metabólicas e anatômicas.

Palavras-chave: Tuberculose, métodos de imagem, radiografia do tórax, tomografia computadorizada, PET-scan.

Abstract

Pulmonary tuberculosis remains a global health problem and continues to have unacceptable rates of high morbidity and mortality. Diagnosis can be established rapidly by analyzing material from the bronchial tree, obtained spontaneously from sputum, through induced sputum or, in peculiar cases, by bronchoalveolar lavage. Imaging methods play a significant role in the evaluation of thoracic diseases, and chest radiography, along with sputum examination, remain the primary methods for the initial assessment of suspected cases of the disease and for monitoring patients with tuberculosis. Chest radiography can also be used as a screening method in the diagnosis of tuberculosis, particularly in confined populations, such as prisoners, where the incidence of the disease is significantly higher. The use of automatic radiographic report models using artificial intelligence has shown promise, suggesting potential interaction between radiologists and AI in improving the delivery of clinical care; however, validation in clinical context studies is still needed. Computed tomography, being more sensitive and specific than chest radiography, has been used as an excellent diagnostic tool for pulmonary tuberculosis in cases with negative sputum smear microscopy for acid-fast bacilli or chest radiography shows doubtful changes. Positron emission tomography (PET-Scan) has emerged as a complementary tool in the evaluation of pulmonary tuberculosis, by integrating metabolic and anatomical information.

Keywords: tuberculosis, imaging methods, chest radiography, computed tomography, PET-scan.

Introdução

A tuberculose é uma das principais causas de morte em todo o mundo. Devido à transmissão aérea da TB, qualquer pessoa pode ser infectada, mas pessoas em locais com alta incidência estão mais expostas. O risco de progressão para a doença é maior nos primeiros anos após a infecção e em pessoas com desnutrição, imunossupressão ou que fumam, bebem álcool ou têm diabetes bem como em populações privadas de liberdade^{1,2,3,4}.

A TB é também testemunha da contradição e da miséria humana. Talvez nenhuma outra doença tenha sido tão extensivamente estudada como esta. Conhece-se, há longa data o agente causador bem como sua penetração e propagação no organismo humano. Conhecemos o início, meio e fim de uma doença devastadora quando não

diagnosticada a tempo e tratada adequadamente. Dispomos de meios tecnológicos para alcançar o diagnóstico em poucas horas, medicamentos eficazes e acessíveis a praticamente todos os pacientes e ainda assim nos deparamos com formas extremamente avançadas que contribuem para o inaceitável número de mortes a cada ano e com sequelas que mantêm os pacientes, mesmo após o tratamento, prisioneiros dos sistemas de saúde em razão de sintomas persistentes tais como tosse, infecções respiratórias, dispneia e sangramento que às vezes ameaçam a vida. Há décadas a doença tem o status de “emergência mundial” pela OMS e continua causando consideráveis sequelas e devastando vidas^{3,4,5}

Figura 1- Registro dos pulmões de um paciente com tuberculose, publicado por K. Dunham no ano de 1917 em Nova York, através da técnica Stereoroentgenography. No texto o autor assinala que “este caso é particularmente interessante por causa do bom estado geral do paciente” apesar da completa destruição dos lobos superiores onde se observam cavidades e pneumotórax parcial a direita.

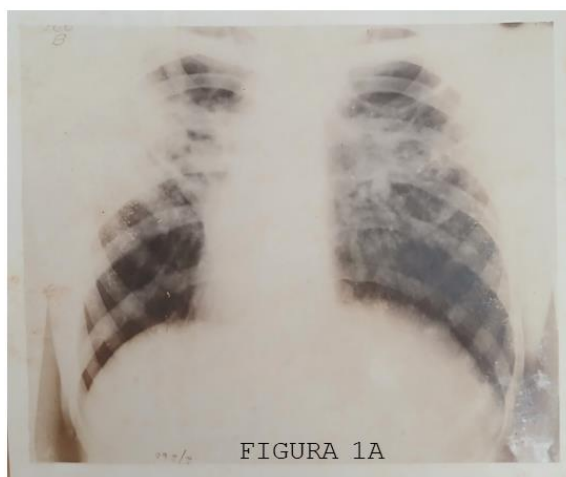


Figura 1B – RX do tórax de uma paciente com tuberculose, dispneia intensa, de 37 anos de idade, do Rio de Janeiro, registrada em 2017, 100 anos após o registro de Dunham. A radiografia mostra destruição dos lobos superiores, cavidades nos ápices e hiperinsuflação das bases.

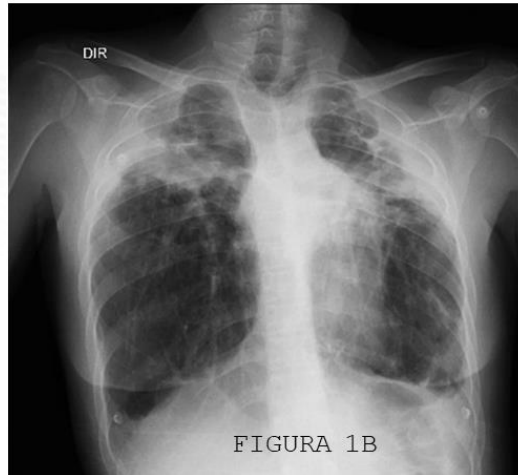


Figura 2 – Alterações tomográficas da tuberculose. Corte no nível dos ápices mostra lesões múltiplas representadas por opacidades confluentes, cavidade de paredes espessadas e nódulos do espaço aéreo com arranjo em “trevo” a direita (seta).

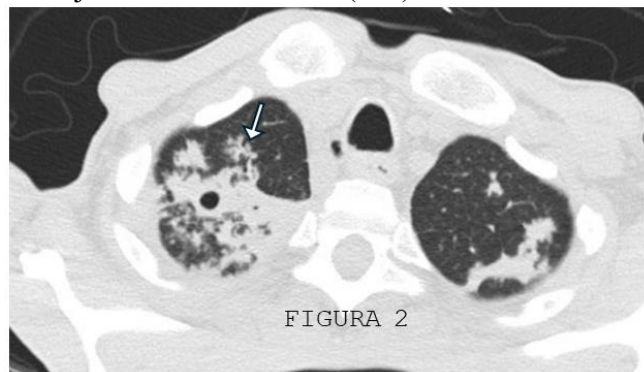


Figura 3A e 3B – Correlação entre RX e TC na tuberculose. Em 3A RX de um paciente de 20 anos de idade com febre e hemoptise mostra opacidade heterogênea de limites imprecisos no lobo superior direito. Em 3B, TC realizada um dia após a RX. Reconstrução multiplanar exhibe pequenas cavidades de difícil visualização na radiografia além de nódulos do espaço aéreo, confluentes, adjacentes às cavidades.



Embora tosse, febre e perda de peso sejam sintomas característicos, pessoas com tuberculose podem ser assintomáticas, sendo necessário, portanto um alto grau de suspeita. O diagnóstico rápido pode ser feito por meio de exame de escarro (idealmente com testes moleculares rápidos), mas a radiografia de tórax pode ser útil¹.

O diagnóstico precoce e adequado da TB é um dos pilares mais importantes no controle da doença e os métodos de imagem têm relevante papel na construção desse diagnóstico^{4,6,7,8}.

Radiografia Simples

A radiografia é a técnica de escolha para investigação inicial das doenças torácicas. O exame de RX é um elemento tentador e instigante oferecendo relevantes informações sobre a caixa torácica e seu conteúdo quando analisado por profissionais experientes. Não há contraindicações absolutas à realização da RX e a quantidade de radiação a que o paciente é submetido é insignificante quando comparada com a da TC⁹.

No caso da tuberculose, a radiografia simples é útil na avaliação inicial de casos suspeitos, na avaliação da extensão e no diagnóstico diferencial com outras condições que se confundem com a doença. A rotina básica compreende duas incidências: PA e Lateral^{3,4,6,7,9}.

A análise radiográfica deve ser feita por profissional experiente e bem treinado. Erros na análise da RX são causados por técnica inadequada, falha na interpretação correta dos resultados e ou pelo desconhecimento dos dados clínicos do paciente. A técnica inadequada inclui baixa ou superexposição, o posicionamento do paciente e o grau de inspiração em que a radiografia foi obtida. A técnica digital possibilita manipulação da imagem sobrepujando possíveis deslizamentos na técnica empregada quanto à exposição, porém o mau posicionamento e a pouca inspiração não podem ser modificadas após a realização da RX. Por conseguinte, é fundamental observar esses fatores antes de se aventurar em descrever alterações que podem ser apenas ilusórias e que são originadas por erros técnicos. Além do mais, existem áreas de difícil avaliação na RX representadas pelos ápices pulmonares, região paravertebral, mediastinal, região retrocardíaca, retroesternal e pulmão justadiafragmático, o que torna a radiografia lateral imprescindível. Outra incidência pode ser utilizada para melhor avaliação dos ápices pulmonares, *como* a incidência de Fleischner ou ápico-lordótica^{4,9,10}.

A utilização de modelos de laudos radiográficos automatizados utilizando inteligência artificial têm se mostrado promissora sugerindo potencial colaboração entre radiologistas e IA na melhora da prestação de cuidados clínicos, porém ainda necessita validação em estudos com contextos clínicos e não têm alcançado o impacto esperado na avaliação de muitas doenças pulmonares. Estudo recente avaliando a priorização de achados de imagem detectados por IA solicitada pela atenção primária no Reino Unido não teve impacto significativo no fluxo de atendimento em reduzir o tempo para o diagnóstico de câncer de pulmão. Houve discordância entre laudos de IA e laudos radiológicos em cerca de 30% e a revisão por especialistas em radiologia identificou achados relevantes em 23,9% dos casos.^{11,12}

As alterações radiográficas da tuberculose pulmonar podem ser abordadas considerando três situações: tuberculose latente, tuberculose primária e tuberculose secundária. A **tuberculose latente**, conceitualmente, não apresenta alterações radiográficas de doença ativa e seu diagnóstico se baseia em informações adquiridas pela reatividade ao teste de Mantoux ou testes que detectam resposta imunológica a proteínas específicas do *Mycobacterium tuberculosis* como o ensaio de liberação de interferon gama (IGRA). Contudo, calcificações pulmonares ou hilares (complexo de Ranke) podem ser evidenciadas como sequela de infecção primária, sem constituírem

critério de doença ativa. A *tuberculose primária* embora ocorra com mais frequência em crianças não é exclusiva destas, podendo também ser observada em adultos. Nas crianças o diagnóstico definitivo através do exame do escarro é difícil o que faz com que os métodos de imagem assumam extraordinário papel quando interpretados adequadamente dentro de um contexto clínico-epidemiológico compatível. Várias são as formas de apresentação da doença, mas o achado radiográfico mais característico é a presença de opacidade(s) parenquimatosa(s) associadas a linfonomegalias hiliares e/ou mediastinais que determinam redução volumétrica do pulmão (epituberculose) sendo a síndrome do lobo médio sua forma mais conhecida. A *tuberculose secundária* é também conhecida como TB de reinfecção ou pós-primária. É a forma mais comum de adoecimento entre adolescentes e adultos e, nestes, a forma pulmonar responde por cerca de 85 a 90% dos casos. São múltiplas as apresentações radiográficas e as lesões ocorrem com mais frequência nos segmentos apicais e posteriores dos lobos superiores e nos segmentos apicais dos lobos inferiores, regra esta alterada nos pacientes imunossuprimidos e nos pacientes diabéticos que podem exibir formas atípicas com lesões nos segmentos anteriores. A tabela I descreve as principais alterações radiográficas da TB^{6,8,13,14,15,16,17}

Tabela 1 - principais alterações radiográficas da tuberculose

Na Infância	No Adulto
Linfonomegalia(s) hilares e/ou mediastinal(is) determinando redução volumétrica de lobos ou pulmões	Lesões iniciais reticulo-nodulares, chamadas de infiltrados precoces são pouco diagnosticadas e localizam-se, de preferência, nos lobos superiores, nas regiões apicais, infraclaviculares e inter-cleido-hilares. São detectadas mais facilmente pela incidência ápico-lordótica
Opacidade(s) parenquimatosa(s) focal(is), lobares ou de todo pulmão que podem estar associadas à escavação, calcificação e disseminação broncogena	Opacidade(s) heterogênea(s) confluyente(s) uni ou bilaterais localizadas com mais frequência nos segmentos dorsais dos lobos superiores e apicais dos lobos inferiores
Alterações pleurais são mais raras na infância	Opacidade(s) lobar(es) associada(s) a faixas densas em direção ao hilo pulmonar traduzindo disseminação linfática regional caracterizando o sinal da “convergência hilar” configurando o quadro de “pneumonia tuberculosa”, mais comum no lobo superior direito
Formas miliares são mais frequentes em pacientes não vacinados com BCG	Nódulo(s) que podem escavar Micronódulos de distribuição difusa caracterizam a forma miliar
	Cavidade(s) na maioria das vezes sem nível líquido de tamanho variado, com paredes espessadas e lesões satélites em seu entorno sugerindo atividade de doença
	Imagens fibróticas ou de aspecto retrátil, envolvendo segmentos ou lobos, notadamente nos superiores associadas a atelectasias e desvio de brônquios e estruturas mediastinais

Legenda: BCG: Bacilo de Calmette-Guérin.

A RX além de fornecer informações relevantes em relação ao diagnóstico, extensão da tuberculose, resposta ao tratamento e diagnóstico diferencial pode ainda ser utilizada como ferramenta para classificar a gravidade da doença e prever o resultado do tratamento através de escores numéricos^{18,19}, embora seja documentado na literatura o conceito de dissociação clínico radiográfica da enfermidade, em que a clínica não refletir, necessariamente a gravidade, a profusão e o tipo de alteração observada na imagem⁵.

Tomografia Computadorizada

A TC sempre acrescenta informações relevantes. Sua maior sensibilidade tem sido amplamente documentada na literatura mundial e o método cada vez mais se impõe como excelente instrumento diagnóstico em casos selecionados. Assim, a TC está indicada nos pacientes sintomáticos respiratórios com testes negativos do escarro nos quais a radiografia do tórax é normal ou demonstra alteração duvidosa, nos casos em que é necessária avaliação mediastinal ou parenquimatosa mais detalhada, na doença difusa, nos pacientes que apresentam suspeita de alterações endobrônquicas e naqueles com extensas sequelas que podem necessitar de intervenções cirúrgicas^{7,8,13,20}.

A TC detecta até 4,8 vezes mais escavações, 19 vezes mais disseminação broncogênica e 3,2 vezes mais doença parenquimatosa extensa do que a RX. Essa maior acurácia é particularmente relevante nas formas subclínicas da doença, nas quais a baciloscopia pode ser negativa e os pacientes podem ser assintomáticos ou oligossintomáticos²¹.

As manifestações da tuberculose pleuropulmonar variam de acordo com o estado imunológico do paciente. Em indivíduos imunocompetentes, a forma primária — mais comum na infância — caracteriza-se pelo complexo de Ranke, que inclui um nódulo ou consolidação pulmonar associado a opacidades reticulares por linfangite e linfonomegalia hilar ipsilateral. A forma pós-primária clássica apresenta predileção pelos lobos superiores e presença de escavações parenquimatosas. Em contraste, pacientes imunossuprimidos tendem a apresentar maior acometimento dos lobos inferiores, linfonomegalias e derrame pleural²².

A TB pode se manifestar por múltiplas alterações, isoladas ou associadas, que comprometem o parênquima pulmonar, os brônquios, a pleura e o mediastino. É possível reconhecer um padrão tomográfico de TB ativa caracterizado pela associação de alterações como espessamento e ectasias das paredes brônquicas, nódulos do espaço aéreo com padrão de brotamento, nódulo(s) entre 1 e 3cm de diâmetro, opacidades do tipo consolidação de caráter confluyente com ou sem aerobroncograma e cavidades de paredes espessadas com pequenos nódulos satélites além de áreas de distorção arquitetural que denunciam a evolução inexorável das lesões para fibrose^{6,20,23,24}.



A consolidação é um dos achados iniciais mais comuns da TB, localizando-se preferencialmente, nos lobos superiores e nos segmentos superiores dos lobos inferiores. Frequentemente, associa-se à disseminação broncogênica do exsudato inflamatório, caracterizada na TC pela presença de nódulos centrolobulares e padrão em árvore em brotamento, decorrentes do preenchimento dos bronquíolos²².

Nódulo entre 1 e 3 cm pode ser único ou múltiplo, designado(s) de tuberculoma(s). São observados em aproximadamente 5% dos casos e frequentemente são acompanhados de pequenos nódulos satélites²².

A forma miliar resulta da disseminação hematogênica dos bacilos e caracteriza-se, na TC, pela presença de múltiplos micronódulos (1–3 mm), distribuídos de forma difusa e aleatória^{6,20,22}.

A TB constitui uma importante causa de linfonomegalia mediastinal e hilar, apresentando características tomográficas sugestivas, como linfonodos aumentados com necrose central e realce periférico, frequentemente com aspecto conglomerado. Este aspecto do linfonodo com necrose central pode ser encontrado em outras condições em que haja crescimento rápido do linfonodo, com isquemia central, como metástases de carcinomas escamosos ou linfomas de alto grau. Calcificações podem ser observadas em fases crônicas. O padrão de distribuição tende a ser assimétrico, diferindo da sarcoidose. A análise integrada dos achados linfonodais com alterações parenquimatosas pulmonares é fundamental para o diagnóstico diferencial²⁵.

A TC também desempenha papel fundamental na identificação de complicações tardias da tuberculose. A colonização de cavidades por *Aspergillus* pode levar à formação de aspergilomas, que se apresentam como nódulos intracavitários associados ao sinal do crescente aéreo. Esse sinal corresponde a uma coleção de ar em forma de menisco entre a parede da cavidade e o nódulo. A avaliação dinâmica, com mudança de decúbito, pode demonstrar mobilidade do conteúdo intracavitário, sugerindo aspergiloma. Lesões fixas levantam suspeita de neoplasia ou aneurisma de Rasmussen, sendo este último também caracterizado por intensa impregnação pelo meio de contraste²².

Os derrames pleurais na tuberculose são, em geral, unilaterais. A TC é superior à radiografia na sua caracterização, especialmente nos casos de empiema, que podem apresentar espessamento pleural com realce pelo contraste e septações. Complicações



crônicas, como fistulas broncopleurais e calcificações pleurais residuais, também são mais bem avaliadas por TC²².

Diversos achados de imagem de doenças torácicas têm sido relacionados — em radiografias de tórax ou tomografias computadorizadas — a sinais, símbolos ou imagens naturalistas. Exemplos destes sinais compreendem o sinal do broncograma aéreo, o sinal do crescente, o sinal em forma de arcada, o sinal do atol, entre muitos outros. No caso da tuberculose o arranjo particular de nódulos do espaço aéreo em forma de “trevo” tem sido descrito em casos de tuberculose ativa constituindo-se numa pista relevante no diagnóstico diferencial em alguns casos²⁶.

PET-TC

A tomografia por emissão de pósitrons associada à tomografia computadorizada (¹⁸F-FDG PET/CT) tem emergido como ferramenta complementar na avaliação da tuberculose pulmonar, ao integrar informações metabólicas e anatômicas. Enquanto a TC permanece essencial na caracterização morfológica das lesões, a PET permite avaliar a atividade inflamatória, refletindo o aumento do metabolismo glicolítico de células inflamatórias, como macrófagos e linfócitos²⁷.

Estudos recentes demonstram que o PET/CT apresenta alta sensibilidade para a detecção de tuberculose ativa, com valores médios em torno de 82,6%, sendo particularmente útil em cenários de difícil diagnóstico, como nos casos com baciloscopia negativa ou acometimento extrapulmonar. A especificidade é variável (55–85%), limitada pela captação inespecífica de FDG em processos inflamatórios e neoplásicos²⁸.

Um dos principais papéis do PET/CT é a avaliação da resposta ao tratamento. A redução da captação de FDG ao longo do tempo correlaciona-se com resposta terapêutica, frequentemente precedendo alterações estruturais observadas na TC. Ao final do tratamento, a ausência de atividade metabólica associa-se a maior probabilidade de cura, enquanto a persistência de captação pode indicar atividade residual e maior risco de recidiva²⁷. É importante ressaltar que alguns pacientes considerados curados sob o ponto de vista microbiológico podem apresentar atividade metabólica residual,

possivelmente relacionada à presença de bacilos viáveis em estado latente ou de crescimento lento²⁹.

Deep Learning aplicada a TC na Tuberculose

O *deep learning*, subcampo da inteligência artificial baseado em redes neurais profundas, tem demonstrado grande potencial na análise automatizada de imagens médicas, especialmente em exames de TC do tórax. Esses modelos são capazes de identificar padrões complexos e sutis, muitas vezes imperceptíveis à avaliação humana, contribuindo para o aprimoramento do diagnóstico de doenças pulmonares, incluindo a tuberculose^{30,31,32}.

No contexto da TB, algoritmos de *deep learning* vêm sendo aplicados em tarefas como detecção de lesões, classificação de padrões radiológicos (como cavitações, consolidações e nódulos centrolobulares), diferenciação entre doença ativa e inativa e predição de resposta ao tratamento. Estudos recentes indicam que esses modelos podem alcançar desempenho comparável ao de radiologistas experientes em cenários específicos, além de serem úteis como ferramentas de triagem em ambientes com alta demanda ou escassez de especialistas³³.

A integração com técnicas de radiômica representa um avanço adicional, permitindo a extração de características quantitativas das imagens que podem estar associadas à carga bacilar, atividade inflamatória e prognóstico clínico. Essa abordagem contribui para a medicina personalizada, auxiliando na estratificação de risco e no acompanhamento terapêutico³³.

Apesar desse potencial, persistem desafios relevantes para a aplicação clínica do *deep learning*. A escassez de bases de dados amplas, bem anotadas e representativas compromete a generalização dos modelos. Além disso, muitos algoritmos apresentam desempenho inferior quando aplicados a populações ou cenários distintos daqueles utilizados no treinamento (*domain shift*). A baixa interpretabilidade — característica de “caixa-preta” — também limita sua aceitação, embora técnicas de explicabilidade, como mapas de ativação (*heatmaps*), venham sendo desenvolvidas³³.

Questões éticas e regulatórias, incluindo privacidade de dados, viés algorítmico e responsabilidade médica, também precisam ser consideradas. Adicionalmente, a

heterogeneidade dos protocolos de aquisição de TC, diferenças entre equipamentos e variações na apresentação clínica da doença dificultam a padronização e validação desses sistemas. Assim, embora promissor, o uso do *deep learning* na tuberculose ainda depende de validações multicêntricas robustas, desenvolvimento de modelos mais generalizáveis e integração com o raciocínio clínico-radiológico tradicional^{30,31,32,33}.

Principais Diagnósticos diferenciais

A tuberculose é conhecida como a grande imitadora em razão da variedade de alterações também presentes em outras doenças. O diagnóstico diferencial depende sobretudo, da forma de apresentação da TB. Opacidade segmentar ou lobar sem linfonomegalias mediastinais deve levantar a possibilidade de pneumonia bacteriana enquanto opacidades focais múltiplas bilaterais devem ser diferenciadas com broncopneumonia de causa bacteriana, viral ou por agentes atípicos. Nódulos entre 1 e 3 cm de diâmetro podem ser encontrados em doenças metastáticas como por exemplo tumores renais. Nódulos escavados também podem ser observados em vasculites pulmonares, em carcinomas da cabeça e pescoço e em doenças emboligênicas de origem bacteriana. A cavidade de origem tuberculosa nunca está só e quase sempre se associa com outras alterações parenquimatosas como opacidades e pequenos nódulos satélites. Cavidade única de paredes internas anfractuosas deve sempre levantar a suspeita de tumor de pulmão. Cavidade com nível líquido em contexto de febre e halitose deve ser interpretada, inicialmente, como abscesso de pulmão. Outras doenças que podem cursar com cavidades e serem confundidas com a tuberculose compreendem micoses como a paracoccidiodomicose, esporotricose, criptococose e aspergilose invasiva. Pneumonias de evolução lenta como a nocardiose, actinomicose e a causada por *Rhodococcus equi* também podem exibir cavidades. Alterações das vias aéreas como espessamento das paredes e ectasias associadas quase sempre a sinusite e a pequenos nódulos do espaço aéreo com padrão de brotamento podem representar síndrome sinusotraqueobrônquica bem como pneumonia aspirativa em pacientes com doença do refluxo gastroesofágico. Bronquiectasias com distribuição bilateral, comprometendo notadamente lobo médio e lóbulo lingular deve levantar a possibilidade de MNTB. A presença de linfonomegalias mediastinais e hilares associadas a infiltrado intersticial

micronodular com distribuição perilinfática é mais condizente com a sarcoidose. Linfomas também se apresentam com linfodomegalias mediastinais exuberantes envolvendo várias cadeias, exibindo centro hipodenso e podem ser confundidos com a tuberculose. Em alguns casos doenças ocupacionais como a silicose também podem exibir alterações semelhantes a tuberculose bem como estar com ela associada. Alterações micronodulares difusas com distribuição aleatória compreendem o padrão clássico da forma miliar da tuberculose, mas podem ser encontradas em outras granulomatoses como a histoplasmose e em alguns casos de linfangite^{6,13,14,20,34}.

Conclusão

As técnicas de imagem são importantes ferramentas na busca do diagnóstico em doenças torácicas. Na tuberculose, a RX do tórax pela simplicidade de realização e baixo custo, deve ser o primeiro método utilizado, fornecendo informações acerca do diagnóstico, extensão da doença, gravidade, diagnóstico diferencial e evolução do tratamento. A TC sempre acrescenta informações úteis e deve ser realizada em situações especiais como complicações da doença e em casos que necessitem intervenção cirúrgica. A PET-Scan acrescenta informações metabólicas ao inventário morfológico e tem se mostrado promissora na avaliação de atividade da doença em casos selecionados.

Referências bibliográficas

1. Trajman A, Campbell JR, Kunor T, Ruslami R, Amanullah F, Behr MA, Menzies D. Title of the Lancet study on tuberculosis. *Lancet*. 2025 Mar 8;405(10482):123-132.
2. Sanches A, Gerhardt G, Natal S, Capone D, Espinola A, Costa W et al. Prevalence of pulmonary tuberculosis and comparative evaluation of screening strategies in a Brazilian prison. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2005 Jun;9(6):633-639.
3. Barreto AMW, Sant'Anna CC, Campos CED, Branco CAC, Capone D, Bethlem EP et al. O diagnóstico da tuberculose. In: *Controle da Tuberculose: Uma proposta de integração ensino-serviço*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca; 2008. p. 131-212.
4. Capone D, Jansen JM, Lopes AJ, Sant'Anna CC, Soares MO, Pinto RS et al. Curso de Tuberculose. Aula 4 – Diagnóstico por imagem da tuberculose pulmonar. *Pulmão RJ*. 2006;15(3):166-174.

5. Dunham K. Stereoroentgenography. Pulmonary tuberculosis. Troy, NY: The Southworth Company, Publishers; 1917.
6. Capone D, Capone RB, Souza RLP. Diagnóstico por Imagem da Tuberculose. Pulmão RJ. 2012;21(1):36-40.
7. Silva DR, Rabahi MF, Sant'Anna CC, Silva-Junior JLR, Capone D, Bombarda S et al. Consenso sobre o diagnóstico da tuberculose da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. J Bras Pneumol. 2021;47(2):e20210054.
8. Conde MB, Melo FAF, Marques AMC, Cardoso NC, Pinheiro VGF, Dalcin PTR. III Diretrizes Brasileiras para Tuberculose da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. J Bras Pneumol. 2009;35(10):1018-1048.
9. Capone D, Capone RB, Tessarollo B. Radiografia Simples do Tórax. In: Diagnóstico e tratamento em Pneumologia. Rio de Janeiro: Manole; 2021. p. 80-88.
10. Viamonte Jr M. Errors in Chest Radiography. 1st ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 1991.
11. Huang J, Wittbrodt MT, Newitt C, et al. Efficiency and Quality of Generative AI-Assisted Radiograph Reporting. JAMA Netw Open. 2025 Jun 2;8(6):e2513921. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.13921.
12. Woznitza N, Smith L, Rawlinson J, et al. AI-based chest X-ray prioritization in the lung cancer diagnostic pathway: the LungIMPACT randomized controlled trial. Nat Med. 2026;32(2):450-458. doi: 10.1038/s41591-026-04253-5.
13. Capone D, Lopes AJ, Capone RB. Tuberculose. In: Silva CIS, Müller NL, editores. Série Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem - Tórax. 2a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017. p. 279-300.
14. Capone D, Bombarda S. Radiología en la tuberculosis. In: Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia, editor. Tuberculosis. Rio de Janeiro: Gen; 2012. p. 231-242.
15. Conde MB, Souza GRM, Mello FCQ. Tuberculose. In: Conde MB, Souza GRM, Mello FCQ, editores. Pneumologia e Tisiologia: Uma abordagem prática. Rio de Janeiro: Atheneu; 2009. p. 161-188.
16. Sant'Anna CC, Hijjar MA. Recente contribuição da Organização Mundial de Saúde para o controle da tuberculose na infância. Rev Saude Publica. 2007;41(Supl 1):117-120.
17. Kritski A, Melo FAF. Tuberculosis in Adults. In: Palomino JC, Leão SC, Ritacco V, editores. Tuberculosis 2007. Disponível em: <http://www.tuberculosistextbook.com/>.

18. Thiel BA, Bark CM, Nakibali JG, van der Kuyp F, Johnson JL. Reader variability and validation of the Timika X-ray score. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2016 Oct;20(10):1358–1363. doi: 10.5588/ijtld.16.0186.
19. Ralph AP, Ardian M, Wiguna A, et al. A simple, valid, numerical score for grading chest x-ray severity in adult smear-positive pulmonary tuberculosis. *Thorax.* 2010;65:863–869. doi: 10.1136/thx.2010.136242.
20. Capone RB, Capone D, Mafort T, Mogami R, Rodrigues RS, Menna Barreto M, Rufino R. Tomographic Aspects of Advanced Active Pulmonary Tuberculosis and Evaluation of Sequelae following Treatment. *Pulm Med.* 2017;2017:9876768. doi: 10.1155/2017/9876768.
21. Lau A, Lin C, Barrie J, Winter C, et al. A comparison of the chest radiographic and computed tomographic features of subclinical pulmonary tuberculosis. *Sci Rep.* 2022 Oct 4;12(1):16567. doi: 10.1038/s41598-022-21016-7.
22. Pattamapasong N, Kanthawang T, Peh WCG, Hammami N, Bouaziz MC, Ladeb MF. Imaging of thoracic tuberculosis: pulmonary and extrapulmonary. *BJR Open.* 2024 Sep 23;6(1):tzae031. doi: 10.1093/bjro/tzae031.
23. Hatipoglu ON, Osma E, Manisali M, Uçan ES, Balci P, Akkoçlu A et al. High resolution computed tomographic findings in pulmonary tuberculosis. *Thorax.* 1996;51(4):397-402.
24. Lee KS, Hwang JW, Chung MP, et al. Utility of CT in the evaluation of pulmonary tuberculosis in patients without AIDS. *Chest.* 1996;110:977-984.
25. Roy SG, Digumarthy SR. Imaging Evaluation of Mediastinal and Hilar Lymphadenopathy: Approach, Classification, and Differential Diagnosis. *Semin Roentgenol.* 2025 Apr;60(2):105-122. doi: 10.1053/j.ro.2025.02.007.
26. Chiarenza A, Esposto Ultimo L, Falsaperla D et al. Chest imaging using signs, symbols, and naturalistic images: a practical guide for radiologists and non-radiologists. *Insights Imaging.* 2019 Dec 4;10(1):114. doi: 10.1186/s13244-019-0789-4.
27. Santos AP, Souza Rodrigues R, Aarntzen EHJG, Rosado de Castro PH, Magis-Escurra C, de Queiroz Mello FC. 18F-fluorodeoxyglucose PET/CT scans for thoracic tuberculosis: current evidence and future perspectives. *Eur Respir Rev.* 2025 Jun 25;34(176):240289. doi: 10.1183/16000617.0289-2024.
28. Yayan J, Rasche K, Franke KJ, Windisch W, Berger M. FDG-PET-CT as an early detection method for tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health.* 2024 Jul 29;24(1):2022. doi: 10.1186/s12889-024-19495-6.
29. Ismaila A, Lawal IO, Popoola GO, et al. [18F]FDG PET and CT findings at therapy completion of pulmonary tuberculosis: comparison between HIV-positive and HIV-negative patients and impact on treatment response assessment. *Clin Transl Imaging.* 2024;12:587–599. doi: 10.1007/s40336-024-00641-4.

30. Mogami R, Chantong CGC, Grisolia AMM et al. Identification of postacute COVID-19 patterns in tomography using artificial intelligence. *Health Inform.* 2024;16(Especial). ISSN: 2175-4411.
31. Cardoso F, Vilela VS, Araújo Filho RC et al. Classification of scleroderma patterns using deep learning. *Health Inform.* 2024;16(Especial). ISSN: 2175-4411.
32. Noce J, Chantong G, Jauregui G et al. Applied Enhanced Q-NAS for COVID-19 Detection in CT Images. In: *Proceedings of the International Conference*. Springer; 2023. doi: 10.1007/978-3-031-24801-6_30.
33. Zhang F, Han H, Li M, Tian T, Zhang G, Yang Z, Guo F, Li M, Wang Y, Wang J, Liu Y. Revolutionizing diagnosis of pulmonary Mycobacterium tuberculosis based on CT: a systematic review of imaging analysis through deep learning. *Front Microbiol.* 2025;15:1510026. doi: 10.3389/fmicb.2024.1510026.
34. Lee KS, Jeong YJ. Pulmonary Tuberculosis. In: *Müller's Imaging of the Chest*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. p. 219-240.