

## Tuberculose: Biossegurança e Risco Ocupacional

*Autoria: Sociedade Brasileira de Pneumologia e  
Tisiologia  
Sociedade Brasileira de Medicina de Família e  
Comunidade*

---

**Elaboração Final:** 31 de janeiro de 2011

**Participantes:** Conde MB, Mello F, Lima MA, Guerra RL, Miranda SS, Galvão TS, Pinheiro VG, Carvalho NB

---

---

*As Diretrizes Clínicas na Saúde Suplementar, iniciativa conjunta Associação Médica Brasileira e Agência Nacional de Saúde Suplementar, tem por objetivo conciliar informações da área médica a fim de padronizar condutas que auxiliem o raciocínio e a tomada de decisão do médico. As informações contidas neste projeto devem ser submetidas à avaliação e à crítica do médico, responsável pela conduta a ser seguida, frente à realidade e ao estado clínico de cada paciente.*

## **DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE COLETA DE EVIDÊNCIA:**

Os dados para realização desta diretriz foram coletados durante ampla revisão da literatura baseado no PUBMED/MEDLINE. Os principais descritores utilizados foram: *tuberculin test and chemoprevention and tuberculosis; health personal and tuberculin test and tuberculosis; tuberculosis and patient isolation; masks or respiratory protective devices or N95 filters and tuberculosis; high efficiency particulate air or HEPA and tuberculosis; ultraviolet rays or UV germicidal light and tuberculosis.*

## **GRAU DE RECOMENDAÇÃO E FORÇA DE EVIDÊNCIA:**

- A:** Estudos experimentais ou observacionais de melhor consistência.
- B:** Estudos experimentais ou observacionais de menor consistência.
- C:** Relatos de casos (estudos não controlados).
- D:** Opinião desprovida de avaliação crítica, baseada em consensos, estudos fisiológicos ou modelos animais.

## **OBJETIVO:**

Avaliação do risco ocupacional de transmissão da tuberculose e recomendações sobre medidas preventivas para evitar a sua transmissão.

## **CONFLITO DE INTERESSE:**

Os conflitos de interesse declarados pelos participantes da elaboração desta diretriz estão detalhados na página 13.

## INTRODUÇÃO

Considerando-se a elevada taxa de transmissão de tuberculose em ambientes fechados, e relatos de elevadas taxas de transmissão no Brasil em escolas médicas, hospitais, serviços de emergência e no sistema prisional, é importante a adoção de medidas de controle para prevenção da sua transmissão.

As medidas adotadas para controle da transmissão da tuberculose ocupacional devem levar em consideração o tipo da instituição, sendo divididas em 3 grupos:

- Medidas administrativas: compreendem investigação, diagnóstico e tratamento precoce dos casos; planejamento para o controle da infecção; treinamento e educação dos profissionais de saúde; triagem e avaliação destes profissionais quanto ao risco de tuberculose infecção e doença;
- Medidas de controle ambiental: ventilação/exaustão do ambiente; medidas de controle do fluxo aéreo, medidas para reduzir a contaminação do ar e auxiliar na limpeza do ar, utilizando-se filtro HEPA (“*high-efficiency particulate air*”) e UVGI (irradiação germicida ultravioleta);
- Medidas de proteção respiratória: utilização de máscaras respiratórias específicas que podem reduzir o risco de exposição à infecção dos profissionais de saúde, além do uso de máscaras cirúrgicas pelos pacientes.

## **1. O RISCO OCUPACIONAL DE INFECÇÃO PELO *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* E ADOECIMENTO POR TUBERCULOSE É MAIOR ENTRE OS PROFISSIONAIS DA ÁREA DE SAÚDE DO QUE NA POPULAÇÃO EM GERAL NO BRASIL?**

Uma meta-análise sobre a incidência de tuberculose e sobre os riscos de infecção pelo *Mycobacterium tuberculosis* entre os profissionais da área de saúde de países em desenvolvimento ou com poucos recursos (incluindo o Brasil) mostrou um significativo risco de infecção e de adoecimento por tuberculose nesses locais<sup>1</sup>(B).

## 2. ESSE RISCO OCUPACIONAL É MAIOR SOMENTE NOS HOSPITAIS GERAIS?

O conceito de risco hospitalar da tuberculose começou a ser discutido a partir dos surtos de tuberculose resistente, com elevada taxa de mortalidade, que acometeram profissionais da área de saúde, sobretudo em hospitais na América do Norte<sup>2,3</sup>(B)<sup>4,5</sup>(D). Mais recentemente, o conceito de risco ocupacional de transmissão da tuberculose infecção foi expandido para ambiente de risco<sup>6</sup>(D). Assim, o risco de transmissão de tuberculose não se relaciona com o tipo de Unidade de Saúde (Hospital, Unidade Primária, etc), mas sim com o fato do profissional da área de saúde compartilhar o mesmo espaço físico com o portador de tuberculose em uma forma infecciosa ou de ter contato com espécimes clínicas infectantes<sup>6</sup>(D).

## 3. O RISCO OCUPACIONAL DE INFECÇÃO PELO *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* E DE ADOECIMENTO POR TUBERCULOSE É IGUAL PARA TODOS OS PROFISSIONAIS QUE ATUAM NA MESMA UNIDADE DE SAÚDE?

Existe evidência sugerindo que o risco ocupacional de transmissão da tuberculose é diretamente relacionado com a atividade exercida dentro da Unidade de Saúde<sup>7-9</sup>(B). No entanto, trabalho realizado em uma região com elevada prevalência de tuberculose demonstrou risco de infecção maior entre os profissionais da área de saúde em relação à população em geral, mas não revelou diferença entre as diferentes atividades dentro da Unidade de Saúde<sup>10</sup>(B).

## 4. COMO CLASSIFICAR O RISCO DE INFECÇÃO PELO *MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS* ENTRE OS PROFISSIONAIS DA ÁREA DE SAÚDE?

Segundo o *Center for Diseases Control and Prevention (CDC)*, o risco de infecção pelo *M.tuberculosis* do profissional da área de saúde pode ser também aferido a partir da classificação do ambiente de trabalho em ambiente de baixo, médio e elevado risco de infecção pelo *M.tuberculosis*<sup>6</sup>(D). Assim, o risco é proporcional à probabilidade de indivíduos portadores de tuberculose (TB) serem atendidos ou circularem pela Unidade de Saúde. Desta forma, locais em que não se espera a presença de indivíduos portadores de TB ou que não se manipule amostras que possam ser infectadas pelo *M.tuberculosis* são considerados ambientes de baixo risco de infecção. Locais em que existe a possibilidade de que pacientes portadores de TB sejam atendidos ou que amostras clínicas que possam conter o *M.tuberculosis* sejam examinadas são considerados ambientes de risco médio de infecção. Local em que já tenha ocorrido a transmissão do *M.tuberculosis* de uma pessoa para outra no ano anterior é considerado ambiente de alto risco. As evidências que sugerem transmissão de *M.tuberculosis* de pessoa para pessoa são elevadas taxas de conversão do teste tuberculínico, casos de profissionais da área de saúde com TB, diagnóstico tardio de caso de TB em Unidade de Saúde e identificação de cepas idênticas de *M.tuberculosis* em dois casos de TB através de métodos moleculares (*DNA fingerprinting*).

Recomendação sobre risco ocupacional de tuberculose entre profissionais que trabalham em Unidades de Saúde:

As Unidades de Saúde (ambulatoriais ou hospitalares) com risco moderado ou elevado de infecção pelo *M.tuberculosis* devem implementar medidas de biossegurança específicas e diferenciadas para cada ambiente de risco (exemplo: sala de espera de atendimento médico, sala de indução de escarro, sala de atendimento de sintomáticos respiratórios, etc) de transmissão de tuberculose infecção<sup>6</sup>(D).

## 5. TODO PROFISSIONAL DA ÁREA DE SAÚDE DEVE SER AVALIADO PARA TB?

No momento da admissão, sobretudo em locais com elevada prevalência de TB na população geral, os profissionais da área de saúde assintomáticos devem ser avaliados para TB infecção por meio do teste tuberculínico. Aqueles com teste tuberculínico positivo ou que tenham sintomas respiratórios devem ser avaliados para afastar a possibilidade de TB doença e aqueles com teste tuberculínico cutâneo negativo devem ser avaliados para o risco ocupacional de se infectar pelo *M.tuberculosis*. Em Unidades de Saúde com risco médio ou elevado de infecção pelo *M.tuberculosis*, os profissionais da área da saúde devem ser avaliados quanto ao risco ocupacional<sup>6</sup>(D).

## 6. COMO AVALIAR O RISCO OCUPACIONAL DE INFECÇÃO PELO *M.TUBERCULOSIS* EM PROFISSIONAIS DA ÁREA DE SAÚDE?

A forma de avaliação do risco é pela realização de inquérito tuberculínico anual entre os profissionais de saúde, cujo teste tuberculínico foi negativo no momento da admissão<sup>6</sup>(D).

Conduta de avaliação de tuberculose infecção e tuberculose doença em profissionais da área de saúde:

- Profissional da área de saúde que trabalha em Unidade de Saúde com risco moderado ou elevado de infecção pelo *M.tuberculosis* deve realizar teste tuberculínico na admissão<sup>5</sup>(D);
- Profissional da área de saúde sintomático respiratório ou com teste tuberculínico com endureção cutânea maior ou igual a 10 mm deve ser investigado para tuberculose doença<sup>5</sup>(D);
- Profissional da área de saúde cujo teste tuberculínico foi negativo deve realizar inquérito tuberculínico anualmente<sup>5</sup>(D).

## 7. COMO REALIZAR INQUÉRITO TUBERCULÍNICO ANUAL?

O profissional de saúde que trabalha em ambiente de médio ou elevado risco de infecção pelo *M.tuberculosis*, cujo teste tuberculínico na admissão foi negativo, deve ser submetido a novo teste tuberculínico cerca de um ano depois, para verificar se foi infectado pelo *M.tuberculosis* no período<sup>11</sup>(C). Entretanto, uma vez que a resposta aos antígenos de um indivíduo infectado pelo *M.tuberculosis* pode diminuir com o passar dos anos, é possível que a re-exposição aos antígenos que ocorre por ocasião do teste tuberculínico da admissão funcione como um estímulo ao sistema imune celular do sujeito previamente infectado (anos atrás), resultando em uma reação positiva no teste tuberculínico subsequente um ano depois. Assim, caso o teste tuberculínico um ano depois seja positivo, fica

a pergunta: o segundo teste foi positivo apenas por um fenômeno de estímulo da memória imunológica de uma infecção antiga (fenômeno *booster*) ou foi positivo como consequência de uma infecção ocorrida recentemente (nos últimos 12 meses)<sup>12</sup>(D). Em função disto, alguns locais realizam o teste tuberculínico de admissão em dois tempos (*two steps*) com o segundo teste tuberculínico sendo realizado no máximo até duas semanas depois do primeiro. Caso o segundo teste tuberculínico tenha uma endureção  $\geq 10$  mm em função de um aumento  $\geq 6$  mm em relação ao teste tuberculínico realizado duas semanas antes, é considerado que tenha ocorrido um fenômeno de *booster*, ou seja, que o primeiro teste tuberculínico tenha reavivado a memória imune de uma infecção antiga pelo *M.tuberculosis*<sup>12</sup>(D). Assim, os indivíduos com *booster* positivo são interpretados como com teste tuberculínico positivo e são excluídos do inquérito anual. Caso o segundo teste tuberculínico se mantenha menor que 10 mm, o indivíduo é considerado como tendo teste tuberculínico negativo e está indicada sua inclusão no inquérito tuberculínico anual<sup>12</sup>(D).

## **8. NO BRASIL, DEVEMOS REALIZAR O TESTE TUBERCULÍNICO INICIAL EM DOIS TEMPOS PARA PESQUISA DE FENÔMENO BOOSTER ENTRE OS PROFISSIONAIS DE SAÚDE NO MOMENTO DA ADMISSÃO?**

Um estudo multicêntrico realizado no Brasil demonstrou incidência de fenômeno *booster* de 27% em profissionais da área de saúde que trabalhavam em quatro grandes hospitais gerais<sup>9</sup>(B). No entanto, não existe estudo realizado no nosso meio demonstrando a relação custo-efetividade da realização do teste

tuberculínico em duas etapas no momento da admissão do profissional de saúde e nem o seu impacto na incidência de tuberculose. As III Diretrizes de Tuberculose da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia não recomendam a sua realização<sup>13</sup>(D).

## **9. COMO É DEFINIDA A CONVERSÃO DO TESTE TUBERCULÍNICO?**

Para fins de inquérito tuberculínico anual, a conversão é definida como aumento da endureção do teste tuberculínico  $\geq 10$  mm em relação ao teste realizado 12 meses antes<sup>6,9</sup>(D).

## **10. QUAL É A INTERPRETAÇÃO E A CONDUTA DA CONVERSÃO OU VIRAGEM TUBERCULÍNICA EM PROFISSIONAIS DA ÁREA DE SAÚDE?**

A conversão tuberculínica caracteriza a infecção recente pelo *M.tuberculosis* (conhecida também como tuberculose infecção latente) e indica o tratamento com isoniazida durante pelo menos 6 meses<sup>13,14</sup>(D).

## **11. QUAL É A EFICÁCIA DO TRATAMENTO DA INFECÇÃO LATENTE PELO *M.TUBERCULOSIS* (CONHECIDO NO PASSADO COMO QUIMIOPROFILAXIA) NA PREVENÇÃO DA TUBERCULOSE DOENÇA ENTRE PROFISSIONAIS DE SAÚDE COM CONVERSÃO RECENTE AO TESTE TUBERCULÍNICO?**

O tratamento com isoniazida por seis meses evita o adoecimento em praticamente 70% dos indivíduos e o tratamento por 9 meses evita-o em mais de 90% dos casos<sup>15</sup>(A).

Recomendação com relação à interpretação e conduta em relação ao teste tuberculínico:

Os profissionais que apresentarem conversão tuberculínica (aumento da endureção em 10 mm em relação à prova tuberculínica do ano anterior) devem realizar tratamento da tuberculose infecção latente (ver capítulo de tuberculose infecção latente).

## 12. A VACINAÇÃO BCG PARA PROFISSIONAIS DE SAÚDE NÃO REATORES AO TESTE TUBERCULÍNICO ESTÁ INDICADA? QUAL É A SUA EFICÁCIA QUANTO À PROTEÇÃO?

A vacinação com a BCG protege contra as formas graves de TB que ocorrem em seguida a primo-infecção pelo *M.tuberculosis*, como as disseminações hematogênicas e a meningoencefalite, mas não evita a infecção pelo *M.tuberculosis*<sup>16,17</sup>(B). Por isso, a vacinação com a BCG é obrigatória para menores de um ano de idade<sup>18</sup>(C). Em função da perda do efeito protetor da vacinação com BCG ao longo do tempo, o Ministério da Saúde do Brasil recomendou a revacinação BCG na população de 6 a 14 anos a partir de 1994. Com base no mesmo princípio, a revacinação com BCG de profissionais da área de saúde não reatores ao teste tuberculínico passou a ser discutida com o objetivo de reduzir o risco de adoecimento no caso de infecção pelo *M.tuberculosis*. No entanto, estudos sobre revacinação BCG (inclusive no Brasil) demonstraram que a segunda dose de BCG não conferiu proteção contra a TB nas crianças em idade escolar e adolescentes revacinados<sup>19-22</sup>(B). Assim, em 2006, o Ministério da Saúde recomendou a suspensão da revacinação BCG nesta população e ela deixou de ser considerada também para profissionais da área de saúde que tivessem teste tuberculínico negativo na admissão.

## 13. A UTILIZAÇÃO DE IRRADIAÇÃO ULTRAVIOLETA ESTÁ INDICADA NO CONTROLE DA TRANSMISSÃO INTRA-HOSPITALAR DA TUBERCULOSE?

A irradiação ultravioleta (UV) é uma tecnologia interessante no controle da transmissão intra-hospitalar da tuberculose devido à sua eficácia, baixo custo e suscetibilidade do bacilo da tuberculose à radiação UV, podendo esta ser instalada no quarto de isolamento e outros ambientes, irradiando o ar, em geral, na sua porção superior. Este sistema não substitui o sistema de ventilação, sendo considerado uma intervenção complementar.

A dose utilizada de radiação UV para inativação de microrganismos aerossolizados como *M.tuberculosis* é de 253,7 nmUV.

Uma vez que a dose é função da irradiação e tempo, a efetividade de sua aplicação é determinada por haver irradiação suficiente, por tempo suficiente, para resultar na inativação do microrganismo.

Há necessidade da avaliação de especialistas para sua instalação, uma vez que a umidade relativa do ar, a intensidade da radiação, a posição da lâmpada, entre outros fatores, afetam a eficácia do sistema UVGI (irradiação germicida ultravioleta). Assim, para um funcionamento adequado e para minimizar potenciais riscos para os profissionais e ocupantes do quarto, o sistema de UVGI deve ser apropriadamente instalado e mantido, havendo necessidade de monitoração dos níveis de irradiação, certificando-se de níveis de exposição seguros e eficaz.

A suscetibilidade do *M. tuberculosis* à radiação tem sido demonstrada principalmente no ar, uma vez que UVGI (254 nmUV) tem uma habilidade limitada em penetrar matéria, onde doses muito elevadas seriam necessárias; sendo assim, há maior facilidade em inativar o bacilo nas gotículas aéreas. Em estudo experimental, Riley et al.<sup>23</sup>(C) aerosolizaram bacilos da tuberculose e bacilo Calmette-Guérin em um compartimento, controlando duração e intensidade da exposição à UV (254 nmUV), e avaliou o número de colônias recuperadas em relação ao controle (sem UV). O número de colônias sem UV (controle) foi comparado à contagem de colônias após exposição UV em duas diferentes dosagens. Estes experimentos estabeleceram o tempo de exposição e intensidade necessários para inativação de ambos os bacilos. Guias para exposição segura são baseados na combinação de dados em animais e exposição humana; sendo a exposição limitada a 254 nmUV durante período de 8 horas/dia. Destaca-se que a UVGI não deve ser utilizada para desinfecção de superfície<sup>24</sup>(C)<sup>25</sup>(D).

Outro estudo comparou a eficácia em prevenir tuberculose infecção e tuberculose doença em modelo animal entre grupo controle, luz UV e ionização do ar<sup>26</sup>(D). Verificou-se que 35% das cobaias do grupo controle desenvolveram tuberculose infecção, comparados a 14% no grupo de ionização, e 9,5% no grupo de luz UV (ambos  $p < 0,0001$  em relação ao grupo controle). Em relação à tuberculose doença, esta taxa foi de 8,6% no grupo controle; 4,3% no grupo ionização; e 3,6% no grupo de luz UV (ambos  $p < 0,03$  comparado ao controle). Assim, há tendência da luz UV ser mais protetora, comparada à ionização.

Devemos considerar também que o uso de UV na forma de lâmpadas descobertas deve ser evitado, devido aos riscos e menor eficácia, podendo causar irritação cutânea e ocular<sup>24</sup>(C)<sup>27</sup>(D).

Em estudo placebo controlado comparando períodos de exposição com não-exposição, constatou-se que não houve diferença estatística em relação a sintomas oculares e cutâneos, quando da adequada instalação da UVGI<sup>28</sup>(B). Quando UVGI não é instalada adequadamente ou quando acontece exposição acidental aos ocupantes do quarto, pode ocorrer eritema cutâneo- fotodermatite, e mais comumente fotoceratoconjuntivite, uma inflamação da córnea, que ocorre horas após exposição excessiva e se resolve dentro de 24-48 horas na ausência de exposição<sup>28</sup>(B)<sup>24</sup>(C)<sup>25</sup>(D). Há relatos em literatura de ceratoconjuntivite por exposição direta inadvertida em profissionais na sala operatória, onde a UVGI era utilizada para redução da taxa de infecção ortopédica<sup>29</sup>(C).

Sendo assim, o “American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Committee on Physical Agents” estabeleceu um valor limiar para exposição à UV, para evitar injúrias cutâneas e oculares, de 254nmUV por período de 8 horas ( $6\text{mJ}/\text{cm}^2$ )<sup>25</sup>(D)<sup>28</sup>(B).

Recomendação para o uso de UV:

- O sistema UVGI deve ser instalado por especialista na área e efeitos adversos não foram relatados dentro dos níveis e parâmetros permitidos, devendo haver adequada e rigorosa manutenção, além de programa planejado de troca da lâmpada;
- A luz UV é opção efetiva e relativamente de baixo custo, recomendada como medida adjuvante no controle da tuberculose,



juntamente com medidas de controle administrativas, pronto diagnóstico, tratamento dos pacientes, isolamento e proteção respiratória, e medidas ambientais para redução da concentração de partículas aéreas infectantes.

## 14. COMO SE DEFINE O AMBIENTE DE ISOLAMENTO RESPIRATÓRIO PARA CONTROLE DA TRANSMISSÃO NOSOCOMIAL DA TUBERCULOSE DO PONTO DE VISTA DE ENGENHARIA HOSPITALAR E QUANDO INDICAR O ISOLAMENTO?

O isolamento em quarto individual é recomendado para todo paciente confirmado ou suspeito de ter baciloscopia direta (pesquisa de bacilo álcool-ácido resistente, BAAR) positiva no escarro. O paciente pode ser liberado do isolamento após 3 baciloscopias diretas consecutivas negativas, realizadas 2 semanas após o início do tratamento.

O isolamento em quarto individual faz parte das medidas de controle ambiental, que podem incluir desde ventilação natural com janelas abertas; ventilação mecânica (ventiladores, exaustores); medidas de filtração do ar para remoção de partículas infectantes (filtros HEPA); medidas de inativação do *M. tuberculosis* por ação germicida (irradiação UV)<sup>30</sup>(D).

Em uma sala de isolamento respiratório utiliza-se<sup>31-34</sup>(D):

- Uso de ventilação geral diluidora ou exaustora, com trocas de ar variando entre 6 a 12 trocas por hora; o que gera uma pressão negativa no interior do

ambiente de risco. Adequada ventilação é essencial para prevenção de transmissão da tuberculose e recomendada para controle de sua disseminação. Uma maior taxa de ventilação é capaz de promover maior diluição de patógenos aéreos, com consequente redução do risco de transmissão;

- Ambiente com pressão negativa: toda vez que, em um sistema fechado, retiramos uma quantidade de ar maior do que a inserida, dizemos que este sistema ficou submetido a uma pressão negativa. É conhecido também que o ar movimentar-se naturalmente de áreas de maior pressão, para áreas de menor pressão. Assim, a pressão de ar dentro da sala torna-se mais baixa do que nas áreas adjacentes e o ar tenderá a entrar na mesma pelas frestas, evitando que o ar contaminado retorne para os corredores ou áreas adjacentes. O ar proveniente destas áreas de isolamento deve ser direcionado para o exterior da unidade. Caso não seja viável este direcionamento, o ar pode ser re-circulado, desde que devidamente filtrado por filtros de alta eficácia, também conhecidos pela sigla HEPA. São considerados filtros HEPA aqueles capazes de remover 99,97% de partículas com 0.3 micrômetros ou mais de diâmetro em suspensão. Os filtros podem ser colocados em ductos de exaustão, no teto das salas, ou unidades móveis de filtração;
- Uso de antecâmaras para prevenir escape de ar das salas, no momento de entrada

e saída do profissional, sendo que esta deve ser mantida com pressão maior. As antessalas minimizam o vazamento de ar do isolamento quando da turbulência de ar quando as portas são abertas e fechadas.

Deve ser ressaltado que o nível de pressão do ambiente de isolamento deve ser monitorado<sup>35</sup>(D). Recomenda-se a monitoração de pressurização do ar dos quartos de forma automatizada, com alarmes, embora haja relatos em estudo de falha de 10% em sua acurácia em detectar alterações no sistema<sup>36</sup>(C). Pode-se considerar conjuntamente a verificação periódica do sistema de isolamento com a realização do “teste da fumaça” (*smoke tube*). Neste teste, é avaliada a direção do fluxo de fumaça liberada próximo à porta do quarto de isolamento, observando-se o movimento da fumaça.

## **15. QUANDO INDICAR O USO DE MÁSCARAS DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA PARA PREVENÇÃO DE TRANSMISSÃO DA TUBERCULOSE E QUAL TIPO DE MÁSCARA ESTÁ INDICADO NESTA SITUAÇÃO?**

A proteção respiratória com máscaras específicas deve ser utilizada nas seguintes populações de risco<sup>34</sup>(D): profissionais de saúde e visitantes que entram em quarto de isolamento de paciente suspeito ou confirmado de tuberculose; profissionais presentes durante procedimentos de indução de tosse ou procedimentos que geram aerossóis, realizados em pacientes com suspeita ou confirmação de tuberculose; profissionais que atendem pacientes suspeitos ou confirmados, em situações de emergência e também cuidados dentários;

profissionais que realizam procedimentos laboratoriais com material suspeito ou confirmado para *M.tuberculosis*.

Dentre os procedimentos de risco que geram aerossóis ou podem induzir tosse, destacamos os seguintes: entubação orotraqueal; aspiração de vias aéreas; indução de escarro; tratamento com aerossóis, como por exemplo, aplicação de pentamidina; broncoscopia; laringoscopia; autopsias; aspiração gástrica ou passagem de sonda induzindo tosse; procedimentos laboratoriais envolvendo *M.tuberculosis*.

Estudos baseados em modelo matemático Wells-Riley para transmissão aérea de doenças infecciosas têm sido utilizados para descrever a transmissão da tuberculose quantitativamente, estimando a probabilidade de infecção, considerando-se as variáveis: número de novas infecções; número de suscetíveis expostos; número de indivíduos infectantes; “quanta” por hora, sendo 1 quantum a quantidade mínima de aerossol infectante requerido para produzir uma infecção, geralmente assumido ser um bacilo viável; tempo (horas) de exposição; ventilação pulmonar; e ventilação do ambiente convertido em trocas de ar/hora<sup>37</sup>(D). O risco de infecção diminui exponencialmente com o aumento da ventilação, ou com aumento da proteção respiratória pessoal, quando estas medidas são usadas independentemente; porém a concentração de aerossóis infectantes é o principal determinante do risco de infecção.

Assim, é importante avaliar o nível de risco para infecção considerando também o ambiente de trabalho e forma clínica da doença<sup>38</sup>(D), conforme observa-se na Tabela 1.

Tabela 1

## Risco de infecção de acordo com ambiente de trabalho e forma clínica de doença.

Local	Taxa estimada de disseminação em unidades infectantes/hora (UI/h)	Comentários
Sala autopsia	>1000 UI/h	alto risco associado a aerossóis durante cortes, uso de serra
Broncoscopia e intubação orotraqueal	250 UI/h	possível alto risco-indução de tosse e diluição de muco com salina
TB laríngea	60 UI/h	tosse e facilidade de transmissão
TB cavitária não-tratada	13 UI/h	maior carga bacilar em cavidades comparada a infiltrado/nódulos
TB em pacientes sob terapia	1,25 UI/h	risco reduzido com tratamento e ventilação apropriada

Procedimentos broncoscópicos e autopsias de pacientes com tuberculose têm sido associados com alto risco de transmissão<sup>39,40</sup>(C)<sup>41</sup>(D). Templeton et al.<sup>39</sup>(C) relataram uma taxa extremamente alta de transmissão durante autopsia, conforme avaliado pela conversão do teste tuberculínico nos cinco trabalhadores da saúde presentes na autopsia, demonstrando que os suscetíveis foram infectados. Já Catanzaro<sup>40</sup>(C) estimou quantificação de partículas aéreas infectantes produzidas por hora num surto de transmissão nosocomial de tuberculose associado à intubação endotraqueal e broncoscopia em 250 quanta/hora. Nestas situações, é de grande importância o uso de máscaras respiratórias para proteção. Há autores que recomendam o uso de PAPR nestas situações, porém não há estudos aleatorizados, controlados, comparado ao uso da N95 que comprovem maior eficácia; e se PAPR não é disponível, a máscara recomendada é a N95. Assim, recomenda-se o uso de pelo menos máscara respiratória N95,

embora proteção maior que esta possa ser considerada nestas situações<sup>34,41</sup>(D).

O programa de proteção respiratória requer medidas de educação e treinamento do profissional de saúde para o uso de máscaras de proteção respiratória. Um respirador de partículas é um instrumento de proteção individual usado na região facial, cobrindo região de nariz e boca, com o intuito de filtrar partículas aéreas infectantes, reduzindo o risco de inalação destas partículas.

Esses respiradores, como são chamados, são certificados pelo NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), sendo que existem diversos tipos de respiradores para prevenção da tuberculose, desde respiradores de purificação do ar descartáveis ou com filtro substituível, até os chamados PAPR-respiradores de purificação de ar que contêm filtro HEPA<sup>41</sup>(D).

Estudos realizados avaliaram a eficácia de diversos tipos de respiradores e o risco de infecção pelo bacilo da tuberculose, em ambientes de baixa exposição e de alta exposição<sup>42(B)</sup><sup>43(C)</sup>. O risco foi estimado para nenhuma proteção, máscara cirúrgica, respirador de partículas descartável tipo *dust/mist* (DM), respiradores elásticos com filtros HEPA, e respiradores elásticos purificadores de ar *powered* com filtro HEPA (PAPR).

Risco estimado de penetração de gotículas para cenário de baixa exposição: 4,2% para máscara cirúrgica; 5,7% para respiradores tipo DM; 2% para respiradores elásticos com filtro HEPA; 0,39% para PAPR. Após, foi calculado o risco estimado para TB infecção em profissionais de saúde em 10 anos, para ambos os ambientes de risco.

Para baixa exposição, o risco de TB infecção em 10 anos foi de 15% para grupo sem proteção de máscara respiratória; 6,7% para máscara cirúrgica; 0,94% para respirador DM; 0,33% para respirador elástico com filtro HEPA; e 0,064% para PAPR.

Para alta exposição, o risco cumulativo em 10 anos de TB infecção foi de 48%, 24%, 3,7%, 1,3%, e 0,26%, respectivamente.

Sugere-se que respiradores com filtros HEPA produzem maior nível de proteção contra aerossóis quando comparados ao respirador DM e verifica-se que máscaras cirúrgicas são ineficazes nesta proteção<sup>42(B)</sup>.

A maioria dos serviços e profissionais de saúde utilizam preferencialmente a chamada máscara N95. A máscara N95 é um dos 9 tipos de respiradores de partículas descartáveis, neste

caso protegendo somente contra partículas, e não contra gases e vapores. Respiradores que filtram pelo menos 95% das partículas aéreas são chamadas de N95; aquelas que filtram 99%, recebem o nome de N99; e aquelas que filtram pelo menos 99,97% recebem o nome de N100. Os respiradores desta família são também classificados como N (não resistente a óleo), R (resistente a óleos) ou P (“*oil proof*” -altamente resistente a óleos), pois alguns óleos podem degradar o filtro e seu desempenho. Assim, os 9 tipos seriam: N95, N99, N100; R95, R99, R100; P95, P99, P100.

Avaliação do desempenho das máscaras N95 é realizada pelo NIOSH, levando-se em consideração o chamado “*fit testing*”<sup>41,44(D)</sup>. Este teste é um procedimento que avalia o respirador, acessando o seu escape/ vazamento ou razão de penetração ao redor da vedação facial. Este pode ser qualitativo (baseado na resposta subjetiva do usuário) ou quantitativa (usando a mensuração do escape/vazamento), onde PT (penetração total) = penetração no filtro + escape facial.

É esperada penetração total na máscara menor ou igual a 10% para esta classe de respirador, ou seja, a concentração de ar contaminado dentro da máscara deve ser igual ou menor a 10% dos níveis do ambiente.

Em 1995, o NIOSH realizou novas recomendações para respiradores de partículas não-*powered*, sendo criado um novo sistema de certificação. Entre estes novos respiradores de partículas, a máscara N95 é a mais comumente utilizada em ambientes de cuidados em saúde. Testes com bactérias de tamanho similar ao *M. tuberculosis* mostraram filtração de 99,5% ou mais<sup>45(D)</sup>.

As máscaras N95 apresentam nível de eficácia de filtração de 95% contra aerossóis, para partículas de 0,1 a 0,3 microm. Já para um tamanho similar ao do *M.tuberculosis* (0,8 microm ou maior) esta máscara foi capaz de coletar partículas com 99,5% de eficácia, ou seja, a penetração desta bactéria através do material filtrado é de 0,5% ou menos, provendo ótima proteção contra tuberculose<sup>46</sup>(D). Além disso, são mais aceitáveis que outras classes de máscaras respiratórias, por serem de fácil utilização, e interferirem pouco na comunicação com o paciente, diferentemente de máscaras respiratórias elastoméricas, ou PAPR. Estas máscaras podem ser reutilizadas desde que íntegras, secas e limpas, evitando-se o seu armazenamento em sacos plásticos após o uso, pois estes retém umidade e armazenando-as em locais secos<sup>47,48</sup>(D).

## **16. COMO DEFINIR FILTRO HEPA E QUAL SUA UTILIDADE NA REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE PARTÍCULAS AÉREAS INFECTANTES NO AMBIENTE?**

São considerados filtros HEPA aqueles que removem 99,97% das partículas infectantes em suspensão com 0,3 microm ou mais de diâmetro. Assim, o *M.tuberculosis* é facilmente filtrado por

estes filtros<sup>35,49</sup>(D). No caso da tuberculose, as gotículas devem alcançar os alvéolos pulmonares para causar infecção, sendo que estas partículas variam de 1 a 5 micrômetros de diâmetro. Os filtros HEPA são amplamente utilizados para esterilizar o ar e no controle da transmissão da tuberculose em cabines de segurança biológica<sup>30,49</sup>(D), quartos de isolamento de pacientes suspeitos ou confirmados de tuberculose, salas de administração de pentamidina<sup>50</sup>(D), entre outros. Em relação à administração de pentamidina inalatória, há associação desta terapia com aerossol em pacientes HIV positivos e a transmissão de tuberculose, uma vez que a pentamidina é indutor potente de tosse e a reativação de tuberculose é comum nesta população.

O uso do filtro HEPA é especialmente recomendado quando da recirculação do ar no ambiente de isolamento respiratório, como já especificado na questão sobre isolamento, devendo-se estar atento a sua manutenção, conforme instruções do fabricante.

### **CONFLITO DE INTERESSE**

Miranda SS: recebeu honorários da empresa Bibliomed para consultoria.

## REFERÊNCIAS

1. Joshi R, Reingold AL, Menzies D, Pai M. Tuberculosis among health-care workers in low- and middle-income countries: a systematic review. *PLoS Med* 2006;3:e494.
2. Edlin BR, Tokars JI, Grieco MH, Crawford JT, Williams J, Sordillo EM, et al. An outbreak of multidrug-resistant tuberculosis among hospitalized patients with the acquired immunodeficiency syndrome. *N Engl J Med* 1992;326:1514-21.
3. Zaza S, Blumberg HM, Beck-Sagué C, Haas WH, Woodley CL, et al. Nosocomial transmission of *Mycobacterium tuberculosis*: role of health care workers in outbreak propagation. *J Infect Dis* 1995;172:1542-9.
4. Jarvis WR. Nosocomial transmission of multidrug-resistant *Mycobacterium tuberculosis*. *Res Microbiol* 1993;144:117-22.
5. Menzies D, Fannin A, Yan L, Fitzgerald M. Tuberculosis among health care workers. *N Engl J Med* 1995;332:92-8.
6. Jensen PA, Lambert LA, Iademarco MF, Ridzon R. Guidelines for Preventing the Transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in Health-Care Settings, 2005. *MMWR Recomm Rep* 2005;54:1-141.
7. Alonso-Echanove J, Granich RM, Laszlo A, Chu G, Borja N, Blas R, et al. Occupational Transmission of *Mycobacterium tuberculosis* to Health Care Workers in a University Hospital in Lima, Peru. *Clin Infect Dis* 2001;33:589-96
8. Kassim S, Zuber P, Wiktor SZ, Diomande FVK, Coulibaly IM, Coulibaly D, et al. Tuberculin skin testing to assess the occupational risk of *Mycobacterium tuberculosis* infection among health care workers in Abidjan, Côte d'Ivoire. *Int J Tuberc Lung Dis* 2000;4:321-6.
9. Roth VR, Garrett DO, Laserson KF, Starling CE, Kritski AL, Medeiros EA, et al. A multicenter evaluation of tuberculin skin test positivity and conversion among health care workers in Brazilian hospitals. *Int J Tuberc Lung Dis* 2005;9:1335-42.
10. Larsen NM, Biddle CL, Sotir MJ, White N, Parrott P, Blumberg HM. Risk of Tuberculin Skin Test Conversion among Health Care Workers: Occupational versus Community Exposure and Infection. *Clin Infect Dis* 2002;35:796-801.
11. Jasmer RM, Nahid P, Hopewell PC. Latent tuberculosis infection. *N Engl J Med* 2002;347:1860-6.
12. Menzies D. Interpretation of repeated tuberculin tests. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159:15-21.
13. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. III Diretrizes em Tuberculose da SBPT. *J Bras Pneumol* 2009;35:1018-48.
14. Center for Diseases Control and Prevention (CDC). Controlling

- tuberculosis in the United States: recommendations from ATS/CDC/IDSA. *MMWR* 2005;54:1-110.
15. Comstock GW, Baum C, Snider DE. Isoniazid prophylaxis among Alaskan Eskimos: a final report of the Bethel Isoniazid studies. *Am Rev Respir Dis* 1979;119:827-30.
  16. Trunz BB, Fine PE. Effect of BCG vaccination on childhood tuberculous meningitis and miliary tuberculosis worldwide: a meta-analysis and assessment of cost-effectiveness. *Lancet* 2006;8:1173-80.
  17. Colditz GA, Berkey CS, Mosteller F, Brewer TF, Wilson ME, Burdick E, et al. The efficacy of bacillus Calmette-Guérin vaccination of newborns and infants in the prevention of tuberculosis: meta-analyses of the published literature. *Pediatrics* 1995;96:29-35.
  18. Clark A, Sanderson C. Timing of children's vaccinations in 45 low-income and middle-income countries: an analysis of survey data. *Lancet* 2009;373:1543-9.
  19. Leung CC, Tam CM, Chan SL, Chan-Yeung M, Chan CK, Chang KC. Efficacy of the BCG revaccination programme in a cohort given BCG vaccination at birth in Hong Kong. *Int J Tuberc Lung Dis* 2001;5:717-23.
  20. Rahman M, Sekimoto M, Hira K, Koyama H, Imanaka Y, Fukui T. Is Bacillus Calmette-Guérin revaccination necessary for Japanese children? *Prev Med* 2002;35:70-7.
  21. Rodrigues LC, Pereira SM, Cunha SS, Genser B, Ichihara MY, Brito SC, et al. Effect of BCG revaccination on incidence of tuberculosis in school-aged children in Brazil: the BCG-REVAC cluster-randomized trial. *Lancet* 2005;366:1290-5.
  22. Dantas OM, Ximenes RA, de Albuquerque MF, Silva NL, Montarroyos UR, Souza WV, et al. A case-control study of protection against tuberculosis by BCG revaccination in Recife, Brazil. *Int J Tuberc Lung Dis* 2006;10:536-41.
  23. Riley RL, Knight M, Middlebrook G. Ultraviolet susceptibility of BCG and virulent tubercle bacilli. *Am Rev Respir Dis* 1976;113:413-8.
  24. Talbot EA, Jensen P, Moffat HJ, Wells CD. Occupational risk from ultraviolet germicidal irradiation(UVGI) lamps. *Int J Tuberc Lung Dis* 2002;6:738-41.
  25. Nardell EA. Interrupting transmission from patients with unsuspected tuberculosis: a unique role for upper-room ultraviolet air disinfection. *Am J Infect Control* 1995;23:156-64.
  26. Escombe AR, Moore DA, Gilman RH, Navincopa M, Ticona E, Mitchell B, et al. Upper-room ultraviolet light and negative air ionization to prevent tuberculosis transmission. *PLoS Med* 2009; 6:e43.
  27. Nardell EA. Use and misuse of germicidal UV air disinfection for TB in high-prevalence settings. *Int J Tuberc Lung Dis* 2002;6:647-8.

28. Nardell EA, Bucher SJ, Brickner PW, Wang C, Vincent RL, Becan-McBride K, et al. Safety of upper-room ultraviolet germicidal air disinfection for room occupants: results from the Tuberculosis Ultraviolet Shelter Study. *Public Health Rep* 2008;123:52-60.
29. Purcell JJ Jr, Krachmer JH. Hazards of ultraviolet light. *N Engl J Med* 1976;294:116.
30. Ministério da Saúde/FUNASA. Controle da Tuberculose: uma proposta de integração ensino-serviço. 5ª ed. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde; 2002. p.147-54.
31. Brito L. Tuberculose nosocomial- Medidas de Controle de Engenharia. *Boletim de Pneumologia Sanitária* 2001;9:33-50.
32. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: health facilities. In: *Application handbook*. Atlanta:1991.
33. Decker CF. Tuberculosis and infection control measures. *Dis Mon* 2007;53:55-8.
34. CDC. Guidelines for Preventing the Transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in Health-care settings. *MMWR* 2005;54,RR17.
35. Nardell EA. The role of ventilation in preventing nosocomial transmission of tuberculosis. *Int J Tuberc Lung Dis* 1998;2:110-7.
36. Pavelchak N, DePersis RP, London M, Stricof R, Oxtoby M, DiFerdinando G Jr, et al. Identification of factors that disrupt negative air ressurization of respiratory isolation rooms. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2000;21:191-5.
37. Fennelly KP, Nardell EA. The relative efficacy of respirators and room ventilation in preventing occupational tuberculosis. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998;19:754-9.
38. Fennelly KP. The role of masks in preventing nosocomial transmission of tuberculosis. *Int J Tuberc Lung Dis* 1998;2:103-9.
39. Templeton GL, Illing LA, Young L, Cave D, Stead WW, Bates JH. The risk for transmission of *Mycobacterium tuberculosis* at the bedside and during autopsy. *Ann Intern Med* 1995;122:922-5.
40. Catanzaro A. Nosocomial tuberculosis. *Am Rev Respir Dis* 1982;125:559-62.
41. CDC. Protect yourself against tuberculosis: a respiratory protection guide for health care workers. Cincinnati,OH: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, CDC, National Institute for Occupational Safety and Health 1996 DHHS(NIOSH)n°96-102.
42. Nicas M. Respiratory protection and the risk of *Mycobacterium tuberculosis* infection. *Am J Industr Med* 1995;27:317-33.
43. Rengasamy A, Zhuang Z, Berryann R. Respiratory protection against bioaerosols:



- literature review and research needs. *Am J Infect Control* 2004;32:345-54.
44. CDC. Laboratory performance evaluation of N95 filtering facepiece respirators, 1996. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1998;47:1045-9.
45. Qian Y, Willeke K, Grinshpun SA, Donnelly J, Coffey CC. Performance of N95 respirators: filtration efficiency for airborne microbial and inert particles. *Am Ind Hyg Assoc J* 1998;59:128-32.
46. Willeke K, Qian Y. Tuberculosis control through respirator wear: performance of National Institute for Occupational Safety and Health-regulated respirators. *Am J Infect Control* 1998;26:139-42.
47. Reponem TA, Wang Z, Willeke K, Grinshpun SA. Survival of mycobacteria on N95 personal respirators. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999;20:237-41.
48. Kritsky AL, Conde MB, Souza GRM. *Tuberculose: do ambulatório à enfermaria*. 3ª ed São Paulo: Atheneu; 2005. 208p.
49. Barroso WJ. Biossegurança em tuberculose na unidade de saúde e no laboratório. *Boletim de Pneumologia Sanitária* 2001;9:27-32.
50. Chaisson RE, McAvinue S. Control of tuberculosis during aerosol therapy administration. *Respir Care* 1991;36:1017-25.