



MANUAL DE AÇÕES MÉDICAS EM EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS

Nelson Valverde | Teresa Leite | Alexandre Maurmo

Rio de Janeiro 2010



MANUAL DE AÇÕES MÉDICAS EM EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS

Copyright © 2010

Nelson Valverde, Teresa Leite, Alexandre Maurmo

É vedada a reprodução total ou parcial desta obra,
seja em forma impressa ou eletrônica, sem a autorização
prévia dos editores.

Coordenação editorial:
Capax Dei editora

Organização:
Nelson Valverde e Teresa Leite

Revisão:
Nelson Valverde e Teresa Leite

Capa, ilustrações e diagramação:
Denise Coelho

Foto da Capa:
Banco de imagens iStockphoto



R. México, 31 - s. 202
20.031.144 - Rio de Janeiro - RJ
Telefax: 0xx21 2532.4086
capax@terra.com.br

Dedicatória

Este Manual é dedicado aos profissionais da Fundação Eletronuclear de Assistência Médica - FEAM, especialmente aos que voluntariamente se dedicaram ao atendimento às vítimas do acidente de Goiânia, ainda por ocasião da existência do Departamento de Saúde de Furnas Centrais Elétricas S/A e aos que atualmente buscam manter excelência para a resposta médica em emergências radiológicas. Homenageamos também os demais profissionais, de diversas instituições civis e militares, que atuaram no sentido de mitigar os graves impactos do acidente de Goiânia.

Homenagem

Ao Dr. Pedro Wellington Vieira de Carvalho, *in memoriam*, que, em 1976, idealizou e lançou as raízes dos serviços de saúde que ora são prestados pela FEAM. Como médico e homem de abrangente visão social, se empenhou, mesmo em tempos politicamente muito difíceis, para estender indiscriminadamente o atendimento de saúde do Hospital de Praia Brava aos habitantes de toda a área de influência da Central Nuclear. Dizia: “não há cerca que possa separar os direitos e deveres dos seres humanos que estão de um lado e de outro da estrada Rio-Santos”.

O Dr. Pedro Wellington foi também o primeiro a se preocupar com o preparo médico para a resposta em emergências radiológicas, tomando, na condição de chefe do Departamento de Saúde de Furnas Centrais Elétricas S/A, as primeiras iniciativas para a capacitação de profissionais de saúde que pudessem atuar frente a um acidente envolvendo exposição às radiações ionizantes na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA). Foi também o planejador do Centro Médico das Radiações Ionizantes (CMRI).

Agradecimentos

Andre Luiz Carvalho do Nascimento
Arnoldo R. Bonin Salomone
Cristina Gonçalves Ferreira
Cristina Simões Xavier
Davi Christ Fassano Cesar
Denise Maria Souza Jannuzzi
Enaldo Goes Lins e Silva
Erica Alves Silva de Aquino
Ilson Peixoto Medeiros da Silva
Ines da Cunha Seppi
Jorge Carvalho de Jesus
Luciano Pereira de Oliveira
Luciano Martins de Lacerda
Marcia Crystina O. C. Silva

PRÓLOGO

Os materiais radioativos e outras fontes de radiação ionizante são amplamente usados na produção de eletricidade sem gerar gases de efeito estufa; no tratamento e no diagnóstico de várias enfermidades; para a melhoria de produtos agrícolas (irradiação de grãos, sementes e alimentos); na indústria, como é o caso da radiografia industrial, para a verificação da integridade de estruturas de navios, aviões, dutos e outros equipamentos e do emprego de traçadores para monitoração e diagnóstico de processos; e em vários outros campos de atividade, incluindo a pesquisa e desenvolvimento para expansão do conhecimento científico.

Suas aplicações crescem a cada dia e, conseqüentemente, aumenta também a demanda para o planejamento e a preparação visando à resposta em emergências associadas a essas práticas.

Uma emergência radiológica é, em geral, definida como um evento não intencional e inesperado, envolvendo uma fonte de radiação ionizante, e que possa resultar em impactos médicos, psicossociais, econômicos e ambientais significativos.

O Brasil, que foi palco de um grande acidente radiológico, em Goiânia, em 1987, conta hoje em seu território com cerca de 3.600 instalações que utilizam fontes de radiação ionizante. Além disso, possui outras 20 instalações nucleares, como a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, em Angra dos Reis (RJ), a Fábrica de Combustíveis Nucleares, em Resende (RJ) e as minas de urânio em Caetité (BA) e Itatiaia (CE).

A experiência internacional mostra que a resposta a uma situação de emergência envolvendo exposição à radiação pode exceder a capacidade técnica e logística de organizações, de cidades, estados e países. Essa dificuldade somente poderá ser superada por meio de preparação e planejamento prévios, objetivando o desencadeamento integrado de ações, de maneira coordenada, que envolvem a Defesa Civil Municipal, a Estadual e a Federal, as Forças Armadas, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), e outras várias entidades capazes de ofertar uma resposta médico-hospitalar no que diz respeito tanto ao manejo de condições clínicas e traumáticas usuais quanto a questões de saúde advindas de exposições às radiações ionizantes.

Dentre as instituições com infraestrutura e recursos para esse tipo de ação, incluímos a Fundação Eletronuclear de Assistência Médica (FEAM), o Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD) e o Centro de Transplante de Medula Óssea (CEMO), do Instituto Nacional de Câncer (INCa).

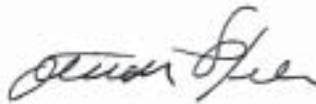
A atenção a pacientes acidentados com material radioativo pode ser de alta complexidade, como no caso de pessoas que desenvolvam a chamada síndrome aguda da radiação ou que tenham graves “queimaduras” radiológicas. No entanto, mesmo em acidentes em que o componente radiológico seja menos importante, podem existir grandes desafios durante a intervenção, em razão de uma diversidade de fatores, como o número de vítimas e suas condições sociais, a presença concomitante de lesões traumáticas que podem ameaçar a vida dos acidentados, a existência de contaminação com material radioativo, a percepção pública do acidente etc.

Hoje em dia, também é grande a preocupação de organismos internacionais com possíveis atos criminosos usando-se agentes químicos, biológicos, radionucleares e explosivos. Isto se torna particularmente relevante para o Brasil que, em futuro próximo, abrigará megaeventos esportivos como a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016.

Torna-se, portanto, essencial que o País esteja estruturado e preparado para mitigar, por meio de uma resposta adequada,

as conseqüências de atos dessa natureza, incluindo-se os que eventualmente envolvam o uso de material radioativo.

É, portanto, com grande satisfação que apresento o Manual de Ações Médicas em Emergências Radiológicas às comunidades médica e técnico-científica nacional, bem como ao público em geral interessado no tema. É um esforço da Eletrobrás Eletronuclear e da Fundação Eletronuclear de Assistência Médica - FEAM, através de seu Centro de Informações sobre Radioepidemiologia - CIRA, que tem como principal objetivo facilitar a capacitação de entidades e profissionais de saúde, de forma a constituir uma rede integrada de resposta médica em caso de emergências radiológicas.



Othon Luiz Pinheiro da Silva
Diretor-Presidente
ELETROBRÁS ELETRONUCLEAR

APRESENTAÇÃO

A Fundação Eletronuclear de Assistência Médica (FEAM) foi criada em 1999 com a missão de dar suporte, na área da saúde, às atividades da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA). Suas atividades se concentram nas áreas assistencial, de saúde ocupacional, preventiva e de medicina das radiações. São prestadas no Hospital de Praia Brava (HPB) e em unidades ambulatoriais complementares. O HPB, hoje com 53 leitos, responde por 30% dos atendimentos de saúde do município de Angra dos Reis e é uma das principais referências de atendimento de emergência da região da Costa Verde, no sul do Estado do Rio de Janeiro, atuando, como contrapartida social da Eletronuclear no atendimento pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

No campo ocupacional, a FEAM presta serviços por meio do Ambulatório de Itaorna, onde são mantidas atividades em medicina ocupacional e de atendimento a pequenas intercorrências médicas ocorridas nos ambientes de trabalho. Além desse serviço, a FEAM recentemente inaugurou uma unidade, em comunidade próxima, para atendimento a trabalhadores terceirizados e envolvidos na construção da Usina Nuclear de Angra 3.

Na área de medicina de radiações, a FEAM mantém, em seu quadro de lotação, equipes multidisciplinares da área de saúde, contando com médicos de diversas especialidades, enfermeiros, farmacêuticos bioquímicos, profissionais de nível médio especializado e outros, em sistema permanente de sobreaviso para o atendimento a eventuais intercorrências radiológicas ocorridas na CNAAA. Essa equipe se vale de diferentes meios, sendo o principal o Centro de Medicina das Radiações Ionizantes (CMRI), situado em condomínio residencial de trabalhadores, próximo à

CNAAA. O CMRI tem plenas condições para assistir radioacidentados, como, por exemplo, área específica de descontaminação radiológica, detetores de radiação, contador de corpo inteiro e medicamentos específicos para uso em contaminações internas com radionuclídeos.

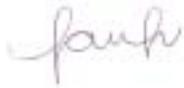
Toda a estrutura assistencial da FEAM está integrada ao Plano de Emergência Local (PEL), gerando segurança para os trabalhadores da CNAAA, seus familiares e demais moradores da região.

Recentemente, a FEAM, por meio de convênio com a Eletrobras Eletronuclear, implantou um Centro de Informações em Radioepidemiologia (CIRA), com o objetivo de desenvolver estudos de monitoramento de agravos potencialmente relacionados com a exposição às radiações ionizantes.



Centro de Informações em Radioepidemiologia
(crédito: Samuel Assunção)

O CIRA conta hoje com equipe de profissionais nas áreas de Saúde Pública, Medicina, Enfermagem e Tecnologia da Informação, bem como facilidades tais como salas de reuniões e espaço para documentação. Além disso, por meio do sítio eletrônico da FEAM (www.feam.etn.org.br), encontra-se disponível para qualquer usuário uma biblioteca virtual composta de artigos científicos e publicações relacionadas às atividades do CIRA. Em paralelo, a equipe desenvolve estudos epidemiológicos, análise de indicadores e produção de conhecimento, sempre em parceria com outras instituições acadêmicas, tais como a Fundação Instituto Oswaldo Cruz (Fiocruz), o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Instituto Nacional de Câncer (INCa) e outras. Todas as atividades envolvem as Prefeituras Municipais de Angra dos Reis, Parati e Rio Claro, além da Secretaria Estadual de Saúde e Defesa Civil do Rio de Janeiro.



Dr. Carlos Alberto M. Saldanha de Vasconcellos

Diretor Superintendente

Fundação Eletronuclear de Assistência Médica - FEAM

ÍNDICE

1. Introdução	19
2. Conceitos básicos sobre radioatividade	20
3. Aplicações das radiações ionizantes	25
4. Emergência radiológica e modos de exposição às radiações ionizantes e suas possíveis consequências	26
5. Conceitos básicos de radioproteção	32
6. Considerações básicas sobre detecção das radiações	36
7. Efeitos biológicos das radiações ionizantes	38
8. Radiopatologia – síndromes aguda e cutânea da radiação ..	42
9. Contaminação radiológica interna – conceitos, diagnóstico e tratamento	54
10. Contaminação radiológica externa – conceitos, detecção e descontaminação	60
11. Planejamento da resposta médica em emergências radiológicas	66
12. Ações prioritárias no cenário	69
13. Ações prioritárias no hospital designado	71
14. Manejo de cadáveres contaminados com material radioativo	72
15. Terrorismo e atos criminosos com material radioativo	76
16. Impacto psicológico em emergências radiológicas	80
17. Comunicação com o público em emergências radiológicas	82
18. Referências selecionadas	85
Anexo I	87
Utilização de vestimentas contra a contaminação radiológica	
Anexo II	91
Como preparar uma área hospitalar para o atendimento de pacientes com contaminação radiológica	

Anexo III	94
Orientações práticas para ações pré-hospitalares em emergência radiológica com várias vítimas (incluindo-se cuidados com o transporte)	
Anexo IV	100
Orientações práticas para ações hospitalares em emergência radiológica com várias vítimas	
Anexo V	104
Páginas de interesse na Internet	
Índice Remissivo	108

1. INTRODUÇÃO

19

Objetivo

Este manual tem o propósito básico de fornecer orientações de ordem prática para as ações médicas e de saúde em geral, no contexto da resposta global a emergências radiológicas com vítimas de exposição às radiações ionizantes ou com outros consequentes agravos à saúde.

Público-alvo

Este manual foi desenvolvido para o uso de organizações responsáveis pela resposta a emergências radiológicas e de seus profissionais médicos e outros da área da saúde, participantes das diferentes etapas de intervenção (cenário e hospitalar).

Limitação

Face às suas características e objetivo básico, este manual não se propõe a abordar em profundidade aspectos técnicos e científicos relativos à Radiobiologia e à Radiopatologia.

Este manual não considera eventuais consequências para a saúde por exposição, acidental ou não, a radiações não ionizantes.

Adaptações organizacionais

Embora este manual tenha também a finalidade de orientar, na medida do possível, as intervenções médicas em caso de emergências radiológicas, é possível que, por razões de organização estrutural, existência de recursos etc., algumas organizações tenham que adaptar as condutas preconizadas neste docu-

mento, embora os critérios de priorização da assistência médica às vítimas e os de radioproteção devam, ao máximo, ser respeitados.

2. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE RADIOATIVIDADE

20

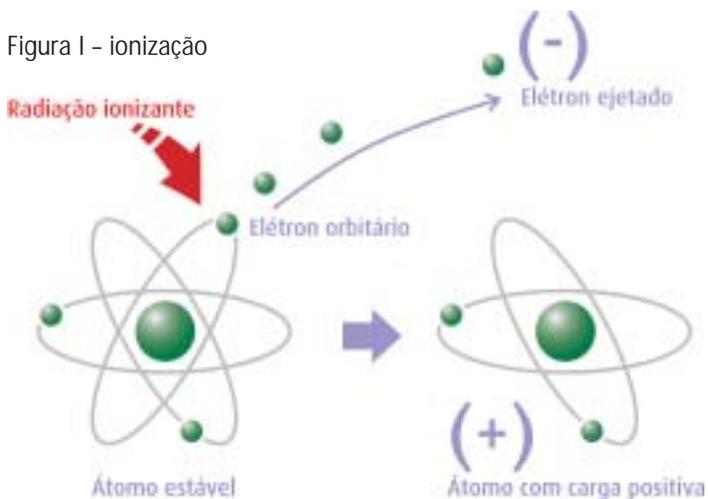
Radiação

Radiação em geral é a propagação de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas ou de partículas subatômicas no espaço ou em um meio material, como o corpo humano.

Radiações ionizantes

As radiações chamadas “ionizantes” são as que possuem energia suficiente para liberar elétrons da camada orbital de um átomo, criando assim, conforme a figura abaixo, um par de íons (elétron ejetado e o restante do átomo).

Figura 1 – ionização



Radiações não ionizantes

Há outras formas de radiações que não produzem o efeito da ionização. Podem, contudo, provocar efeitos deletérios para o organismo, embora através de mecanismos diversos daqueles das radiações ionizantes. São exemplos o ultrassom, o infravermelho, as micro-ondas, a radiofrequência etc. Neste manual, sempre que nos referirmos ao termo “radiação”, estaremos fazendo menção às radiações ionizantes.

Identificação das radiações ionizantes

As radiações ionizantes são internacionalmente identificadas pelos seguintes símbolos (o primeiro, criado em 1946 e o segundo, suplementar, introduzido em 15 de fevereiro de 2007):

Figura II – símbolos das radiações ionizantes



Exemplos de radiações ionizantes

A tabela a seguir relaciona os tipos mais comuns de radiações ionizantes e as suas respectivas características.

Tabela I – radiações ionizantes e suas características (ver também Capítulo 4)

Radiação e símbolo	Alcance no ar	Penetração tissular	Nocividade
Alfa (α)	alguns cm	50×10^{-3} mm	interna
Beta (β)	até vários m	alguns mm	externa e interna
Gama (γ)	vários m	vários cm	externa
Raios X	vários m	vários cm	externa
Nêutrons (n)	vários m	vários cm	externa

Considerações sobre as diferentes radiações ionizantes

As partículas alfa (α), por sua alta energia e capacidade de ionização, percorrem apenas pequenas distâncias no ar, não ultrapassando a camada córnea da pele. Podem ser blindadas por uma simples folha de papel. Os emissores alfa têm radiotoxicidade quando penetram no organismo, mas não quando se constituem apenas em fontes externas ao corpo.

22

As partículas beta (β) são elétrons emitidos a partir de um núcleo instável e possuem maior capacidade de penetração que as partículas alfa, podendo apresentar nocividade externa e interna. Para blindá-las, necessitamos de material mais denso, como vidro ou alumínio.

As ondas gama (γ) são fótons de alta energia, e que podem irradiar pessoas situadas a vários metros de distância. Os emissores gama têm também nocividade externa e interna.

Os aparelhos de raios-X só podem expor as pessoas à radiação quando energizados e quando houver o acionamento para a sua produção. ***Um equipamento de raios-X médico não energizado não representa risco radiológico.***

As fontes de nêutrons são mais difíceis de ser encontradas e menos prováveis de produzir emergências radiológicas, exceto em condições especiais.

Unidades e magnitudes

A avaliação de possíveis consequências para a saúde, por exposição radioativa, pressupõe o entendimento básico das unidades e magnitudes dosimétricas, resumidas nas Tabelas IIa e IIb. A Tabela III exemplifica a meia-vida (tempo necessário para que a atividade de uma amostra radioativa se reduza à metade) de alguns radionuclídeos.

¹ Elemento com núcleo instável por excesso de energia, da qual se livra por decaimento radioativo (emissão de radiação ionizante); também chamado de isótopo radioativo ou radioisótopo; exemplos: célio 137 (^{137}Cs), polônio 210 (^{210}Po), urânio 235 (^{235}U) etc.

Tabela IIa – resumo de unidades e magnitudes dosimétricas

Unidade ou magnitude	Definição	Unidade e Símbolo (SIU)	Unidade antiga	Relação
Atividade	Desintegração de um núcleo instável, com emissão radioativa	Becquerel (Bq)	Curie (Ci)	1 Bq = $1/3,7 \times 10^{10}$ Ci
Dose absorvida	Energia depositada por unidade de matéria	Gray (Gy)	“Radiation absorbed dose” (rad)	1 Gy = 100 rad
Taxa de dose ou de exposição	“Quantidade” de radiação emitida por unidade de tempo	Exemplo: Gy/h	Exemplo: rad/h	
Meia-vida física	Tempo necessário para que a atividade de uma amostra radioativa caia à metade	$T_{1/2f}$ Observação: a meia-vida efetiva ($T_{1/2ef}$) é o produto da meia-vida física pela meia-vida biológica ($T_{1/2b}$, quando o <i>radionuclídeo</i> ¹ ingressa no organismo e fatores biológicos atuam para eliminá-lo)		

23

Tabela IIb – resumo de unidades e magnitudes dosimétricas

Unidade ou magnitude	Definição	Unidade e Símbolo (SIU)	Unidade antiga	Relação
Dose equivalente (1 Gy de partículas alfa não produz o mesmo efeito biológico no mesmo órgão ou tecido que 1 Gy de raios gama, por exemplo)	Produto da dose absorvida por um fator de ponderação típico de cada tipo de radiação (W_r)	Sievert (Sv)	“Roentgen Equivalent Man” (rem)	1 Sv = 100 rem
Dose efetiva (os órgãos e tecidos têm radiosensibilidades diferentes)	Somatório das doses equivalentes nos órgãos e tecidos, considerando-se a dose para cada um deles e as respectivas radiosensibilidades (W_t)	Sievert (Sv)	“Roentgen Equivalent Man” (rem)	1 Sv = 100 rem

Tabela III – meia-vida de alguns radionuclídeos

Radionuclídeo	Meia-vida física ($T_{1/2f}$)	Meia-vida efetiva ($T_{1/2ef}$)
^{238}U (urânio 238)	4,49 X 10 ⁹ anos	15 dias
^{131}I (iodo 131)	8,05 dias	7,6 dias
^{137}Cs (césio 137)	30 anos	70 dias
^{60}Co (cobalto 60)	5,26 anos	85,5 dias
^{210}Po (polônio 210)	138 dias	31,7 dias (rins) e 65,7 dias (pulmões)

24

Doses efetivas em radiodiagnóstico

Para facilitar a compreensão do eventual significado de exposições em emergências radiológicas e servir como parâmetro comparativo, apresentamos a Tabela IV (notar que as doses são em **mili sievert** - mSv).

Tabela IV – doses efetivas médias em procedimentos de radiodiagnóstico

Procedimento diagnóstico	Dose efetiva típica (mSv)	Equivalência em tempo de exposição à radiação <i>natural</i> ² média
Tórax	0,02	3 dias
Crânio	0,07	11 dias
Coluna lombar	1,3	7 meses
CT de crânio	2,3	1 ano
CT de abdômen	10,0	4,5 anos

² Também conhecida como radiação de fundo ou "*background*" (Bg); a que normalmente recebemos por exposição aos raios cósmicos e radionuclídeos no solo, material de construção e alimentos; em torno de 2,5 mSv/ano, embora haja áreas do planeta com valores bem mais elevados.

3. APLICAÇÕES DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

As radiações ionizantes estão presentes sob várias formas em nossa sociedade. Sua utilização perpassa diferentes campos de aplicação, como na área industrial, na agricultura, na produção de energia e na área da saúde. Na área da saúde a utilização dessa tecnologia está presente na Medicina Nuclear, na Radioterapia e em métodos diagnósticos como a mamografia, raios-X e o PET-scan, somente para citar alguns exemplos. As áreas da saúde e da indústria têm o maior número de fontes registradas no Brasil, segundo informações oficiais da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Esse conhecimento é importante quando desejamos avaliar o risco de acidentes e para o acompanhamento ocupacional de trabalhadores.

25

Classificação das aplicações e tipos de fontes

Há diferentes formas de aplicação e tipos de fontes radioativas, na dependência de sua utilização.

1) Fontes radioativas não seladas - acondicionadas em recipientes fechados, embora não selados:

- Traçadores radiativos;
- Irradiadores gama utilizados para a conservação de alimentos e esterilização de produtos médicos cirúrgicos e farmacêuticos;
- Radiografia industrial;
- Medidores nucleares para controle de nível e densidade em diferentes indústrias, como as do papel, têxtil, siderúrgica e do plástico;
- Prospecção de petróleo para determinação da densidade, porosidade e propriedades da rocha.

2) Fontes radioativas seladas - acondicionadas em cápsulas metálicas hermeticamente fechadas, não estando em contato direto com o meio externo.

- Detetor de fumaça;
- Para-raios radioativos;
- Geradores de radiações ionizantes;
- Fluorescência de raios-X para inspeção de bagagem e detecção de explosivos;
- Aceleradores lineares para tratamento.

4. EMERGÊNCIA RADIOLÓGICA E MODOS DE EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES E SUAS POSSÍVEIS CONSEQUÊNCIAS

Emergência radiológica

26

Resumidamente, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) define **emergência radiológica** como qualquer evento com material radioativo e que possa resultar em exposição humana significativa e/ou dano material.

As emergências radiológicas importantes, com vítimas de exposição radioativa, são raras, e a grande maioria dessas são de natureza radiológica (principalmente provocadas por operações irregulares de equipamentos de gamagrafia industrial) e não nucleares (ver definições abaixo).

Uma emergência nuclear não pressupõe, necessariamente, maior impacto ou gravidade que uma radiológica.

Atualmente, uma preocupação é que as emergências radiológicas podem também ser provocadas por atos terroristas ou criminosos com material radioativo (ver Capítulo 15).

Tipos de emergências radiológicas

Radiológicas propriamente ditas: causadas por fontes de radiações, como as de gamagrafia industrial e outras similares.

- Exemplo: acidente **radiológico** de Goiânia, 1987.

Nucleares: originadas em instalações nucleares.

- Exemplo: acidente **nuclear** de Chernobyl, 1986.

Modos de exposição às radiações ionizantes

As possíveis consequências médicas decorrentes de uma exposição acidental dependem de alguns fatores, entre os quais o modo de exposição (exposição ou irradiação externa, de corpo inteiro ou localizada, contaminação radiológica externa ou interna, condições associadas e lesões combinadas).

Exposição ou irradiação externa

Um equipamento contendo uma fonte radioativa no seu interior, a certa distância de uma pessoa, pode irradiá-la, sem que haja contato da pessoa com o material radioativo. ***A isso se chama de exposição ou irradiação externa.***

Paralelo: um paciente submetido a uma radiografia de tórax foi irradiado e não “contaminado” com radiação.

Uma pessoa exclusivamente irradiada não se transforma em fonte radioativa e pode ser assistida em qualquer ambiente de saúde sem qualquer cuidado adicional e sem risco de “contaminar” radiologicamente as instalações e o pessoal assistente!

Historicamente, as doses recebidas (exceção da fase aguda em Chernobyl) por profissionais de saúde e outros respondedores em emergências radiológicas têm sido muito baixas (inferiores à dose de uma radiografia de tórax).

27

Exposição ou irradiação externa de corpo inteiro

Ocorre quando um indivíduo recebe doses de radiação distribuídas de maneira até certo ponto uniforme ou de modo heterogêneo (mais comum) por todo o seu corpo. Uma possível consequência, na dependência de alguns fatores, é o desenvolvimento da síndrome aguda da radiação (SAR - ver Capítulo 8).

Figura III – exposição ou irradiação externa de corpo inteiro



Exposição ou irradiação externa localizada

Caracteriza-se pela irradiação de apenas uma área limitada do corpo (mão, coxa etc.).

- Uma possível consequência, também na dependência de alguns fatores, é o desenvolvimento da síndrome cutânea da radiação (**ver Capítulo 8**).

- A exposição exclusivamente localizada, mesmo a doses muito elevadas, não pode provocar a SAR.

28 - Um paciente exposto dessa forma também não é “radioativo” ou “contaminado”, valendo as mesmas observações acima.

Figura IV – exposição ou irradiação externa localizada



Figura V – fontes extremamente perigosas de radiação (“*pigtails*” usados em gamagrafia industrial) (fonte: Comissão Chilena de Energia Nuclear – CCHEN)



Contaminação radiológica

Consiste na presença de material radioativo no corpo, provocada por contato inadequado ou acidental com fontes não seladas de radiação ou fontes seladas, mas que perderam a sua integridade.

- Uma pessoa contaminada pode transferir parte de sua contaminação para instalações, veículos de transporte, material e equipamentos e também para o pessoal atendente.

- No atendimento a pessoas contaminadas com material radioativo, devem-se adotar procedimentos de radioproteção, inclusive no que tange ao uso de indumentária apropriada.

- Por outro lado, as taxas de dose geradas por uma pessoa com contaminação são normalmente muito baixas, não se constituindo em risco significativo para os profissionais que a assistem.

- Há um parâmetro chamado Limite Anual de Incorporação - LAI ou ALI, em inglês, que existe em função da necessidade de se limitar a dose efetiva decorrente de eventual incorporação de elemento radioativo pelo organismo.

29

O LAI estabelece valores anuais para a incorporação de radionuclídeos, de forma que a dose comprometida associada a essa incorporação não supere o limite de dose efetiva: para cada radionuclídeo corresponde um valor distinto do LAI, em razão de suas características físicas e metabólicas. Em geral, quanto maior a meia-vida efetiva ($T_{1/2ef}$) do elemento, menor o valor do LAI. Da mesma forma, os emissores alfa têm menor valor de LAI.

Contaminação radiológica interna

Produz-se quando o material radioativo penetra no organismo por via respiratória, gastrointestinal, pelas mucosas, por meio de feridas e, em raros casos, através da pele intacta.

É excepcional que o grau de contaminação interna (carga corporal) seja de tal magnitude que possa levar à SAR (isto aconteceu em uma paciente de seis anos no acidente de Goiânia).

30 A consequência mais temida de uma contaminação interna não removida é a possibilidade de cancerização futura. No entanto, isto depende de uma série de fatores, como a radiotoxicidade e a forma química do contaminante, o grau de contaminação, a via de ingresso no organismo, a idade do paciente, a radiosensibilidade do órgão-alvo (definido como aquele no qual ocorre preferencialmente o depósito do material radioativo, de acordo com as suas particularidades físico-químicas e metabólicas; exemplo: tireóide para os radioiodos) e também comorbidades, como insuficiência de vias excretórias.

Figura VI – contaminação radiológica interna



Contaminação radiológica externa

É a presença de material radioativo sobre a superfície externa do corpo (pele, anexos e mucosas).

A contaminação externa é, normalmente, de fácil manejo:

- **Mais que 90% da contaminação externa é removida ao se retirar a roupa do contaminado (ver Capítulos 12 e 13).**
- **Cuidados inadequados podem transformar uma contaminação externa em interna!**

Figura VII – contaminação radiológica externa



31

Condições associadas

Consistem em simultaneidade entre exposição externa de corpo inteiro ou localizada e contaminação radiológica interna ou externa.

- Exemplo: pacientes vítimas do acidente radiológico de Goiânia.

Lesões combinadas

Associação entre injúrias convencionais (trauma, queimadura térmica ou química etc.) e diferentes tipos de exposição à radiação.

Este tipo de combinação pode agravar significativamente o prognóstico de um paciente irradiado.

**REGRA GERAL: A ATENÇÃO MÉDICA PRIORITÁRIA NO CENÁRIO E NO HOSPITAL É PARA A ESTABILIZAÇÃO DE CONDIÇÕES QUE COLOQUEM EM RISCO A VIDA E COM OS CUIDADOS IMEDIATOS NECESSÁRIOS EM SITUAÇÕES QUE POSSAM LEVAR À PERDA DE MEMBROS OU QUE CAUSEM SOFRIMENTO IMPORTANTE!
O "PROBLEMA" DA EXPOSIÇÃO OU DA CONTAMINAÇÃO TEM, NESTE CASO, IMPORTÂNCIA SECUNDÁRIA!**

Figura VIII – possíveis consequências dos diferentes modos de exposição

32



5. CONCEITOS BÁSICOS DE RADIOPROTEÇÃO

O ser humano encontra-se exposto às radiações naturais e artificiais. Embora o emprego das radiações ionizantes traga grandes benefícios para a humanidade, em diferentes campos de aplicação, como na área médica, há riscos para a saúde quando determinados princípios de proteção do público e do trabalhador ocupacionalmente expostos não são seguidos. A radioproteção ou proteção radiológica tem evidentemente o propósito de assegurar que as práticas com material radioativo sejam seguras. Mesmo em condições anômalas (como em emergências radiológicas), o papel da radioproteção é extremamente relevante, no sentido de minimizar as doses decorrentes da exposição radioativa, tanto para os profissionais encarregados das respostas geral e médica ante ao evento quanto para as próprias vítimas.

Princípios básicos de radioproteção

O primeiro princípio é a **justificativa**, isto é, para se validar uma prática com material radioativo as vantagens devem supe-

rar os eventuais riscos; a **otimização** refere-se às ações que devem ser sempre adotadas para manter as exposições tão baixas quanto possível (em inglês ALARA: “as low as reasonably achievable”); o terceiro princípio é a **limitação de doses**, ou seja, a dose de radiação de um indivíduo (trabalhador ou do público) não deve exceder os limites legais estabelecidos. No entanto, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) recomenda limites de doses excepcionais para profissionais durante emergências radiológicas de grandes proporções (o que é improvável). Os limites de doses ocupacionais, para o público e para trabalhadores em emergências radiológicas, encontram-se nas Tabelas V e VI.

Medidas para redução da dose externa

(ver também Capítulo 6)

Tanto em condições operacionais rotineiras quanto em emergências radiológicas, há medidas que podem auxiliar na diminuição da dose de exposição externa dos profissionais e, em último caso, de vítimas. ***No entanto, é muito pouco provável que em emergências radiológicas os respondedores possam estar sujeitos a doses significativas de radiação. Não se justifica, portanto, salvo em raríssimas exceções, deixar de prestar atendimento emergencial a vítimas de emergências radiológicas em virtude do temor de se receber doses elevadas de radiação.***

As medidas de redução de dose externa são:

- **Tempo:** quanto menor o tempo de exposição, menor a dose!
- **Distância:** de um modo geral, a dose diminui com o quadrado da distância!

1) Exemplo: se uma vítima está imóvel, próxima a uma fonte de radiação, deve-se removê-la adequadamente para local afastado dessa fonte, visando a prestar o atendimento (desde que não haja contraindicação médica); esta atitude protegerá, igualmente, os respondedores.

2) Para que distância se deve remover uma vítima, no exemplo acima?

Se houver um profissional de radioproteção, este deverá ser consultado; caso contrário, a distância será uma decisão do socorrista, considerando-se o cenário, o possível tipo de fonte e as condições vitais da vítima.

- **Blindagem:** é uma barreira colocada entre a fonte e as pessoas para eliminar ou atenuar a exposição radioativa. O tipo de material usado para a blindagem depende basicamente do tipo de emissão (alfa, beta ou gama). Entretanto, é muito difícil que no cenário de uma emergência radiológica possa-se lançar mão desse recurso.

Medidas para proteção contra a contaminação radiológica

(ver também Anexo I)

Essencialmente, a proteção contra a contaminação radiológica (externa e interna) consiste na adoção de procedimentos e normas previamente estabelecidas e no uso de equipamentos de proteção individual (EPI), sobretudo a indumentária de proteção: gorro, máscara cirúrgica, avental cirúrgico, avental de plástico, macacão do tipo Tyvek®, duplo par de luvas (algodão e látex), botas etc. ***Em situações muito especiais, pode ser recomendada a utilização de máscaras e filtros respiratórios. No cenário, normalmente, a proteção contra agentes biológicos é suficiente para também fornecer proteção contra a contaminação radiológica, e não se justifica negar atendimento a um radioacidentado³, em risco de morte (por trauma concomitante, por exemplo), por temor de contaminação radiológica!***

A PROTEÇÃO CONTRA A CONTAMINAÇÃO NÃO EVITA EVENTUAL EXPOSIÇÃO EXTERNA!

³ Vítima de acidente com material radioativo, apresentando exposição à radiação, que pode estar associada a condição traumática convencional.

⁴ Média ponderada para cinco anos, desde que não se exceda a 50 mSv em qualquer ano.

⁵ Novos critérios, aguardando-se publicação (abril de 2010).

Tabela V – limites de doses ocupacionais e para os indivíduos do público (condições operacionais normais)

Magnitude	Órgão	Limite ocupacional (mSv)	Limite para indivíduo do público (mSv)
Dose efetiva	Corpo total	20 ⁴	1
Dose efetiva equivalente	Cristalino	150	15

35

Tabela VI – limites de doses sugeridos pela AIEA em emergências radiológicas (*condições voluntárias e com os trabalhadores plenamente informados dos riscos para a saúde*)⁵

Tarefa	Dose máxima (mSv)
Salvamento de vidas	<500 ⁶
Ações para se prevenir graves impactos para a saúde, como evacuação/proteção do público, prevenção e extinção de incêndios, prisão de terroristas ...	<500
Ações para se evitar grandes doses coletivas, como coleta e análise de amostras em áreas populosas	100

Figura IX – condições “ideais” de proteção contra a contaminação radiológica



⁶ Este valor poderá se excedido nos casos em que nitidamente o benefício seja maior que o risco, em base voluntária e com o respondedor na emergência plenamente informado sobre os riscos para a sua saúde.

6. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE DETEÇÃO DAS RADIAÇÕES

Detetores de radiação e dosimetria pessoal

36

Os sentidos humanos são incapazes de perceber as radiações ionizantes. Há, entretanto, equipamentos relativamente simples capazes de detetar, discriminar e mensurar as radiações ionizantes. O manejo desses equipamentos deve ser feito por pessoas habilitadas, sob pena de se cometerem erros grosseiros que super ou subestimem a existência de um campo radioativo.

Idealmente, em todos os níveis de ação médica em uma emergência radiológica, se deveria contar com profissionais experientes de radioproteção, plenamente capacitados em detecção das radiações.

Há diferentes tipos de detetores com distintas aplicações, sendo os mais empregados os de ionização (Geiger Muller), os contadores de excitação e os cintiladores.

Os detetores de ionização possuem uma câmara com gás ionizável, e quando a radiação penetra na câmara, o gás se ioniza, produzindo descargas que são contabilizadas. Estes detetores somente medem as radiações capazes de entrar na câmara, não podendo medir radiações de baixa energia.

Os cintiladores baseiam-se no uso de substâncias luminescentes que por ação da radioatividade emitem luz visível e ultravioleta, que podem ser mensuradas por um detetor fotoelétrico.

Os trabalhadores ocupacionalmente expostos às radiações ionizantes, inclusive durante uma emergência radiológica, devem ter as suas exposições controladas e registradas por dosímetros pessoais, como os termoluminescentes (TDL) e, se necessário, com sistema de alarme pré-estabelecido.

Figura X – exemplos de detetores portáteis de radiação (fontes: Instituto de radioproteção e Dosimetria (IRD) da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e Radiation Emergency Assistance Center / Training Site (REAC/TS), EUA.



Figura XI – dosímetros pessoais (crédito: Samuel Assunção)



7. EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Considerações básicas

38

Uma vez atingindo o meio celular, a radiação ionizante pode produzir danos, sobretudo no ADN nuclear. A lesão do ADN pode ocorrer diretamente pela ação da radiação em si ou por meio de radicais tóxicos formados pela hidrólise (mecanismo indireto).

As duas principais lesões do ADN, para efeitos práticos, são a quebra simples de uma das hélices e a quebra dupla de hélices.

Com a lesão do ADN, inicia-se a fase biológica da interação da radiação com a matéria orgânica. No ser humano, a exteriorização das consequências da lesão do ADN poderá demorar horas, dias, meses e até anos, como no caso da cancerização. No entanto, seguindo-se à lesão do ADN, o organismo lança mão de mecanismos enzimáticos de reparo, dos quais a excisão-resíntese é o principal. O reparo pode ocorrer isento de erros, reconstituindo a molécula à sua característica original, ou de maneira equivocada. Na última hipótese, a célula poderá morrer ou dar origem a outras com ADN mutante, o que pode representar o risco potencial de transformação maligna ou de transmissão dessa mutação a gerações futuras, se a célula cujo ADN foi modificado for de natureza germinativa.

As lesões nas duas hélices do ADN, no entanto, sobretudo se de ocorrência simétrica, geralmente não são reparáveis ou ocorrem com erro.

As células não são igualmente radiosensíveis. Quanto mais imaturas e indiferenciadas, mais radiosensíveis são (leis de Bergonnie-Tribondeau - 1906, e de Ancel-Vitemberg - 1925). Assim, as células do embrião e do feto e as células-tronco (e precursoras) da medula óssea, da pele, do epitélio orofaríngeo e do intestino, são muito radiosensíveis.

Uma das células mais sensíveis à radiação, embora não atenda aos postulados acima, são os **LINFÓCITOS**, que por essa razão são usados para a **DOSIMETRIA CITOGENÉTICA**. A aparente razão para a alta radiosensibilidade do linfócito é o grande tamanho de seu núcleo.

Em resumo, a radiação ionizante pode:

- Atravessar a célula sem provocar dano;
- Provocar um dano no ADN, porém integralmente reparado (sem consequência);
- Provocar um dano com reparo imperfeito (mutação, como consequência);
- Provocar a morte celular.

Classificação dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

39

Os efeitos biológicos das radiações dividem-se, principalmente, em determinísticos e estocásticos, de acordo com as características apresentadas nas tabelas a seguir.

- **Para efeito comparativo, o limiar de dose para a SAR (1 Gy) corresponde aproximadamente à dose efetiva de 50 mil raios-X de tórax.**

- **Como já comentado as doses que os profissionais de saúde e outros respondedores têm recebido habitualmente em emergências radiológicas situam-se em patamares muitas vezes inferiores, incapazes de produzir quaisquer efeitos determinísticos (exceção: fase aguda do acidente nuclear de Chernobyl).**

Tabela VII – efeitos determinísticos e estocásticos

Efeito	Existência de limiar de dose ⁷	Gravidade do efeito dose-dependente	Mediação	Exemplo
Determinístico	Sim	Sim	Morte celular	SAR, SCR, efeitos no embrião e feto, hipotireoidismo, catarata, infertilidade (esterilidade)
Estocástico	Não	Não	Mutação	Câncer radioinduzido e anomalias congênitas radioinduzidas

⁷ O efeito em questão só surge se ultrapassado o respectivo limiar de dose.

Tabela VIII
limiares de doses para efeitos determinísticos

40

Efeito	Órgão ou Tecido Irradiado	Limiar de dose em Gy (dose aguda, no máximo em dois dias)
SAR	Corpo inteiro (forma hematológica da SAR)	1
Eritema	Segmento da pele	3-5
Catarata	Cristalino	2-6
Epilação transitória	Pelos	3
Epilação definitiva	Pelos	7
Diminuição da fertilidade masculina	Testículos	0,15-1
Infertilidade:		
Por 12 a 15 meses		2-3
Por 24 meses	Testículos	4-5
Definitiva		5-6
Infertilidade definitiva	Ovários	3

Embrião e Feto

Efeito	Órgão ou Tecido Irradiado	Limiar de dose em Gy (dose aguda, no máximo em dois dias)
Aborto no período de pré-implantação - 0 a 10 dias (efeito "tudo ou nada")		1
Retardo do crescimento intra-uterino na fase de implantação		0,1

No período de organogênese - 8 a 15 semanas

Efeito	Órgão ou Tecido Irradiado	Limiar de dose em Gy (dose aguda, no máximo em dois dias)
Diminuição média do QI em 30 pontos		1
Modificação do QI normal para retardo mental grave		>1

Radiocarcinogênese

A radiocarcinogênese ou radio-oncogênese estuda os cânceres com etiologia na exposição às radiações ionizantes.

Todo tipo de câncer origina-se de uma divisão celular anormal e acredita-se que as células tumorais descendam de uma forma ancestral que, em determinado momento, perdeu o controle sobre a sua reprodução normal. A transformação maligna

deve-se a mutações em classes específicas de genes. Tem-se demonstrado em animais de experimentação e em populações expostas às radiações ionizantes, aumento na incidência de determinadas neoplasias malignas. A exposição a altas doses de radiação relacionam-se, no entanto, a aumentos "modestos" na incidência de tumores malignos, como no caso dos sobreviventes das explosões atômicas em Hiroshima e Nagasaki.

Os limites de doses ocupacionais estabelecidos visam a impedir qualquer efeito determinístico e tornar a **probabilidade** de um efeito estocástico (como o câncer radioinduzido) a menor possível.

41

Quando comparadas a outros agentes oncogênicos, as radiações ionizantes, em baixas doses (< 100 mSv) são considerados de menor risco relativo.

A incidência estimada de câncer de ocorrência "natural" nos EUA, durante a vida inteira das pessoas, é de cerca de 44%, com uma mortalidade de aproximadamente 22%. De acordo com o relatório de 2000 do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica (UNSCEAR, em inglês), são os seguintes os riscos para o câncer radioinduzido:

- 1) Risco para a vida inteira (todas as idades, tumores sólidos):
 - . 11% para uma dose aguda de corpo inteiro de 1 Sv (correspondente a cerca de 50 mil raios X de tórax).
 - . 5,5% da mesma forma, porém com doses fracionadas ao longo do tempo.
- 2) Risco de 1% para a vida inteira, para todas as idades, com dose aguda de 1 Sv, para leucemias.
 - . O risco seria não linear, isto é, uma redução de 10 vezes na dose diminuiria o risco em 20 vezes.
 - . Os estudos de seguimento de trabalhadores ocupacionalmente expostos a doses dentro dos limites ocupacionais, não têm demonstrado maior incidência de neoplasias malignas ou outras doenças, em relação à população em geral.

Alterações genéticas radioinduzidas

Teoricamente, a irradiação das células germinativas pode produzir mutações nos gametas e, dessa forma, provocar efeitos hereditários adversos.

42 As mutações podem ser provocadas por vários agentes físicos (entre os quais as radiações ionizantes), químicos e biológicos. Em relação à radiocarcinogênese, as radiações ionizantes em baixas doses são, comparativamente, menos efetivas para a produção de alterações nas células germinativas. Os dados de estudos epidemiológicos em populações residentes em áreas com alta radiação natural e em populações irradiadas (Hiroshima, Nagasaki e Chernobyl) indicam que a irradiação aguda com doses moderadas tem um efeito desprezível sobre a saúde das gerações descendentes, uma vez que qualquer efeito possível dilui-se no contexto das alterações genéticas “espontâneas”.

A dose de significância genética (GSD, em inglês) é um índice do impacto genético presumível das mutações induzidas pela radiação em células germinativas. A sensibilidade de uma população para o dano genético radioinduzido pode ser mensurada pela **dose duplicadora**, isto é, aquela necessária em cada geração para duplicar a taxa “espontânea” de mutações. Estima-se, por extrapolação de experimentos animais, que a dose duplicadora em humanos seja cerca de 1 Sv para radiações de baixa Transferência Linear de Energia - TLE ou LET⁸.

8. RADIOPATOLOGIA

Entendemos por Radiopatologia a área da medicina que estuda e trata as lesões e doenças provocadas pela exposição às radiações em geral. Neste manual, abordaremos apenas sucintamente as síndromes aguda e cutânea da radiação, provocadas, em determinadas circunstâncias, pela exposição a radiações ionizantes penetrantes.

(ver também Capítulo 13).

Síndrome aguda da radiação - SAR

A síndrome aguda da radiação (SAR) consiste em uma constelação de manifestações clínicas e laboratoriais decorren-

tes da irradiação externa do corpo, de modo agudo, relativamente homogêneo e acima do limiar de dose para este efeito (em torno de 1 Gy). Há três formas de SAR: hematopoiética ou hematológica (limiar de dose em torno de 1 Gy), gastrointestinal (limiar de dose entre 8-10 Gy) e neuro ou cerebrovascular (limiar de dose acima de 20 Gy).

A SAR apresenta quatro fases evolutivas:

1) **Prodrômica**: geralmente nas primeiras 48 horas pós-irradiação, caracterizada por náuseas, vômitos, anorexia, astenia, cefaleia e, por vezes, diarreia reflexa. Quanto mais elevada for a dose, mais precoce é a aparição das manifestações, a sua intensidade e duração (ver Tabela IX para *estimativa* clínica de faixas de doses). Outros indicadores importantes da gravidade da exposição são o comportamento dos linfócitos no sangue periférico nas primeiras 48 horas pós-exposição (ver Figura XII) e a evolução da curva hematológica (Figura XIII).

2) **Latente**: é um curto período, caracterizado por melhoria ou ausência das manifestações. Quanto maior a dose, mais curta é a duração do período de latência, que em caso de doses muito elevadas pode estar praticamente ausente.

3) **Manifesta ou de estado**: esta fase é caracterizada por imunodepressão, por vezes severa, e manifestações decorrentes de pancitopenia (hemorragias e infecções).

- Na forma gastrointestinal plena, associando-se à depressão medular, há diarreia intratável por desnudamento da mucosa intestinal, com bacteremia, septicemia e óbito.

- A forma neurovascular caracteriza-se por aparecimento precoce, em torno de 30 minutos após a irradiação, de vômitos intensos, logo seguidos de desorientação, falta de coordenação, convulsões e coma. A sua fisiopatologia envolve lesões na microvasculatura do Sistema Nervoso Central (SNC), com edema cerebral, hipertensão intracraniana e extravasamento vascular maciço, com vasoplegia irreversível, choque e óbito em 100% dos casos.

4) **Recuperação ou óbito**.

⁸ A transferência linear de energia (TLE) é uma grandeza utilizada para caracterizar a interação das radiações ionizantes com a matéria. É definida como "a quantidade de energia dissipada por unidade de comprimento da trajetória".

Tabela IX – estimativa de doses em relação ao início de vômitos na fase prodrômica da SAR (adaptado de Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries – Safety Report Series nº 2 – IAEA/WHO, 1998)

Início pós-exposição	Faixa de dose (Gy)	% de incidência de vômitos	Gravidade clínica da SAR
>2 h	1-2	10-50	Leve
1-2 h	2-4	70-90	Moderada
<1 h	4-6	100	Severa
<30 min	6-8	100	Muito severa
<10 min	>8	100	Letal ⁹

44

Figura XII – prognóstico com base no comportamento dos linfócitos no sangue periférico (desenvolvido por GA Andrews)

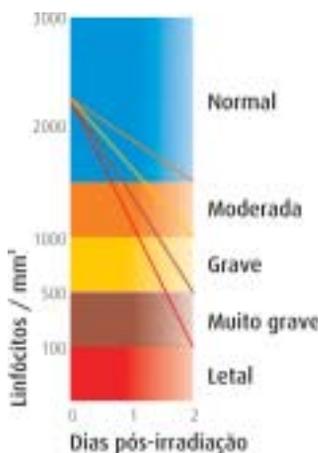
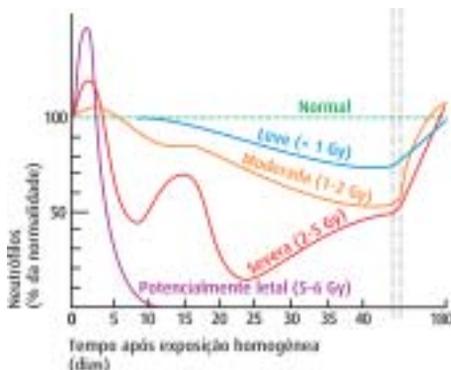


Figura XIII – comportamento dos neutrófilos após exposição de corpo inteiro (European approach for the medical management of mass radiation exposure – EBMT, University of Ulm e IRSN, França)



Diagnóstico

O diagnóstico clínico na fase prodrômica pode basear-se na história ocupacional, se o acidente for desse tipo. No entanto, o nexo entre irradiação e manifestações é muito mais difícil nessa etapa se o indivíduo afetado for do público (como em Goiânia e em outros acidentes provocados pelo extravio de fontes de gamagrafia industrial). Nesse sentido, é indispensável que as autoridades deem ampla divulgação sobre fontes de radiação extraviadas. Ademais, médicos e profissionais de saúde devem ser alertados sobre o fato e sinais e sintomas da fase prodrômica, bem como sobre pacientes que apresentem “queimaduras”, sem que tenha havido história de exposição térmica ou química. Por outro lado, tem-se verificado casos de manifestações provenientes de exposições acidentais em trabalhadores que passaram despercebidos por profissionais de segurança e de proteção radiológica, bem como por médicos, pelo fato de não ser feita a anamnese ocupacional.

Na fase clínica da SAR não existem manifestações patognomônicas do dano provocado pela radiação. No entanto, queda do estado geral, hiperemia conjuntival, lesões da boca e orofaringe, epilação e a associação de lesões localizadas na pele (síndrome cutânea da radiação - SCR), se confrontadas com a história, podem levar à suspeita diagnóstica.

Avaliação

A gravidade de uma SAR pode ser estimada:

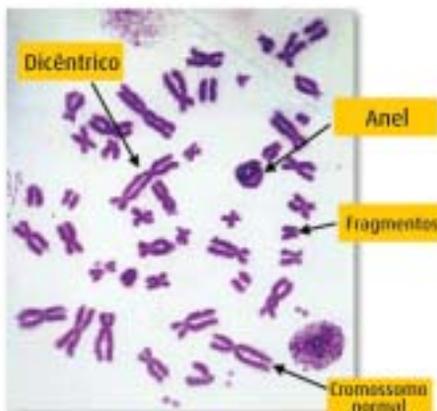
- **Clinicamente:** tipo, momento de ocorrência, intensidade e duração das manifestações prodrômicas; evolução clínica;
- **Laboratorialmente:** curva hematológica (hemogramas completos e contagem de reticulócitos diariamente) e grau de depleção linfocitária, amilase sérica, transaminases, desidrogenase láctica, entre outros parâmetros;
- **Dosimetria:** leitura de dosímetros pessoais (no caso de trabalhadores), reconstrução física do acidente, cálculos matemáticos de doses e dosimetria citogenética.

⁹ É possível, embora improvável, a sobrevivência de pessoas que recebam até 12 Gy, em condições “excelentes” de tratamento.

46

Em casos de doses de corpo inteiro maiores que 0,1 Gy, pode-se calcular a dose por meio da cultura de linfócitos do sangue circulante e a verificação do número de aberrações cromossômicas especificamente induzidas pela radiação (anéis e dicêntricos). A dose é calculada com base em modelos- padrão de amostras irradiadas em laboratório, com doses conhecidas. O exame deverá ser feito precocemente após a irradiação e repetido, preferencialmente, antes de 24 horas decorridos do acidente. Outro método é a verificação de micronúcleos, que embora de realização mais rápida que o estudo de anéis e dicêntricos, é menos sensível (limiar de detecção para doses em torno de 0,5 Gy). Pode ser um método alternativo como triagem, no caso de uma emergência radiológica com muitas vítimas, embora hoje em dia estações de trabalho automatizadas para dosimetria citogenética clássica produzam resultados bem mais rápidos.

Figura XIV – análise cromossômica para dosimetria citogenética (cortesia do Dr. Gordon Livingston, Oak Ridge Institute for Science and Education - ORISE)



Tratamento da SAR

O tratamento na fase prodrômica tem caráter meramente sintomático. De uma maneira geral, o tratamento da SAR e em sua fase manifesta, inclui medidas gerais (cuidados típicos de enfermagem e de internação para imunodeprimido em fase aguda), a profilaxia e combate a infecções e a terapia “hematológica”. Não abordaremos tratamentos experimentais para a forma gastrointestinal ou para irradiações consideradas “supraletais”.

1) Profilaxia e tratamento de infecções e infestações

47

- Emprego de antibióticos não absorvíveis, por via oral, que preservem os anaeróbios (quinolônicos) e de nistatina, se os granulócitos apresentam valores $<1.500/\text{mm}^3$ (procedimento não universalmente aceito).
- Manutenção da acidez gástrica, evitando-se antiácidos e bloqueadores H₂ (uso de sucralfate, se necessário).
- Protocolos específicos para a avaliação de positividade e tratamento de herpes simples (HSV) e para a terapia antibiótica e antifúngica empíricas em caso de febre em pacientes neutropênicos.
- Protocolos específicos para o tratamento de infecções comprovadas e de infestações parasitárias.

2) Terapia “hematológica”

Prevenção e tratamento de hemorragias:

- Concentrado de hemácias para manter a hemoglobina em valor igual ou superior a 10g/dL e sangue total e plasma fresco, conforme necessário, em casos de hemorragias volumosas, para manter as condições hemodinâmicas;
- Concentrado de plaquetas preventivamente, se as plaquetas se situarem abaixo de $20.000/\text{mm}^3$ ou quando houver sangramento com contagem plaquetária inferior a $60.000/\text{mm}^3$;
- Os produtos a serem transfundidos devem ser previamente irradiados com 25 Gy.

Fatores estimulantes de crescimento medular (G-CSF, GM-CSF, “stem cells factor” etc.):

- Administração precoce, de acordo com a evolução do grau de depressão medular, em centros com experiência na avaliação e tratamento de pacientes irradiados.
- A indicação para a administração de fatores de crescimento depende de haver células-tronco residuais (heterogeneidade da exposição e doses de exposição, que devem ser precisamente avaliadas).

Transplante de células hematopoiéticas:

- O transplante de células hematopoiéticas seria uma alternativa para casos de doses com distribuição homogênea e superiores a 8 Gy, porém este procedimento encontra óbices, como a dificuldade de encontrar-se doador compatível em curto espaço de tempo, e a provável associação da forma gastrointestinal na faixa de dose em que é teoricamente indicado. A presença de forma neurovascular é contra-indicação formal para o procedimento;
- Os casos de transplante de células hematopoiéticas, em pacientes irradiados a altas doses acidentalmente, até hoje, mostram resultados decepcionantes.

Síndrome cutânea da radiação – SCR

Entende-se por síndrome cutânea da radiação (SCR) um conjunto de manifestações decorrentes de alterações patológicas na pele e estruturas subjacentes, produzidas pela absorção de doses de radiação ionizante acima de determinados limiares, provenientes de uma fonte situada externamente ao corpo (em Chernobyl e Goiânia houve casos por depósitos na pele de material radioativo).

A SCR é chamada por alguns de “queimadura” radiológica, embora o seu mecanismo fisiopatológico seja completamente distinto das queimaduras térmica e química convencionais. Os autores americanos preferem o termo radiolesão localizada.

A SCR pode ser consequência indesejável da radioterapia, mas neste manual nos limitaremos a casos acidentais, como aqueles causados por exposição a fontes de gamagrafia industrial. Também iremos nos ater apenas à SCR aguda. Casos crônicos podem ser sequelas de uma SCR aguda e são praticamente inexistentes hoje em dia por exposição ocupacional (como em radiologistas logo após a descoberta dos raios-X e nas primeiras décadas do século passado).

Embora as lesões localizadas decorram de doses superiores, comparativamente, ao limiar de dose para o desencadeamento da SAR, esta não se desenvolve nesse tipo de irradiação, uma vez que a massa de medula óssea que é afetada é muito limitada, ao contrário de um acidente com dose de distribuição para o corpo inteiro.

A gravidade da SCR depende da dose absorvida pela pele, e de fatores como a geometria da exposição e da energia da radiação depositada. As diferentes manifestações (eritema, epitelite úmida, necrose etc.) da síndrome têm limiares de dose específicos.

A pele é constituída pela epiderme e seus estratos (basal, espinhoso, granuloso, lúcido e córneo) e pela derme, formada por colágeno, pelos anexos (glândulas sudoríparas e sebáceas e folículos pilosos), pelos vasos e terminações nervosas. De acordo com a geometria da exposição, além da energia da radiação, a dose absorvida pode se restringir às camadas mais superficiais da pele ou haver um depósito de energia em profundidade, o que, em princípio, porém na dependência da dose absorvida, representa pior prognóstico.

São as seguintes as fases evolutivas da SCR:

1) **Inicial:** nessa fase surge um eritema precoce, transitório e de pequena duração, que muitas vezes passa despercebido. Aparece nas primeiras horas decorrentes da irradiação e tem como base fisiopatológica a liberação de histamina e outros peptídeos vasoativos.

2) **Latência:** após o eritema inicial, há um período de silêncio clínico de duração variável: tanto mais curto quanto maior for a dose. Se tomarmos por base, por exemplo, uma dose ao redor de 15 Gy, teremos um período de latência de sete a dez dias, quando então se exteriorizarão as lesões;

AO CONTRÁRIO DA QUEIMADURA TÉRMICA, AS LESÕES DA SCR NÃO APARECEM IMEDIATAMENTE APÓS A EXPOSIÇÃO RADIOATIVA!

50

3) **Clinica ou de estado:** alguns sinais e sintomas poderão surgir, após a latência, em função da dose e consequente gravidade:

- **Eritema secundário**, devido a mecanismos de compensação vascular, para se fazer frente à oclusão de capilares arteriais e venosos;
- **Dor** nos casos mais graves, que poderá ser precoce e muito intensa e de manejo extremamente difícil. Acentua-se durante as crises de vasculite e pode se estender durante as fases de cronificação e exacerbação;
- **Edema**, que no entanto pode surgir já na fase inicial, quando significa mau prognóstico;
- **Flictenas**, indicando epitelite exsudativa e SCR de II grau (Tabela X);
- **Ulcerações e necrose**, sinalizando para SCR de grau III (Tabela X).
- **Tardia:** nos casos de altas doses, mesmo havendo aparente resolução, podem surgir tardiamente (após meses e anos) sinais, sintomas, reagudizações e sequelas.

Tabela X – classificação da SCR

Grau	Manifestação	Limiar de dose (Gy)	Gravidade
I	Eritema inicial	3-5	Pequena
	Epilação temporária	3-7	
	Epilação definitiva	7-10	
	Epitelite seca	10-15	
II	Epitelite exsudativa	15-25	Moderada/Severa
III	Ulceração e necrose	>25	Muito severa /Extremamente severa

Avaliação

Além da avaliação clínica, é indispensável a realização de exames complementares para se estabelecer a gravidade e o

prognóstico da SCR, e se indicar corretamente o tratamento. Para tal, lançamos mãos de fotografias seriadas que servem para comparação das lesões dia a dia, ultrassom, RNM, CT, termografia e estudos angiográficos para se verificar a permeabilidade vascular.

As doses em profundidade cutânea devem ser obrigatoriamente determinadas (isodoses), especialmente em casos de irradiações localizadas a altas doses. O surgimento precoce de flictenas e edema (até 24 – 36 horas após a exposição) indicam sempre exposições elevadas. No entanto, a determinação de doses em casos de acidentes pode ser extremamente difícil ou até mesmo impossível (exposição de mãos, por conta da pouca espessura tissular, e alto grau de incerteza do tempo de exposição à fonte e das geometrias de exposição).

Tratamento

As manifestações inflamatórias, a epitelite exsudativa e as ulcerações superficiais podem requerer tratamento apenas clínico, de natureza conservadora e sintomática. As ulcerações profundas e a necrose requerem sempre tratamento cirúrgico.

Os fenômenos inflamatórios são tratados com anti-inflamatórios não hormonais, porém com eficiência bastante relativa. Enzimas, como a superoxidismutase (SOD), têm sido indicadas na tentativa de reduzir o fenômeno inflamatório e possivelmente acelerar a cicatrização. A infecção secundária, complicação relativamente frequente, exige tratamento com antibioticoterapia local e por vezes sistêmica.

Os analgésicos convencionais, os anti-inflamatórios, os analgésicos de ação central e os sedativos são indicados para reduzir a maioria dos episódios dolorosos das fases iniciais da lesão, porém, na medida em que a intensidade da síndrome dolorosa aumenta, analgésicos mais potentes (meperidina) precisam ser empregados, isoladamente ou em solução com anti-histamínicos (prometazina) e neurolépticos (clorpromazina). Os ansiolíticos, hipnóticos e antidepressivos ajudam acessoriamente no controle da dor.

A pentoxifilina é recomendada, por alguns autores, nos casos em que há a necessidade de melhora da circulação local, contudo com resultados controversos.

A intervenção cirúrgica deve estar baseada na delimitação do dano produzido, para o que são imprescindíveis as curvas de

isodoses. De qualquer modo, a indicação cirúrgica na fase inicial é sempre uma decisão difícil, uma vez que ainda não se podem observar claramente os danos na profundidade tissular.

52 As indicações cirúrgicas iniciais estão quase sempre limitadas ao desbridamento de tecidos desvitalizados, para controle da infecção. No entanto, em caso de doses maciças para as extremidades, pode-se indicar a amputação precoce de membros, como no acidente de Goiânia, no qual uma das vítimas, além de extensa radiolesão no antebraço direito, apresentava também SAR.

Em casos de ulcerações profundas ou necrose, somente a intervenção cirúrgica levará à diminuição da dor. A estratégia cirúrgica comporta técnicas, como o uso de pele artificial, remoção parcial ou total da zona irradiada com cobertura por aproximação, enxertia ou retalho.

Deve-se assinalar a experiência francesa no tratamento de graves radiolesões localizadas, com o que se tem denominado cirurgia por orientação dosimétrica, associada à injeção local de células-tronco mesenquimais obtidas do próprio paciente.

O cálculo das doses na profundidade tissular irá orientar a extensão da exeresse cirúrgica. Esta técnica foi empregada, recentemente, no hospital militar de Percy em associação com o Instituto de Radioproteção e Segurança Nuclear - IRSN, em três pacientes sul-americanos, com aparente sucesso até o momento, apesar das doses extremamente elevadas que receberam, em distintos acidentes de gamagrafia industrial.

Figura XV - SCR de 2º grau por exposição a raios-X de um difratômetro.



Figura XVI - SCR de 3º grau (radionecrose) (crédito: Dr. Alexandre Rodrigues de Oliveira)



53

Figura XVII - estudo de isodoses para cirurgia orientada por dosimetria (gentileza do prof. Patrick Gourmelon, IRSN, França)

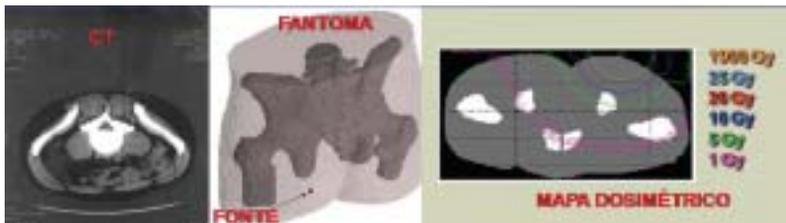


Figura XVIII - flictena e edema de aparecimento precoces (24 horas) em coxa, após irradiação acidental localizada: indicativos de alta dose e de prognóstico muito reservado.



9. CONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA INTERNA – CONCEITOS, DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO

54 Contaminação radiológica

Como já explicitado em “modos de exposição”, a contaminação radiológica consiste na presença indesejável de material radioativo no corpo, provocada por contato inadequado ou acidental com fontes não seladas de radiação ou fontes seladas, mas que perderam a sua integridade. Divide-se em interna e externa.

Vias de contaminação radiológica interna

O material radioativo pode ingressar no organismo por:

- **Via respiratória:** a mais comum, inclusive no âmbito ocupacional;
- **Via gastrointestinal;**
- **Cutânea:** através de ferimentos e, em casos excepcionais, pela pele íntegra, como no caso de radioiodos e do trício elementar, sob a forma de água triciada.

Fases da contaminação radiológica interna

- **Penetração (para alguns, incorporação):** o material radioativo ganha acesso ao organismo através de uma das vias acima.
- **Absorção:** o contaminante vence as barreiras mucosas e ganha a corrente circulatória.

A absorção de um radionuclídeo depende do tamanho das partículas e do seu grau de transportabilidade (solubilidade), relacionado à sua forma química. Para fins de tratamento **IMEDIATO**, é aconselhável considerar que **TODO** material radioativo possui algum grau de transportabilidade.

- **Fixação ou depósito (para alguns, incorporação):** fixação do radionuclídeo no seu órgão-alvo, como a tireóide no caso dos iodos radioativos.
- **Eliminação (para alguns, desincorporação):** eliminação natural ou induzida do radionuclídeo contaminante do organismo.

Diagnóstico e identificação do contaminante

O diagnóstico da contaminação interna depende, por exemplo, da história ocupacional ou dos comemorativos de uma emergência radiológica. A violação de normas de radioproteção ocupacional, como a não utilização de filtros ou máscaras respiratórias em ambientes com a presença de radionuclídeos no ar, fatalmente levará à suspeição de contaminação interna.

Um método simples e útil, tanto no ambiente ocupacional quanto em emergências radiológicas em geral, é a realização de esfregaços, que antes de serem enviados para análise quantitativa devem ser discriminados através de detetores que possam diferenciar emissores alfa, beta ou beta-gama. Contagens altas nas narinas, principalmente se bilaterais e com contagens similares, sugerem contaminação respiratória. Da mesma forma, contagens positivas de feridas, principalmente de compostos solúveis, sugerem contaminação através das mesmas e contagens altas da pele em torno da boca também são sugestivas de contaminação interna.

No caso de acidentes com emissores alfa e beta puros, não é possível quantificar-se rapidamente a contaminação e as primeiras amostras de urina e fezes, tão logo que possíveis de serem obtidas, devem ser enviadas para radioanálise e, se comprovada a contaminação, as amostras restantes de urina e fezes de 24 horas também deverão ser analisadas, até quando for necessário. Não se deve perder de vista que os resultados de radioanálises demoram entre 24-48 horas. De toda forma, na prática, essas avaliações não poderão ser adotadas no **CENÁRIO** de um acidente e sim no **HOSPITAL DESIGNADO** (ver nos capítulos correspondentes).

As contaminações internas com emissores gama podem ser avaliadas através de *contadores de corpo inteiro*, mas o seu valor imediatamente após acidentes é limitado, uma vez que a presença de pequenas contaminações residuais da pele prejudicam ou impedem o exame.

Figura XIX – contadores de corpo inteiro

(crédito: A - topicstock.pantip.com; B - STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority, Finlândia)

56



A



B

Tratamento da contaminação radiológica interna

O risco potencial de uma contaminação interna não reconhecida e não removida é a cancerização, dependente, no entanto, de uma série de fatores, como visto em “modos de exposição”.

Estritamente, a indicação do tratamento depende da confirmação diagnóstica, que apenas é possível, na maioria das vezes, 24 a 48 horas após a suspeita diagnóstica, por meio de radioanálises de excretas. Assim sendo, poderá ser possível que o médico, no ambiente hospitalar, tenha que tomar a decisão de iniciar o tratamento empiricamente, até a confirmação diagnóstica. Tal fato poderá ser justificável, considerando-se que, em determinados casos, a absorção do material radioativo poderá ocorrer muito rapidamente após a penetração no organis-

mo. Outros fatores que deverão ser considerados para o pronto início do tratamento são:

- **Via de penetração** (a absorção pode ser quase imediata em caso de penetração por feridas);
- **Base da suspeita diagnóstica** (história, contagens nasais e de feridas etc.);
- **Radiotoxicidade potencial** (emissores alfa são mais radiotóxicos);
- **Idade do paciente** (maior conservadorismo em casos de pacientes idosos);
- **Toxicidade medicamentosa.**

57

Tratamento inespecífico da contaminação interna

São medidas gerais que visam a impedir ou minimizar a absorção, que, no entanto, têm pouca praticidade ante uma emergência radiológica, principalmente quando não se conhecem a forma química do radionuclídeo contaminante, o tempo exato da exposição interna e outras variáveis. Podem incluir:

- **Alcalinização gástrica:** este procedimento pode resultar na formação de hidróxidos relativamente insolúveis em casos de contaminações por cobre, ferro ou plutônio. Em alguns casos, a alcalinização poderá favorecer a absorção;
- **Lavagem gástrica:** pode ser contemplada se a contaminação for por ingestão e recente (até uma hora), levando-se em conta as contraindicações clássicas, como a ingestão de corrosivo
- **Catárticos ou laxativos** (sulfato de magnésio, cáscara etc.): visam a acelerar o trânsito intestinal, porém têm limitado valor prático, sobretudo quando da prestação do atendimento inicial, devendo-se ainda considerar as contraindicações e os efeitos colaterais possíveis, como hipocalcemia em caso de uso prolongado;
- **Lavagens gástrica e intestinal:** deve-se ter os mesmos cuidados com estes procedimentos, como na toxicologia em geral. Possuem limitado potencial na radiotoxicologia.

Modalidades específicas de tratamento da contaminação radiológica interna

58

- **Bloqueio:** através de agentes bloqueadores, isto é, substâncias químicas que saturam com um isótopo não radioativo o órgão-alvo, reduz-se o depósito do radionuclídeo. Um exemplo clássico é a utilização de iodo não radioativo sob a forma de iodeto de potássio, em casos de contaminação com iodos radioativos. Para ser eficaz, a administração de iodo estável após a contaminação com radioiodos deve ocorrer até, no máximo, duas horas após a penetração do material radioativo.

ATENÇÃO: O IODETO DE POTÁSSIO NÃO É UM ANTÍDOTO UNIVERSAL CONTRA A CONTAMINAÇÃO COM MATERIAL RADIOATIVO. PODE SER INDICADO EXCLUSIVAMENTE EM CASOS DE CONTAMINAÇÕES COM IODOS RADIOATIVOS!

- **Diluição isotópica:** é o emprego de grandes quantidades do isótopo estável do radionuclídeo, de modo que estatisticamente a oportunidade de incorporação diminua. Um exemplo é a hidratação, por via oral ou parenteral, em contaminação com trício.

- **Substituição:** emprega-se elemento não radioativo de número atômico diferente do radiocontaminante, em razão de possuírem a mesma preferência metabólica. Exemplo: uso do cálcio estável para competir com o radioestrôncio.

- **Quelação:** baseia-se no emprego de compostos orgânicos que se ligam a íons metálicos, formando compostos de coordenação ou quelatos metálicos, através da doação de elétrons ao metal. Dessa forma, mascaram as propriedades do metal, permitindo a sua excreção urinária. Um exemplo é o uso do ácido diétilenotriaminopentacético (**DTPA**) em contaminações com ^{239}Pu , ^{241}Am etc.

- **Troca iônica:** são substâncias que funcionam como resinas trocadoras de íons. O exemplo clássico é o azul da Prússia (ferrocianeto férrico), amplamente empregado no acidente radiológico de Goiânia para eliminação do céscio 137.

Modalidades especiais de tratamento na contaminação radiológica interna

Poderiam incluir a filtração e a diálise, além da lavagem broncopulmonar (LBP), porém não há experiência clínica com as duas primeiras ou casos em que tenha havido racionalidade para empregá-las.

A indicação para LBP limita-se a casos com altas cargas corporais de material radioativo insolúvel (retido, por exemplo, nos pulmões), especialmente em pacientes jovens. A indicação de LBP não é uma medida de urgência e dependerá sempre de uma rigorosa avaliação clínica e dosimétrica.

59

Tabela XI – tratamento da contaminação interna por radionuclídeos de mais interesse.

Radionuclídeo contaminante	Tipo de emissão	Órgão-alvo	Tratamento
Americio-241	α, γ	Esqueleto	Ca-DTPA Zn-DTPA
Césio-137	β, γ	Corpo inteiro	Azul da Prússia
Iodo-131, 132, 134, 135	β, γ	Tiróide	KI (iodeto de potássio)
Plutônio-239, 238	α, γ	Esqueleto	Ca-DTPA Zn-DTPA
Polônio-210	α	Pulmão	Dimercaprol (BAL)
Estrôncio-89, 90	γ	Esqueleto	Gel fosfato de alumínio
Trício (^3H)	β	Corpo inteiro	Hidratação
Plutônio-239, 238	α, γ	Esqueleto	Ca-DTPA Zn-DTPA

10. CONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA EXTERNA – CONCEITOS, DETEÇÃO E DESCONTAMINAÇÃO

60 Contaminação radiológica

Como já explicitado em “modos de exposição”, a contaminação radiológica consiste na presença indesejável de material radioativo no corpo, provocada por contato inadequado ou acidental com fontes não seladas de radiação ou fontes seladas, mas que perderam a sua integridade. Divide-se em interna (**ver Capítulo 9**) e externa.

A contaminação radiológica externa pode variar desde formas leves, facilmente solucionadas, até problemas com grande potencial evolutivo, com possibilidade de chegar a situações graves, quando existir uma solução de continuidade na pele, como ferimentos e afecções dermatológicas (psoríase, eczemas etc.).

Deteção da contaminação radiológica externa

Pode-se suspeitar de contaminação externa no âmbito ocupacional quando houver história de possível contato, sem proteção adequada, com material radioativo presente em fontes externas abertas ou no ar ambiente. Em instalações radioativas ou nucleares relevantes, há normalmente detetores portais que alertarão, nessas eventualidades, sobre possível contaminação externa, a qual poderá estar restrita à roupa do trabalhador.

A contaminação radiológica externa poderá também acontecer em acidentes de transporte de fontes radioativas, embora as normas que regulamentam a matéria sejam bastante rigorosas no tocante à resistência das embalagens dessas fontes, de acordo com a atividade do material e a sua respectiva classe de transporte. A observação de embalagens rotas, com o símbolo da radiação, poderá levantar a suspeita de contaminação ambiental e de pessoas.

Outra possibilidade para a ocorrência de contaminação externa, e também interna, é a ação terrorista ou criminosa com material radioativa (**ver Capítulo 15**).

A **confirmação** e a quantificação da contaminação externa somente poderão ser feitas por meio de métodos instrumentais de detecção, empregados por pessoal qualificado.

Observações relevantes

61

A ESTABILIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE UM ACIDENTADO, COM SUSPEITA OU CONFIRMAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA (EXTERNA OU INTERNA), É ABSOLUTAMENTE PRIORITÁRIA EM RELAÇÃO A QUALQUER TENTATIVA DE DETECÇÃO OU MANOBRAS DE DESCONTAMINAÇÃO!

O RISCO "RADIOLÓGICO" ASSOCIADO AO ATENDIMENTO DE VÍTIMA COM CONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA É PROPORCIONALMENTE IGUAL OU MENOR QUE OS RISCOS BIOLÓGICOS EXISTENTES NA PRÁTICA MÉDICA CONVENCIONAL E HISTORICAMENTE OS NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO EXTERNA PRATICAMENTE NUNCA IMPLICARAM EM RISCOS PARA O PESSOAL ENVOLVIDO NO ATENDIMENTO! NO ENTANTO, É SEMPRE PRUDENTE E CORRETO REPORTAR-SE A PROFISSIONAIS DE RADIOPROTEÇÃO E SEGUIR AS SUAS ORIENTAÇÕES.

Descontaminação

A descontaminação externa no cenário é quase sempre impraticável e não recomendada. A retirada da roupa de um contaminado, usualmente, remove cerca de 90% da contaminação externa porventura existente. Essa simples manobra deverá ser feita no cenário, a não ser que o acidentado esteja em condição absolutamente crítica, necessitando de estabilização e transporte imediatos para o hospital designado.

Em casos de emergências radiológicas com muitas vítimas, como pode acontecer em atos terroristas, o plano de resposta deverá contemplar locais de descontaminação de vítimas

sem injúrias ou condições traumáticas mínimas, antes do ingresso hospitalar.

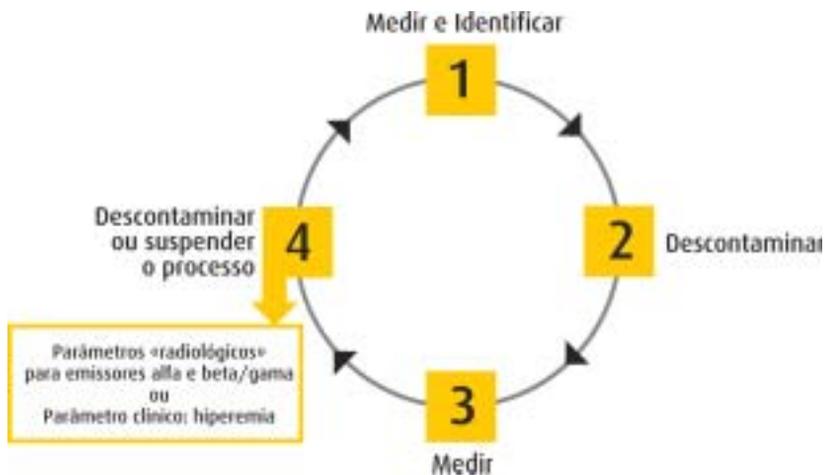
A descontaminação externa requer a assistência de especialistas em radioproteção e ambiente adequado, de modo a se evitar a disseminação da contaminação para o ambiente, equipamentos e instrumentos e para o pessoal assistente.

62 A descontaminação externa visa a retirar da pele a maior quantidade possível de radionuclídeos, através de procedimentos diversos, iniciando-se sempre pelos mais simples e só se lançando mão dos mais complexos, caso as medidas iniciais se mostrem ineficazes.

Ciclo da descontaminação

A figura a seguir ilustra o "ciclo da descontaminação, aplicável a todos os processos de descontaminação.

Figura XX - o ciclo da descontaminação



Prioridade para a descontaminação

A prioridade para a descontaminação externa segue a seguinte ordem: feridas, olhos, nariz, ouvidos e pele íntegra.

No caso de feridas contaminadas, haverá a presunção de contaminação interna concomitante, e o médico deverá avaliar a necessidade de iniciar tratamento específico para a contaminação interna.

Descontaminação da pele íntegra

63

A descontaminação básica deverá ser feita apenas com água corrente morna e sabão neutro, em lavagens sucessivas, acompanhadas de monitoração da área sob tratamento. Caso haja persistência da contaminação, pode-se usar uma escova de pelos macios, tomando-se cuidado para não provocar escoriações na pele. Se, apesar das lavagens repetidas, ainda houver contaminação, estaremos diante de uma contaminação persistente, e neste caso, sob orientação de profissionais de radioproteção, poder-se-ão usar topicamente produtos como DTPA, permanganato de potássio e hipoclorito de sódio.

Descontaminação da pele envolvendo grande superfície corporal

Submeter o acidentado a lavagem corporal, em chuveiro, com água morna e sabão neutro, fazendo movimentos de cima para baixo, excluindo a lavagem da cabeça que será feita em separado, e que deve ser protegida por uma touca. Caso o paciente não possa manter-se de pé, deve-se usar maca para descontaminação (com retenção do líquido de descontaminação). Monitorar em seguida e, caso haja contaminação persistente, avaliar a melhor conduta a ser indicada.

Descontaminação dos olhos

Lavar abundantemente com água ou soro fisiológico, evitando-se espalhar a contaminação para os cabelos e face. O uso de colírio anestésico é, em princípio, contraindicado por provocar vasodilatação e favorecer a absorção do contaminante.

Descontaminação das narinas

Em primeiro lugar, devem ser recolhidas amostras para contagem imediata e radioanálises posteriores (esfregaços) e, a seguir, proceder-se-á à lavagem com soro fisiológico através de instalações e uso de cotonetes, evitando-se introduzir a contaminação mais profundamente nas vias aéreas superiores.

Contagens altas nas narinas, sobretudo se bilaterais e com valores similares, fazem suspeitar de contaminação interna.

64

Descontaminação da boca

Gargarejos com água, fazendo com que o acidentado não degluta. Esta manobra deverá ser feita com o paciente sentado ou em pé e com a cabeça inclinada para frente e para baixo.

Descontaminação da face

Recolher, inicialmente, amostras para análises através de papel-filtro ou cotonete. A seguir, fazer a limpeza da região com compressas úmidas com água morna ou soro fisiológico e sabão neutro, cuidando-se para não haver espalhamento da contaminação.

Descontaminação do couro cabeludo

A descontaminação do couro cabeludo deverá ser feita com o paciente sentado, com a cabeça bem inclinada para trás, e a face e o tronco deverão ser protegidos com capas de plástico. Os condutos auditivos externos deverão ser protegidos com algodão hidrófobo. A lavagem deverá ser feita com água morna e sabão neutro. A tricotomia só será necessária em caso de contaminação residual.

Descontaminação da orelha externa

Usar cotonetes embebidos em soro fisiológico.

Procedimentos finais de descontaminação

Se, após todas as medidas acima descritas, permanecer uma contaminação fixa residual na pele, o local deve ser protegido, especialmente com vistas a se evitar a disseminação da contaminação, inclusive para eventual solução de continuidade

da superfície cutânea, proximamente situada, o que é feito pela aplicação de uma solução de lanolina. Em seguida, proceder a curativo oclusivo, com material plástico, a ser mantido sob controle, acompanhado de monitoração, até a sua retirada.

Desbridamento cirúrgico

O desbridamento cirúrgico, se indicado, será realizado de forma idêntica à de qualquer ferida convencional, acrescentando-se, entretanto, o devido controle radiológico, em articulação com os especialistas em radioproteção. Qualquer excisão mais extensa deverá ser judiciosa, levando-se em conta o comportamento do radionuclídeo no organismo, razão pela qual será necessária a identificação do elemento contaminante.

65

Destinação de rejeitos da descontaminação

Todo material (compressas, gazes, instrumental etc.) utilizado em processos de descontaminação deve ser devidamente acondicionado em recipientes de plástico para análises radiométricas e radioanalíticas e destinação recomendada pelos profissionais de radioproteção.

A água de descontaminação deverá ser idealmente retida em tambores especiais para ulterior decisão sobre o seu destino. Há centros especializados na assistência de radioacidentados que possuem tanque de contenção e decaimento, porém se esta facilidade não existir, poder-se-á usualmente liberar a água usada para o sistema geral de esgotamento sanitário, uma vez que a atividade radioativa existente é quase sempre muito baixa, estando na mais das vezes abaixo de valores de práticas de Medicina Nuclear, além de sofrer diluição importante até chegar ao seu destino final. ***No entanto, aspectos legais devem ser observados e é indispensável o parecer de especialistas em radioproteção.***

11. PLANEJAMENTO DA RESPOSTA MÉDICA EM EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS

66

A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) recomenda em "*Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas - Actualización del documento IAEA-TECDOC-953/S, Septiembre de 2009*", que a resposta médica-hospitalar frente a uma emergência radiológica esteja incluída em um **PLANO NACIONAL DE EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS**, por sua vez, subordinado a um **PLANO NACIONAL DE EMERGÊNCIAS PARA TODOS OS RISCOS**.

Neste manual, abordaremos tão somente os níveis de resposta médica, entendendo-se como tal todas as ações de saúde, em todos os níveis de intervenção, para se fazer frente a uma emergência radiológica. Estas ações são correspondentes a executores especificamente da área da saúde, bem como outros (Defesa Civil, bombeiros, policiais, socorristas em geral, Forças Armadas etc.).

É relevante alertar que nenhuma instituição isoladamente terá todos os recursos para responder a uma emergência radiológica de grande porte, sendo uma intervenção, em casos dessa natureza, obrigatoriamente multi-institucional e multidisciplinar. É evidente que em emergências radiológicas significativas, face à participação de diferentes atores, deverá haver uma **COORDENAÇÃO** formal da resposta, de acordo com um plano previamente estabelecido.

Frente a emergências radiológicas, impõe-se uma pronta e eficiente resposta, capaz de mitigar todos os possíveis impactos decorrentes (como médicos, psicossociais, ambientais, econômicos e financeiros) e de modo a restabelecer prontamente a vida social.

Respalda-se a integração do plano de resposta médica ao plano geral de ação pelo fato de que o componente médico da intervenção não pode situar-se fora do contexto geral. Este preceito é consagrado nos planos de resposta a outras emergências, sejam desastres naturais ou ocorrências tecnológicas. Contudo, a resposta médica a emergências radiológicas apresenta

algumas particularidades em razão da baixa incidência de eventos desse tipo, a inespecificidade das lesões radioinduzidas e, em alguns casos, a complexidade das tecnologias médicas necessárias para o tratamento de radioacidentados.

Requisitos para a elaboração de planos e procedimentos para a resposta médica em emergências radiológicas

67

1) Identificação de riscos radiológicos e postulação de emergências (localização de fontes perigosas, ameaças criminosas ou terroristas e possíveis consequências).

2) Estabelecimento das organizações integrantes do **SISTEMA** de resposta, com especificação de seus papéis e clara definição da **COORDENAÇÃO** da resposta integrada.

Planificação de ações para a intervenção médica

1) Desenvolvimento pelas organizações de saúde (e outras integrantes da resposta “médica”: Defesa Civil, bombeiros, polícia etc.) de procedimentos, integrados ao plano geral de ação, claros, precisos e detalhados para a triagem, avaliação médica e “radiológica” de vítimas, remoção e intervenções médicas oportunas de caráter geral e específico (descontaminação radiológica interna ou externa, tratamento da SAR e da SCR, por exemplo). Estabelecimento das organizações integrantes do **SISTEMA** de resposta, com especificação de seus papéis e clara definição da **COORDENAÇÃO** da resposta integrada.

2) Desenvolvimento de critérios, procedimentos e responsabilidades para a comunicação com o público (**ver Capítulo 17**) e para se lidar com o impacto psicológico em respondedores, vítimas e no público em geral.

3) Desenvolvimento de procedimentos em caso de existir cadáveres contaminados com material radioativo.

Hierarquização da resposta médica em emergências radiológicas

Com base nos pressupostos anteriores, a exemplo da resposta médica frente a outros tipos de emergências, há três níveis de intervenção, que serão sucintamente discutidos.

1) Atendimento pré-hospitalar

68 Corresponde à assistência no cenário. Embora o cenário possa ser em uma instalação radioativa ou nuclear, e os primeiros respondedores nessa eventualidade ser integrantes do serviço médico-ocupacional, brigadistas de incêndio, pessoal de segurança do trabalho e de radioproteção, este manual está mais direcionado para as emergências radiológicas externas ou até mesmo ações terroristas ou criminosas com material radioativo.

Certamente, em cenários externos, policiais, socorristas, paramédicos, pessoal de bombeiros e de Defesa Civil, de acordo com a estrutura de atendimento geral a emergências do estado ou município, estarão, em maior ou menor escala, envolvidos como primeiros respondedores. Nesse sentido, as instituições desses profissionais deverão ser integrantes do plano de resposta, e os mesmos devidamente capacitados, inclusive por meio de **simulações** periódicas.

2) Hospital designado

O hospital designado é representado por estrutura hospitalar, **formalmente inserida no plano de resposta a emergências radiológicas**, para o qual, se necessário, serão removidos pacientes já atendidos e estabilizados no cenário. São pacientes que demandam atendimento médico-cirúrgico (fraturas, traumatismos torácico, crânio-encefálico ou abdominal, queimaduras etc.), mas que também **podem** ter contaminações radiológicas. Há necessidade de interação técnico-administrativa entre os dois primeiros níveis de assistência, devendo o “hospital designado” ser um hospital geral, mesmo que de médio porte, com locais apropriados para o atendimento a contaminados e pessoal habilitado também nos aspectos próprios da assistência médico-hospitalar a radioacidentados. Quando o “hospital designado” é representativo de uma estrutura de atendimento médico de uma instalação radioativa ou nuclear, ele é por vezes cunhado de **“hospital local designado”**.

O hospital designado deve ter condições para a monitoração de possíveis contaminações radiológicas e consequentes processos de descontaminação e estoque de medicamentos básicos para fazer frente a contaminações internas (KI, DTPA e Azul da Prússia, pelo menos).

É evidente que os hospitais designados devem estar inseridos oficialmente nos planos de resposta e possuir procedimentos para o tratamento de vítimas com lesões combinadas (associação de lesões convencionais, como traumatismos e queimaduras térmicas ou químicas e exposição radioativa), bem como para o preparo de áreas para cuidados com contaminados com material radioativo, além de pessoal capacitado nos aspectos próprios da assistência médico-hospitalar a radioacidentados.

69

3) Centro terciário (de referência)

Diz respeito a centros de apoio altamente especializados para o atendimento *eletivo* de graves lesões radioinduzidas. Sendo um centro de referência, poderá estar distante da instalação radioativa ou nuclear, ou do local da emergência radiológica, até mesmo em outro país (cooperação internacional). Além de todas as facilidades, em termos de recursos humanos do hospital designado, um centro desse porte deverá ter condições excelentes para o atendimento a irradiados que apresentem SAR grave ou SCR. Há necessidade de especialistas em Hematologia, Cirurgia Plástica e Reparadora, Microcirurgia e Cirurgia Vascular, Dosimetria Clínica, e até mesmo recursos para o uso de células-tronco mesenquimais etc. Depreende-se que nesses centros de referência poderão também ser tratados pacientes com síndrome da lesão combinada grave.

12. AÇÕES PRIORITÁRIAS NO CENÁRIO

(ver também Anexo IV)

Há regras fundamentais para as ações iniciais em um cenário em que se suspeite da presença de material radioativo:

1) Respeito a procedimentos de radioproteção, previamente estabelecidos e direcionados ao pessoal envolvido na resposta (tempo, distância, blindagem – este último pouco viável – uso

de EPI, principalmente indumentária de proteção contra a contaminação);

2) Triage das vítimas, de acordo com critérios **MÉDICOS e não RADIOLÓGICOS**, visando à estabilização daqueles com risco de morte por lesões convencionais;

3) Remoção, sempre que possível, de vítimas próximas a fontes de radiação, para local “seguro”, para início ou continuidade da estabilização médica;

70

4) Retirada da roupa de pessoas suspeitas de contaminação radiológica (é improvável a possibilidade de executar, no cenário, outro tipo de procedimento de descontaminação);

5) Proteção de partes do corpo ou de feridas suspeitas de contaminação radiológica;

6) Caso não seja possível, confirmar a presença de contaminação radiológica, assumir que o paciente apresenta esta condição e agir de acordo;

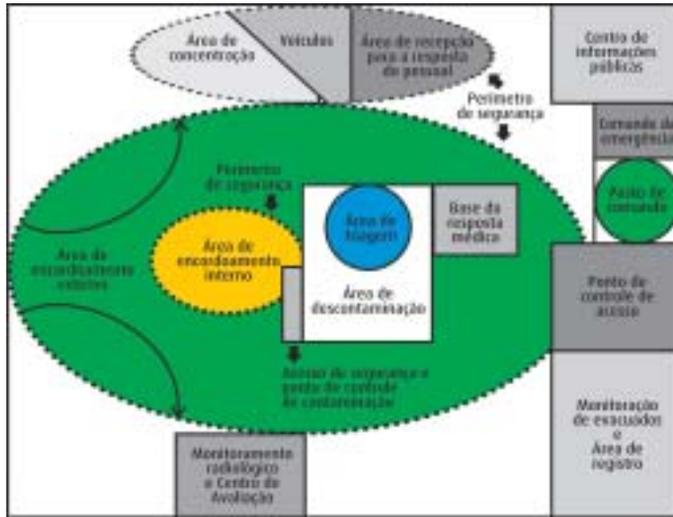
7) Comunicação com o hospital local (integrante do plano de resposta em emergências radiológicas) e remoção de vítimas em ambulância preferencialmente protegida contra a contaminação;

8) Os atores no cenário devem estar capacitados para:

- Suspeitar da natureza radiológica da emergência (símbolo internacional da radiação ionizante, documentos de transporte, avisos de autoridades sobre atos criminosos ou terroristas com material radioativo, detetores de radiação, dosímetros de alarme etc.);
- Atuar estritamente de acordo com os planos de emergência radiológica;
- Reconhecer a existência no cenário de fontes “perigosas”¹⁰, como as de gamagrafia industrial, e adotar as medidas de radioproteção necessárias.

¹⁰ Uma fonte de radiação é considerada “perigosa” se, fora de controle administrativo ou operacional, possa produzir exposições capazes de causar efeitos determinísticos graves (AIEA - “*Categorization of radioactive sources*”, TECDOC-1344 e RS-G-1.9, de 2003 e 2005).

Figura XXI – exemplo de áreas de ação em emergências radiológicas significativas (AIEA)



71

13. AÇÕES PRIORITÁRIAS NO HOSPITAL

(ver também Anexos II e IV)

Uma vez que as vítimas de uma emergência radiológica são recepcionadas em local especialmente preparado do hospital designado, de acordo com procedimentos previamente estabelecidos, as seguintes medidas devem ser adotadas sequencialmente:

1) Avaliação ou reavaliação médica e priorização do atendimento para os casos de maior gravidade médico-cirúrgica, inclusive com encaminhamento imediato a exames de imagem e outros e ao centro cirúrgico, mesmo no caso de haver contaminação radiológica;

Sempre que possível, deverá haver assessoria de técnicos de radioproteção, inclusive na sala de cirurgia;

2) Encaminhamento para outros setores hospitalares de pacientes que apresentem condições convencionais, mas que

não possuam contaminação radiológica ou que apresentem associadamente apenas exposição externa;

3) Após a estabilização médica das vítimas, efetuar a descontaminação radiológica externa e/ou interna (ver capítulos correspondentes);

4) Avaliar casos de possível exposição de corpo inteiro ou localizada, tendo em vista o potencial evolutivo (SAR e SCR).

72 5) Uma vez encerrado o atendimento, todos os profissionais deverão ser avaliados por técnicos de radioproteção para a verificação de contaminação radiológica.

6) O mesmo se aplica às instalações utilizadas, ao material, equipamentos e veículos.

14. MANEJO DE CADÁVERES CONTAMINADOS COM MATERIAL RADIOATIVO

Em geral, as técnicas, princípios e fundamentos de radioproteção aplicam-se também, e igualmente, no caso de haver necessidade de manipulação ou procedimentos em cadáveres com contaminação radiológica.

Embora seja raro o caso em que um cadáver contenha expressiva quantidade de material radioativo, tal situação já ocorreu no Brasil por ocasião do acidente radiológico de Goiânia, em 1987. Além disso, deve-se considerar hoje em dia a possibilidade de atos terroristas ou criminosos empregando-se material radioativo, o que poderia provocar, na dependência da magnitude e do tipo da ação, um número relativamente elevado de vítimas fatais com contaminação radiológica. Outra possibilidade é o óbito de pacientes submetidos a implantes terapêuticos com fontes radioativas.

Do ponto de vista da proteção radiológica, o manejo seguro de cadáveres contaminados com material radioativo tem como objetivos primordiais evitar-se a contaminação de familiares, profissionais e do público em geral e considerar-se apropriadamente, entre outras, as inerentes questões médico-legais, reli-

gias e culturais. Vale lembrar que cadáveres de pessoas que tenham sido somente expostas externamente às radiações ionizantes não apresentam risco radiológico e podem ser manipulados convencionalmente de acordo com as normas de biossegurança.

Regras básicas

As seguintes regras são princípios fundamentais em caso de cadáveres contaminados com material radioativo:

73

1) No caso de vítima fatal¹¹, havendo contaminação radiológica (ou suspeita de), o corpo não deve ser transportado do cenário do evento para o hospital; deve-se obter orientações de legistas, pessoal de radioproteção e de autoridades policiais sobre como agir (quando, como e para onde transportar o corpo);

2) As equipes de monitoração e quaisquer outras não devem deslocar ou alterar a posição de corpos sem autorização expressa da autoridade competente (preservação de evidências);

3) Após a competente autorização e antes da remoção, cada cadáver deverá ser monitorado:

Em geral, se a contagem for maior que três vezes a da radiação natural da região (não a do cenário, que por si só poderá ser elevada em função da presença de material radioativo em corpos e no ambiente), deverá ser colocado um aviso com o símbolo da radiação ionizante externamente no saco de remoção, bem como outro idêntico internamente.

Morgue de campo

Em eventos de grandes proporções, poderá ser necessário estabelecer-se uma morgue de campo. Para tal:

- Escolher uma área de baixa taxa de dose;
- Os especialistas de radioproteção deverão estabelecer perímetros de processamento “limpo” ou “frio” e “contaminado” ou “quente”;

¹¹ Regra válida para quaisquer casos, independentemente do tipo de evento.

Uma sugestão para o primeiro é uma contagem \leq 2-3 vezes a radiação natural e para o segundo \geq 2-3 vezes a radiação natural;

- Deve-se dispor de uma câmara de refrigeração situada a cerca de 10 metros dos perímetros mencionados;

Cadáveres com contagens superiores a 1 mSv/h devem ser mantidos sob refrigeração, até que se decida o que fazer.

74

Procedimentos básicos na morgue

Uma equipe básica e clássica para exame médico-legal em um morgue de campo consiste de dois médicos legistas, um fotógrafo e um escriturário. O corpo deve ser examinado e, a seguir, cuidadosamente remover e acondicionar toda a roupa e pertences da vítima, documentando-se e fotografando-se cada etapa.

A utilização de dosímetros pessoais poderá ser indicada pelos especialistas de radioproteção, que decidirão sobre a necessidade de acompanhar os trabalhos (monitoração e proteção radiológica do ambiente). Normalmente, as medidas clássicas de biossegurança serão suficientes para a proteção contra a contaminação radiológica (indumentária de proteção, incluindo aventais de plástico, duplo par de luvas, óculos de segurança etc.). O acondicionamento e a remoção da roupa das vítimas, de acordo com as técnicas de radioproteção, por si só diminuem significativamente a exposição radioativa e o risco de contaminação radiológica.

A roupa removida e acondicionada deverá ser identificada como "radioativa" se a sua monitoração indicar uma contagem maior que 300 cpm (aproximadamente $1\mu\text{Sv/h}$), utilizando-se um detetor tipo "pancake" a cerca de 5 cm.

Uma vez liberados pela equipe da morgue, os corpos poderão ser levados para uma área de descontaminação. Preferencialmente, a água de descontaminação deverá ser coletada e considerada como resíduo de baixa atividade. Qualquer estilhaço radioativo (possibilidade em atos terroristas) deverá ser removido do corpo e realizar-se, então, uma monitoração final. Mesmo assim, a liberação do corpo para sepultamento dependerá ainda do parecer de um profissional de radioproteção.

Deve-se fixar uma etiqueta no corpo contendo ao menos a data da medida, a taxa de dose, a distância em que o monitoramento foi feito e o tipo de detetor usado.

Necropsias em cadáveres contaminados com material radioativo

Deve-se evitar a necropsia de cadáveres contaminados com material radioativo, embora este procedimento possa ser necessário por razões médico-legais. Neste caso:

- Há a necessidade absoluta de planejamento, orientação e supervisão de especialistas em radioproteção;
- É possível, em muitos casos, adiar-se a necropsia, mantendo-se o corpo sob refrigeração, para que ocorra o decaimento do radionuclídeo contaminante.

75

Embalsamento e traslado

O embalsamento é indicado em casos de velórios com mais de vinte e quatro horas de duração e é necessário se o corpo for trasladado por via aérea, em âmbito nacional ou internacional. No entanto, um procedimento de embalsamento poderá demorar, chegando até a quatro horas no caso da tanatopraxia (técnica de preparação de corpos com o propósito de conferir-lhes uma aparência "natural"). Assim sendo, em casos de corpos de vítimas de emergências radiológicas, especialistas em radioproteção deverão sempre ser consultados a respeito da conveniência desses procedimentos e sobre os cuidados que deverão ser adotados para se evitar exposições indesejáveis e a contaminação pessoal e ambiental.

O traslado de corpos nas condições descritas deverá ser feito em contêineres selados, com o exterior identificado de acordo com os regulamentos vigentes para o transporte de material radioativo.

Cremação

Corpos com contaminação radiológica interna não deverão ser cremados. No caso de óbito de paciente com implantes terapêuticos, estes deverão ser removidos anteriormente à cremação.

Velório

Uma vez que o corpo esteja descontaminado ou que as taxas de exposição sejam baixas, após autorização dos especialistas de radioproteção, o velório poderá ocorrer normalmente, porém os familiares, parentes, religiosos e outras pessoas eventualmente presentes à cerimônia deverão ser adequadamente informados sobre os “riscos” radiológicos. Poder-se-ão utilizar os fundamentos de tempo, distância e blindagem para se minimizar a exposição radioativa.

76

Sepultamento

Seguidos os procedimentos descritos, o risco ambiental decorrente do sepultamento de um corpo de vítima de emergência radiológica e que tenha apresentado contaminação é mínimo. Entretanto:

- Caixões de madeira não são selados contra a ação dos diferentes elementos;
- Um caixão de metal deverá ser usado;
- Em casos excepcionais, poderá ser necessária a forração do caixão com um lençol de chumbo.

15. TERRORISMO E ATOS CRIMINOSOS COM MATERIAL RADIOATIVO

O termo “terrorismo” apareceu pela primeira vez em 1798, em um Suplemento do Dicionário da Academia Francesa. Referia-se então ao medo que as pessoas tinham, por ocasião da Revolução Francesa, de serem delatadas por crimes de opinião (verdadeiramente expressos ou não) e sofrerem consequências, como a morte por decapitação.

A definição de “terrorismo” é difícil por causa das complexas interfaces políticas, sociais, culturais, antropológicas e religiosas que se encontram presentes em tema de evidente complexidade. No entanto, o Dicionário Aurélio define “terrorismo” como qualquer ***modo de coagir, ameaçar ou influenciar outras***

peças ou de impor-lhes a vontade pelo uso sistemático da força.

Os primeiros atos terroristas, com as características que hoje conhecemos, apareceram em 1912, quando um grupo de macedônios, hostis à Turquia, começou a colocar bombas em trens internacionais. Por essa época, os dicionários ainda traziam uma singela explicação para o termo terrorista: “pessoa que espalha boatos assustadores; que prediz catástrofes ou acontecimentos funestos; pessimista”. Infelizmente, atualmente, o significado de “terrorismo” tem também conotação diversa, com chocantes exemplos de ações violentas contra pessoas indefesas de diferentes etnias, religiões e grupamentos sociais.

Segundo Gerald Holton, em *“Reflections on modern terrorism”*, o terrorismo como hoje é entendido e percebido, pode ser dividido em:

Tipo I – atos praticados por indivíduos ou pequenos grupos com o propósito de impor o terror a outros indivíduos ou grupos, e assim indiretamente a seus governos;

Tipo II – imposições por governos a populações locais ou estrangeiras;

Tipo III – abrange grupo de indivíduos substancialmente maior, visando uma população nacional e possuindo “componentes” facilitadores para o sucesso, como conhecimento científico e tecnológico.

Atualmente, é grande e justificável a preocupação com o terrorismo químico, biológico e radionuclear, associado ou não ao uso de materiais explosivos e que recebe o acrônimo ***CBRNe (chemical, biological, radionuclear – explosives)*** em inglês.

Como exemplo de terrorismo químico, em 20/03/1995, membros da seita Aum Shinrikyo liberaram um gás mortal (sarin) em cinco estações do metrô de Tóquio, durante a hora de maior movimento pela manhã, causando 5.510 vítimas e doze mortes. Após julgamento e condenação à pena capital, o líder dessa seita foi executado no início de 2010.

Um exemplo de terrorismo biológico foi o episódio conhecido como *“amerithrax”*, que começou em 18/09/2001 com o envio de cartas contendo esporos de antraz para jornalistas e dois senadores americanos. Em consequência, cinco pessoas morreram e dezessete outras foram infectadas. Bruce Edwards Ivins, cientista que trabalhou em laboratórios de biodefesa dos

EUA, foi identificado como o autor dos atentados. Em julho de 2007, suicidou-se com doses maciças de paracetamol.

Em 2000, um ex-agente da KGB, obteve asilo na Grã-Bretanha. Em 01/11/2006, encontrou-se com dois indivíduos em um bar de um hotel de Londres e a seguir com outra pessoa em um restaurante japonês. O indivíduo faleceu dias após, envenenado por polônio 210, um dos materiais de maior radiotoxicidade e que, ao que tudo indica, foi colocado em sua bebida.

78

Além desse caso de ação criminosa, há uma série de exemplos de atos malévolos com material radioativo (*"Criminal acts causing radiation casualties"* - <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/radevents2.html>, em 14/06/2010), sendo que o registro de casos de tráfico ilícito de material radioativo da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) contabiliza, de janeiro de 1993 a dezembro de 2008, cerca de 340 casos de posse ilegal, contrabando e "atividades criminosas" com material radioativo, incluindo-se incidentes com urânio altamente enriquecido e plutônio próximos a fronteiras entre países.

Hierarquia mais provável de ameaças radiológicas

(Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA)

Aparentemente, as ameaças terroristas com material radioativo mais prováveis são, em ordem decrescente:

- Dispositivo de Dispersão Radiológica (*Radiological Dispersal Device - RDD*) - "bomba suja" e/ou Dispositivo de Exposição Radiológica (*Radiological Exposure Device - RED*);
- Contaminação radiológica da água de abastecimento de uma cidade (efeito meramente psicológico);
- Atentados contra instalações nucleares;
- Dispositivo Nuclear Improvisado (*Improvised Nuclear Device - IND*);
- Artefato de destruição em massa (*Weapon of Mass Destruction - WMD*).

Dispositivo de dispersão radiológica (“bomba suja”)

Um dispositivo dessa natureza combina material radioativo obtido ilicitamente com explosivos convencionais. Suas consequências dependem do material radioativo usado e, principalmente, da potência do explosivo empregado. Podem causar, em maior ou menor escala:

- Trauma convencional, exposição externa à radiação e contaminação radiológica interna/externa;
- Grande número de pessoas potencialmente afetadas;
- Importante impactos psicológico e econômico e rotura social.

79

Dispositivo de exposição radiológica

Neste caso, uma fonte selada roubada ou furtada de uma indústria ou um hospital, seria “plantada” em local público de grande movimentação, como uma estação do metrô, estádio de futebol etc. Essa ação poderia provocar um grande número de pessoas irradiadas, com síndrome aguda da radiação e/ou síndrome cutânea da radiação. Da mesma forma, uma vez identificada a natureza da ação criminosa, haveria significativo impacto psicossocial. Não haveria contaminação radiológica.

Dispositivo nuclear improvisado

A natureza improvisada pode levar à detonação, porém sem se atingir a potência completa. Poderá haver contaminação ambiental com ^{239}Pu , ^{235}U e produtos de fissão.

Fora da zona de letalidade, o maior risco inicial é a inalação na dependência do tamanho da partícula. Em seguida, a ingestão de alimentos contaminados deve ser fator a ser considerado. Naturalmente, ocorreriam impacto psicológico e pânico intensos.

Artefato de destruição em massa

Seriam armas com características sofisticadas, demandando para a sua produção domínio do ciclo do combustível nuclear e do enriquecimento do urânio em alta proporção. A detonação de um dispositivo dessa natureza em uma cidade de grande porte levaria a efeitos catastróficos:

80

- Pequenos artefatos poderiam resultar em potência de vários kT, com doses de 1 a > 10 Gy (equivalente, *grosso modo*, a aproximadamente 500 mil raios-X de tórax).
- >5 mil mortes imediatas pelo “blast” e queimaduras térmicas;
- Necessidade de tratamento da síndrome aguda da radiação para um número muito significativo de vítimas;
- Contaminação radiológica interna e externa e lesões associadas e combinadas;
- Contaminação ambiental pela precipitação radioativa;
- Sobrecarga dos serviços de saúde (“worried well”);
- Impactos psicossociais, econômicos e financeiros incalculáveis!

Conclusão

A possibilidade de **outros** ataques terroristas CBRNe é um fato real. A **probabilidade** desses ataques depende de uma série de fatores geopolíticos, sociais, econômicos, religiosos etc. Há países considerados alvos primários, porém quase todos os países podem ser alvos secundários, inclusive o Brasil, como durante megaeventos esportivos.

16. IMPACTO PSICOLÓGICO EM EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS

A severidade do impacto psicológico (ou psicossocial) provocado por uma emergência radiológica depende de alguns fatores, sobretudo da sua natureza (nuclear ou radiológica propriamente dita, por exemplo), magnitude real do evento e da percepção de risco por parte da população afetada. Uma emergência radiológica, a exemplo de outra de natureza diversa, poderá atingir nível de “desastre” e, conseqüentemente, tornar-se um problema de saúde pública. Nesse sentido, é interessante observar, na tabela seguinte, comparações entre possíveis impactos em casos de desastres em geral e emergências radiológicas.

Tabela XII – comparação entre impactos por desastres em geral e em emergências radiológicas

Impacto	Desastres em geral	Emergências radiológicas
Psicossocial	+	+ /++++
Doenças transmissíveis	+	Contaminação radiológica
Deslocamento populacional	+	Evacuação em caso de acidentes nucleares
Alimentar	+	Restrição de colheitas e alimentos por contaminação do solo e da água em acidentes nucleares
Abastecimento de água potável	+	Contaminação da água de abastecimento em acidentes nucleares
Dano à infraestrutura de saúde	+	Improvável, mas possível em acidentes nucleares que obriguem a evacuação de hospitais próximos a centrais nucleares

O comportamento e a reação humana frente a condições emergenciais dependem, além dos fatores já assinalados, também de experiências vivenciadas e da proximidade ao fato (física ou emocional, quando a pessoa, embora distante do evento, por alguma razão, se sente fortemente identificada com a situação).

Em 1979, o psiquiatra americano George Warheit (*Wahrheit G. J. Life events, coping, stress and depressive symptomatology. Am J Psychiatry. 1979; 136: 502-507*), estabeleceu um modelo, segundo o qual as pessoas reagem a condições traumáticas acidentais de acordo com as suas características biológicas e psicológicas, o ambiente e a estrutura social em que estão inseridas e na dependência de suas experiências. De fato, também todas essas influências afetarão de uma maneira ou outra o comportamento e a reação de pessoas em uma emergência radiológica. No entanto, as emergências radiológicas são frequentemente percebidas sob influências já existentes e agravantes: o mito da radiação como força maligna e causadora de sofrimento (a cicatriz de Hiroshima e Nagasaki); o fato de as radiações ionizantes não poderem ser notadas pelos sentidos humanos e a total falta de controle da população ante um evento dessa natureza, existindo plena dependência das autoridades para as ações remediadoras.

Vítimas em uma emergência radiológica

A exemplo de outras emergências, podemos dividir as vítimas de uma emergência radiológica em quatro categorias, que certamente irão merecer assistência psicossocial apropriada de acordo com os respectivos agravos:

- 82
- Primárias: indivíduos com condições provocadas pela exposição radioativa, como síndrome aguda da radiação, síndrome cutânea da radiação, contaminação radiológica e lesões combinadas (trauma e exposição radioativa); *“worried-well”* (pessoas que embora não afetadas pela emergência, assim se sentem);
 - Secundárias: familiares, parentes, vizinhos e amigos das vítimas primárias;
 - Terciárias: podem ser os respondedores (inclusive pessoal de saúde), tanto do ponto de vista físico (improvável) quanto emocional;
 - Quaternárias: a comunidade em geral.

Conclusão

Os impactos psicossociais decorrentes de uma emergência radiológica podem ser extremamente importantes, como no caso do acidente radiológico de Goiânia. É indispensável que especialistas das áreas de saúde mental e social sejam incluídos nos planos de resposta a emergências radiológicas e que apoio psicológico adequado (e, se necessário, psiquiátrico) encontre-se disponível de maneira integrada para todas as vítimas de eventos emergenciais de grande porte – ou assim percebidos pela população, desde o início da resposta.

17. COMUNICAÇÃO COM O PÚBLICO EM EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS

Entende-se por comunicação de risco (CR) um processo complexo, multidisciplinar, multidimensional e dinâmico, de importância crescente no âmbito da saúde pública (Serviço de Saúde Pública dos EUA). A CR deve ser empregada para que os cida-

dãos em geral recebam informações relevantes e indispensáveis que permitam a sua participação em decisões sobre temas que possam afetá-los, como o emprego de determinadas tecnologias, consumo de produtos etc.

Na sua forma mais usual, a CR está associada ao diálogo com as comunidades sobre temas como saúde ambiental, rejeitos perigosos, água potável, emprego de tecnologias “perigosas”, entre as quais muitas vezes de forma leviana e equivocada se inclui a nuclear. A CR, nessa eventualidade, é tratada de maneira geral e hipotética.

83

Outro conceito importante é o de comunicação de risco em emergências ou crises (CRC), conceituando-se “risco” como a probabilidade de haver um dano resultante de exposição a um agente de natureza química, física (no caso em questão, a radiação ionizante) ou biológica. Na CRC, os riscos são reais e referem-se a uma situação concreta na qual pessoas foram ou possuem um potencial verdadeiro de ser afetadas.

A CRC aplica-se em distintas situações, como desastres naturais, poluição ambiental significativa, acidentes químicos, epidemias, distúrbios civis, incêndios, contaminação da água, racionamento de alimentos e também em emergências radiológicas, como já definidas.

Já a percepção de risco (PR) se constitui em um juízo subjetivo sobre as características e gravidade de um determinado risco advindo do emprego de uma tecnologia ou produto. No caso específico da energia nuclear ou em emergências radiológicas, normalmente o “risco” é superdimensionado, constituindo-se em importante óbice para a CR ou CRC.

No caso específico da CRC em emergências radiológicas, um exemplo negativo foi o acidente nuclear de *Three Mile Island (TMI)* nos EUA em 1979. Face às diversas e conflitantes informações das autoridades federais, estaduais e municipais, criou-se desconfiança e pânico na população, que tomou iniciativas próprias e desnecessárias, como a evacuação. Este fato, levado a cabo de maneira desordenada provocou acidentes nas estradas, inclusive com mortes. Vale destacar que a liberação radioativa em TMI resultou em doses populacionais, para cerca de dois milhões de pessoas, inferiores às de uma radiografia do tórax.

Princípios básicos da CR

(*Environmental Protection Agency* – EUA)

- Aceitar e envolver o público como parte legítima.
- Planificação cuidadosa.
- Respeitar os anseios públicos.
- Ser honesto, franco e aberto.
- Coordenação e colaboração com outras fontes críveis.
- Atender às necessidades dos meios de comunicação.

84 - Comunicar-se com clareza, compaixão e simpatia.

Regras básicas para CRC em Emergências Radiológicas

1. Planificação, com designação de pessoa especificamente autorizada a comunicar-se com o público e meios de comunicação:

- Entendimento dos efeitos biológicos das radiações ionizantes;
- Profissionalismo e habilidade para se comunicar;
- Falar exclusivamente sobre os assuntos autorizados e que sejam de conhecimento e domínio.

2. Uso de linguagem simples e direta: não usar unidades de radiação!

- Por exemplo, em vez de “uma dose de 0,02 mSv”, dizer “uma quantidade de radiação equivalente a um exame de raios-X do tórax”.

3. Simplificar os fatos para se evitar confusão e sobrecarga de informações (linguagem coloquial), porém não mentir!

4. Comunicação imediata com os profissionais de saúde (através dos órgãos de classe), esclarecendo os acontecimentos.

- Os médicos e outros profissionais de saúde poderão ser procurados pela população para informações, e normalmente não detêm conhecimentos adequados sobre os efeitos biológicos das radiações ionizantes.

18. REFERÊNCIAS SELECIONADAS

1. Berger ME, Sadoff RL. Psychological support of radiation-accident patients, families, and staff. In: Ricks RC, Berger ME, O'Hara Jr M, eds. The medical basis for radiation-accident preparedness – the clinical care of victims. New York: The Parthenon Publishing Group Inc.; 2002: 191-200.
2. Carregado MA, Trujillo CL. Accidentes e incidentes en el área nuclear en América Latina y el Caribe. Una recolección bibliográfica. Buenos Aires: CNEA; 2001.
3. Fundação Eletronuclear de Assistência Médica. Procedimentos de emergência relacionados à área de saúde e executados pela FEAM em acidentes com radiação. Revisão 13, março de 2009.
4. Helou S, Costa Neto SB. Consequências psicossociais do acidente de Goiânia. Goiânia: UFG; 1995.
5. International Atomic Energy Agency. Diagnosis and treatment of radiation injuries. Safety report series number 2. Viena: IAEA; 1998.
6. International Atomic Energy Agency. The Goiânia radiological accident. Viena: IAEA; 1988.
7. International Atomic Energy Agency. Planning the medical response to radiological accidents. Safety report series number 4. Viena: IAEA; 1998.
8. International Atomic Energy Agency. The radiological accident in Yanango. Viena:IAEA; 2000.
9. International Atomic Energy Agency. Categorization of radioactive sources. TECDOC-1344. Viena:IAEA; 2003.
10. International Atomic Energy Agency. Categorization of radioactive sources. RS-G1.9. Viena:IAEA; 2003.
11. International Atomic Energy Agency. Manual for first responders to a Radiological Emergency. Viena: IAEA; 2006.
12. International Atomic Energy Agency. The radiological accident in Nueva Aldea. Viena:OIEA; 2009.
13. José de Lima Valverde, Nelson; Ferreira da Silva, José; Tantalean, Oscar Barriga. An update on three radiation

- accidents in South America. *Health Physics*. 98(6):868-871, June 2010.
14. National Council on Radiation Protection and Measurements. Management of persons contaminated with radionuclides: handbook. NCRP Report 161. December, 2008.
 15. Organismo Internacional de Energía Atómica. Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas – Actualización del documento IAEA-TECDOC-953/S. Viena: OIEA; 2009.
 16. Organización Panamericana de la Salud. Naturaleza de los desastres: Sus características generales y sus efectos en la salud pública - In: Noji, Eric K. Impacto de los desastres en la salud pública. Bogotá. D.C, Organización Panamericana de la Salud, sept. 2000. p.3-20, tab.
 17. Organización Panamericana de la Salud. Guía práctica de salud mental en situaciones de desastres. Washington, D.C.: OPS; 2006.
 18. Sandman PM. Lessons from TMI. IAEA Bulletin 47/2. 2006.
 19. The medical basis for radiation accident preparedness. Ricks RC, Berger ME and O'Hara M, eds. New York: The Parthenon Publishing Group Inc.; 2002.
 20. TMT Handbook. Rojas-Palma et al., eds. Lobo Media: Noruega; 2009.
 21. Valverde N, Gisone P, Cárdenas J, Sanhueza S, Pérez MR, Di Trano J.L. Tratamiento médico en casos de accidentes radiológicos. Informe del Proyecto ARCAL RLA/9/031 – XXXVII; 2000.
 22. Valverde N. Radiações Ionizantes. In *Patologia do trabalho*, Mendes R, ed. São Paulo: Atheneu; 2003; 2ª ed: 595-635.
 23. Vazquez M. et al. Management of acute traumatic stress in nuclear and radiological emergencies. *Health Physics*. 98(6):795-798, June 2010.
 24. Wahrheit G. J. Life events, coping, stress and depressive symptomatology. *Am J Psychiatry*. 1979; 136: 502-507.

ANEXO I

Utilização de vestimentas contra a contaminação radiológica

De acordo com as normas de Proteção Radiológica, devemos planejar nossas ações de modo que as doses de um trabalhador, pessoa do público em geral ou de um membro das equipes de resposta a emergências radiológicas seja a menor possível. Para tal, valemo-nos de fundamentos de Proteção Radiológica (tempo, distância e blindagem), do rigoroso seguimento de procedimentos, da utilização de equipamentos de proteção individual – EPIs e da monitoração pessoal. Dentre os EPIs, encontram-se vestimentas especiais e proteção respiratória, de acordo com o risco a que o trabalhador ou membro da equipe de emergência possam estar expostos.

87

As vestimentas protegem do contato e/ou contaminação com um produto perigoso (no caso específico, não protegem contra a exposição à radiação).

Em caso de acidentes envolvendo material radiológico, as vestimentas tipo “A” e “B” podem ser utilizadas no cenário apenas enquanto o produto perigoso é desconhecido ou quando há associação com agentes químicos ou biológicos perigosos. Geralmente, apenas as vestimentas tipo “C”, descartáveis, são necessárias (**ver referência 20**).

No ambiente de resposta hospitalar dificilmente encontraremos radionuclídeos em suspensão, logo a proteção respiratória por uma máscara autônoma normalmente será substituída por uma do tipo cirúrgica, objetivando-se, sobretudo, a proteção biológica convencional. Sob este mesmo ponto de vista, devemos utilizar óculos ou viseira descartável de segurança. É conveniente que por baixo do macacão seja utilizada uma roupa leve e que possa ser descartada, caso seja contaminada.

Sequência fotográfica de colocação da vestimenta tipo “C”

A colocação da indumentária segue sequência lógica e que deve ser obedecida. A colocação da indumentária deverá, sempre que possível, ser acompanhada por profissional de radioproteção.

88 Colocação de indumentária contra a contaminação
Figura 1a (crédito: Samuel Assunção)



Sequência fotográfica de retirada da vestimenta tipo "C"

É importante que haja recipientes identificados, próximos ao ponto de controle, para facilitar a retirada da vestimenta. A retirada da indumentária deverá ser acompanhada por profissional de radioproteção.

Retirada de indumentária contra a contaminação
Figura IIa (crédito: Samuel Assunção)

89



Figura IIIa (crédito: Samuel Assunção)



Figura IVa (crédito: Samuel Assunção)

90



ANEXO II

Como preparar uma área hospitalar para o atendimento de pacientes com contaminação radiológica

Uma unidade hospitalar pode ser preparada para o atendimento a vítimas de um acidente envolvendo material radiológico, desde que sejam seguidos alguns preceitos básicos de proteção radiológica, entendendo-se que a prioridade é dar atenção **IMEDIATA** a condições que ameacem a vida do acidentado (trauma, hemorragia, dificuldade respiratória etc.).

91

Apenas nos casos confirmados ou suspeitos de contaminação externa ou interna o radioacidentado deverá ser atendido em uma sala de emergência devidamente preparada. Caso tenha ocorrido apenas exposição à fonte de radiação ionizante, a assistência poderá ser prestada em uma sala de emergência convencional, sem qualquer cuidado especial em relação à contaminação radiológica.

Procedimentos básicos para se atender um paciente com contaminação radiológica na sala de emergência

- Após o comunicado do evento, desencadear o Plano de Resposta previamente estabelecido e desafiado em exercícios e simulações.
- Comunicar a ocorrência aos demais setores envolvidos.
- Acionar o profissional de Radioproteção designado.
- Redirecionar o atendimento convencional.
- Restringir o acesso de pessoal não autorizado.
- Estabelecer na sala de emergência uma "área controlada".

Conceitos e aspectos sobre delimitação de áreas de atendimento médico a radioacidentado

- **Área controlada** - área sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude de exposições potenciais.

92

- Área livre – demais áreas que não se enquadram na definição acima.
- Pode ser necessário estabelecer áreas para descontaminação de pessoas sem lesões convencionais associadas, caso este procedimento não tenha sido realizado no local do evento.
- Também poderá ser necessária uma área de TRIAGEM RADIO-LÓGICA, na dependência da magnitude do evento e das providências adotadas ou não no cenário.
- Delimitar fisicamente a área de atendimento na sala de emergência – SINALIZAR. Podem ser utilizados cones, cavaletes e fitas zebradas.
- Retirar da área delimitada todos os equipamentos não indispensáveis. Os que não forem possíveis retirar, devem ser cobertos com plástico transparente.
- Forrar a área delimitada para o atendimento com plástico resistente (como lona plástica, preferencialmente na cor amarela – padrão internacional). As forrações visam a evitar a contaminação do ambiente e facilitar o trabalho de descontaminação no final do evento.
- Estas forrações devem ser fixadas com fita adesiva, tipo fita crepe ou plástica, visando a evitar deslocamentos e acidentes. Também podem ser utilizadas forrações de chão com papel hidrossolúvel resistente.
- Tomadas e interruptores elétricos devem ser cobertos com plástico transparente.
- Torneiras, registros e alguns equipamentos podem ser forrados com filme plástico tipo PVC.
- As macas devem receber forração múltipla (pelo menos três) com plástico resistente (mesmo padrão da forração), com o propósito de protegê-las e facilitar a manipulação do paciente durante a descontaminação.
- Estabelecer um fluxo de descarte do material, insumos, luvas e vestimentas usadas durante o evento, minimizando-se os rejeitos radioativos. Incluir este procedimento no Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS). Usar recipientes plásticos forrados com plástico e identificados. **Para facilitar a segregação do lixo, a sala de emergência deve contar com recipientes de lixo comum (saco preto), lixo biológico/infectante (saco branco leitoso com identificação – infectante) e lixo radiológico (saco amarelo).** O material de

descarte com contaminação radiológica será tratado/armazenado de acordo com as normas de radioproteção.

- Destinar recipientes para descarte de vestimentas especiais usadas durante o atendimento. IDENTIFICAR.

- Estabelecer um ponto de controle radiológico, para permitir a saída controlada de materiais, equipamentos e pessoas da área controlada para a área livre.

- Devem ser disponibilizadas vestimentas especiais e dosímetros pessoais para a equipe de resposta.

- É fundamental a presença de um assessor radiológico durante o atendimento, experiente no manejo de detectores de radiação.

- Devem ser usadas macas de transposição/passagem para a retirada de pacientes das áreas controladas. Os pacientes com contaminação residual que circulem na unidade hospitalar devem estar com as suas regiões contaminadas devidamente protegidas para se evitar o espalhamento da contaminação.

- Havendo contaminação interna confirmada ou presumida, todas as excretas (vômitos, urina, fezes) devem ser recolhidas em vasilhames identificados para radioanálise, antes de serem desprezadas ou tratadas e/ou armazenadas como material radiológico.

- Outras áreas hospitalares podem também ser necessárias, no caso de emergências com múltiplas vítimas, e devem ser preparadas de acordo com os mesmos procedimentos.

- Além de todos os equipamentos e material necessário ao atendimento de emergência, a área controlada deve conter insumos especiais.

ANEXO III

Orientações práticas para ações pré-hospitalares em emergência radiológica com várias vítimas (adaptado de material didático da Agência Internacional de Energia Atômica para cursos de resposta médica em emergências radiológicas)

94

OBSERVAÇÃO: EMBORA ESTE ANEXO SE REFIRA A EMERGÊNCIAS COM VÁRIAS VÍTIMAS, HÁ CONCEITOS GERAIS QUE SE APLICAM EM TODOS OS CASOS (VER TAMBÉM CAPÍTULO 12).

Normas gerais

1) A triagem para a priorização da assistência baseia-se SEMPRE na gravidade das condições MÉDICAS e não radiológicas (como contaminação radioativa).

2) Toda a condição que ameace a vida (trauma, hemorragia, obstrução das vias aéreas etc.) deve ter atenção imediata.

3) Em emergências radiológicas de grande porte, como as que podem ser provocadas por atos terroristas, poderá haver um número apreciável de vítimas contaminadas ou apenas preocupadas com a sua situação de saúde, embora sem qualquer exposição (*"worried-well"*). Essas pessoas deverão ser avaliadas e, se necessário, descontaminadas em um CENTRO DE RECEPÇÃO E TRIAGEM (CRT). Não devem ser encaminhadas para as emergências hospitalares, já certamente sobrecarregadas.

4) Deve-se sempre considerar e respeitar a delimitação de áreas já estabelecidas pelos primeiros respondedores. A delimitação de áreas poderá sofrer alterações por parte de profissionais de radioproteção.

5) Usar os equipamentos de proteção individual contra a contaminação disponíveis (em um primeiro momento, a proteção de biossegurança será adequada; em casos EXCEPCIONAIS, poderá ser necessário o uso de proteção respiratória, conforme orientação de especialistas).

6) O único procedimento de DESCONTAMINAÇÃO RADIO-LÓGICA recomendado no cenário é a retirada da roupa da(s) vítima(s).

7) Seguir SEMPRE as orientações dos profissionais de radioproteção.

8) Assumir que todas as vítimas têm contaminação radiológica, até que se prove o contrário.

9) O sistema de resposta médica em emergências radiológicas deverá ser NOTIFICADO sobre o evento, tão logo isso seja possível: número de vítimas, gravidade das lesões, suspeita ou confirmação de exposição ou contaminação radioativa, necessidade de remoção de vítimas para hospitais designados etc.

95

Centro de recepção e triagem (CRT)

- Deve ser estabelecido distante do hospital e da área de desastre e de modo a abrigar um grande número de vítimas. O CRT deverá possuir áreas de acesso e saída separadas e as áreas identificadas como “fria”, “morna” (tampão) e “quente”, de acordo com a possibilidade de contaminação radiológica.

- Os **OBJETIVOS** primários do CRT são:

- a. Triagem (inicialmente médica e somente após radiológica);
- b. Encaminhar vítimas com lesões graves para os hospitais designados;
- c. Prestar pequenos socorros;
- d. Descontaminar vítimas que não apresentem lesões ou que não necessitem de assistência médica imediata.

Pessoal necessário para o CRT

- Médicos e enfermeiros.
- Físicos e técnicos de proteção radiológica.
- Pessoal de segurança.
- Psicólogos e assistentes sociais.
- Administrador/coordenador.
- Relações-públicas (porta-voz oficial).

Suprimentos

- Indumentária de proteção contra a contaminação radiológica.
- Dosímetros pessoais.
- Detetores de radiação.
- Material e medicamentos para atendimento pré-hospitalar.
- Água.
- Chuveiros.

96

- Sabão neutro e xampu.
- Escovas de pelos macios.
- Tesouras e cortadores de unhas.
- Recipientes para amostras (*swabs*, urina, fezes).
- Equipamento de comunicação.
- Canetas, papel, marcadores.
- Luvas cirúrgicas, de plástico e de pano.
- Fitas adesivas.
- Sapatilhas (“cobre-sapatos”).
- Sacos plásticos de diferentes tamanhos.
- Contêineres para sólidos e líquidos.
- Cordas, avisos e sinais.

Avaliação de contaminação

Deve abranger toda a área corporal (*head-to-shoe*), de acordo com as técnicas de proteção radiológica. No entanto, para as primeiras horas seguintes a um evento de massa, admite-se uma avaliação simplificada (cabeça, face, ombros e mãos – locais mais frequentes de contaminação).

Algoritmo da avaliação de contaminação

Categorias

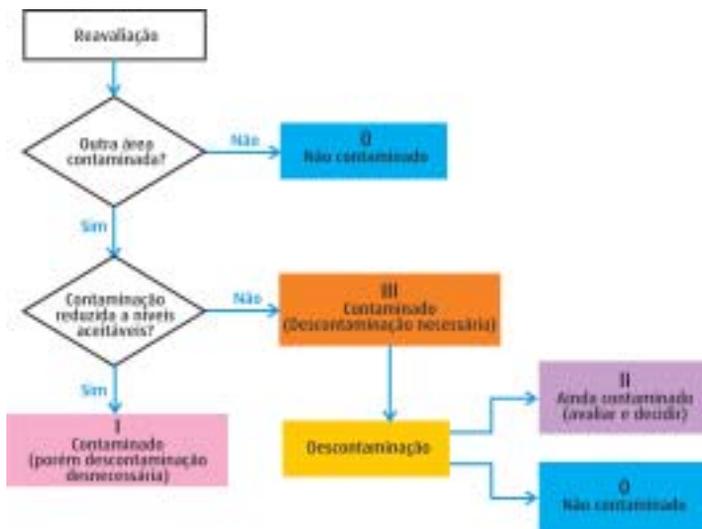
- 0 - Não contaminado (com descontaminação efetuada ou não).
- I - Contaminado: descontaminação desnecessária.
- II - Permanece contaminado após descontaminação, que não pode ser removida.
- III - Contaminado: necessita descontaminação em razão de contaminação na face e/ou mãos ou em qualquer outra área acima de níveis de aceitáveis.

Figura Va - descontaminação primária



97

Figura VIa - descontaminação secundária



Descontaminação de “campo”

- Remoção da roupa e sua colocação em saco plástico (se não tiver sido feita no cenário): isso elimina cerca de 90% da contaminação externa.
- Lavar mãos e face com sabão neutro e água morna: os dois processos eliminam aproximadamente 99% da contaminação externa.

98 Descontaminação plena

Adicionalmente, ducha com sabão e detergentes (se disponíveis). O cabelo deve ser cuidadosamente lavado, com a cabeça inclinada para trás, de modo a evitar-se contaminação interna pela boca, narinas e outros orifícios.

Remoção de pessoas contaminadas ou suspeitas de contaminação com material radioativo

- Preferencialmente executada por pessoal que não tenha entrado na área “quente” ou no cenário.
- Cobrir vítimas com lençóis ou cobertores térmicos.
- Se possível, proteger a área da maca da ambulância com plástico.
- Colocar a maca da ambulância na área “fria”, no limite do encordoamento externo e transportar a vítima para a maca, preferencialmente forrada de plástico.

Figura VIIa – exemplo de ambulância previamente preparada para transporte de pessoa contaminada com material radioativo. (crédito: Samuel Assunção)



Figura VIIIa – exemplo de ambulância preparada em situação de emergência para transporte de pessoa contaminada com material radioativo. (crédito: Samuel Assunção)



99

Manejo de cadáveres no cenário

- Não transportar para o hospital.
- Não manipular, alterar a posição ou deslocar um corpo sem permissão.
- Seguir as instruções de profissionais de radioproteção, peritos, legistas e autoridades, para quando, como e para onde remover corpos.
- Cada cadáver deve ser monitorado e ter etiquetas afixadas externamente (saco de remoção e corpo), indicando a condição radiológica.

Morgue de campo

- Deve ser estabelecida em área de baixo “background”- Bg.
- Deve ser delimitada em áreas limpa (“fria” - \leq 2-3 vezes o Bg normal) e contaminada (“quente” - \geq 2-3 vezes o Bg normal), de acordo com orientações de especialistas em radioproteção.
- Indumentária de proteção: aventais de plástico, luvas, máscaras, óculos de proteção, respiradores (uso em circunstâncias excepcionais).
- Seguir todas as etapas de biossegurança e legais (remoção de roupas e pertences, com identificação e guarda), fotografias etc., além das orientações de radioproteção.
- Uma vez oficialmente liberado, o corpo pode ser descontaminado, se necessário, em área apropriada.
- Para embalsamento, serviços funerários, transporte e sepultamento, devem ser obtidas orientações de profissionais de radioproteção.
- O sepultamento deve ser feito em caixão metálico.

- Um cadáver contaminado não deve ser submetido a necropsia, exceto se indispensável do ponto de vista legal. Nesse caso, a necropsia deve ser planejada de acordo com orientações de profissionais de radioproteção.
- Em princípio, não se deve cremar um cadáver contaminado.

ANEXO IV

100 Orientações práticas para ações hospitalares em emergência radiológica com várias vítimas (adaptado de material didático da Agência Internacional de Energia Atômica para cursos de resposta médica em emergências radiológicas)

OBSERVAÇÃO: EMBORA ESTE ANEXO SE REFIRA A CASOS COM VÁRIAS VÍTIMAS, HÁ CONCEITOS GERAIS QUE SE APLICAM A EMERGÊNCIAS RADIOLÓGICAS DE QUALQUER PORTE

TAMBÉM NO NÍVEL HOSPITALAR, CONDIÇÕES QUE AMEACEM A VIDA TÊM PRIORIDADE ABSOLUTA SOBRE OS PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA E RESPECTIVA REMOÇÃO!

(VER TAMBÉM CAPÍTULOS 9, 10, 11 E 14 E ANEXO II).

Alerta de emergência radiológica

- Uma vez que o hospital designado seja informado da transferência de vítimas de emergências radiológicas, o ambiente hospitalar previamente determinado para recebimento dos pacientes deve ser preparado, de acordo com o plano hospitalar de atendimento em emergências radiológicas. Devem ser estabelecidas e delimitadas:

- Área quente (controlada): onde pacientes contaminados serão atendidos;
- Área fria: local livre de contaminação;
- Área morna (tampão): entre as duas primeiras.

- As seguintes providências, previstas no plano de resposta médica, devem ser adotadas:

- a. Cobrir o piso com plástico, desde o local de recepção dos pacientes, até a área de atendimento;
- b. A proteção de plástico deve ser fixada seguramente por meio de fitas adesivas;
- c. Cobrir equipamentos, tomadas, interruptores, torneiras etc., com plástico;
- d. Determinar a restrição de acesso à área controlada;
- e. Qualquer pessoa, material ou equipamento que for deixar a área controlada deverá ser monitorada.

- Imediatamente à notificação da emergência radiológica, o coordenador da resposta hospitalar deve ser informado, bem como todos os respondedores constantes do plano, inclusive o assessor de proteção radiológica.

- Avaliar a radiação natural do(s) local(is) de atendimento ("*background*" - *Bg*), ANTES da chegada das vítimas. Anotar o valor para futuras comparações.

- Todas as ações possíveis devem ser adotadas para se evitar a interrupção do atendimento convencional de emergência, embora isso possa ser inexequível em caso de um evento com múltiplas vítimas. Nesse caso, o hospital designado deverá ter procedimentos para derivar para outras unidades os pacientes não envolvidos no evento e que procurem os seus serviços de emergência.

- As seguintes informações devem ser obtidas quando da notificação de emergência radiológica e transferência de pacientes para o hospital:

- a. Número de vítimas;
- b. Condição de cada vítima;
- c. Assistência pré-hospitalar no cenário;
- d. Condição radiológica dos acidentados (exposição externa, contaminação radiológica e lesões combinadas);
- e. Avaliações dosimétricas e respectivos resultados;
- f. Identificação de radiocontaminantes e medidas adotadas no cenário;
- g. Hora estimada de chegada ao hospital.

- Todos os princípios e fundamentos de radioproteção deverão ser seguidos e obedecidos durante o atendimento.

Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

- Indumentária cirúrgica, máscaras cirúrgicas, aventais de plástico, macacão Tyvek® com gorro, botas plásticas, óculos de segurança ou viseira descartável.
- “Cobre- sapatos”, luvas cirúrgicas (usar dois pares) e de pano.
- Dosímetros pessoais.
- Proteção respiratória (excepcional), porém de uso provavelmente necessário em evento associado a produtos químicos tóxicos.

102

Suprimentos

- Equipamentos médicos convencionais para atendimentos de emergência.
- Sacos plásticos de diferentes tamanhos.
- Rolo de plástico resistente para forração do ambiente.
- Contêineres para rejeitos líquidos e para rejeitos em geral.
- Fitas adesivas, lençóis de plástico e de papel grosso.
- Papel de filtro para “swabs”.
- Recipientes para amostras (swabs, urina, fezes).
- Material para descontaminação radiológica (sabão neutro líquido, escovas de pelos macios descartáveis, lenços descartáveis umedecidos, papel-toalha, campos com material absorvente, fraldas geriátricas, recipientes para coleta de excretas – um por paciente).
- Medicamentos específicos para contaminação interna (basicamente KI, DTPA e Azul da Prússia).
- Detetores de radiação (devem ser testados ANTES da chegada dos pacientes).
- Canetas, papel, marcadores.
- Cordas, avisos, sinais.

Avaliação de contaminação radiológica

- Se houver suspeita de contaminação radiológica, deve-se obter amostras para radioanálise (swabs, urina de 24 horas, fezes, sangue, feridas).
- Mesmo que não haja suspeita de exposição externa ou manifestações prodromicas da SAR, é sempre aconselhável a realização de hemograma completo (de acordo com a evolução, deverá ser repetido a cada 4 – 6 horas, nas primeiras 48 horas), bio-

química sanguínea e obtenção de amostra para possível dosimetria citogenética.

Tabela 1a - vômitos e estimativa de doses após exposição de corpo inteiro

Tempo após a exposição	Estimativa de doses (Gy)
< 30 min	> 6
0,5 - 1 h	4 - 6
1 - 2 h	2 - 4
2 - 3 h	1 - 4
Ausente	< 1

ANEXO V

Páginas de interesse na Internet

104

<http://www.cnem.gov.br/acnen/atividades.asp>

Refere-se à Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. A União tem o monopólio da mineração de elementos radioativos, da produção e do comércio de materiais nucleares, sendo este monopólio exercido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). A CNEN é uma autarquia federal criada em 10 de outubro de 1956 e vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia. Como órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, estabelece normas e regulamentos em radioproteção e licenciamento, fiscaliza e controla a atividade nuclear no Brasil. A CNEN desenvolve ainda pesquisas na utilização de técnicas nucleares em benefício da sociedade.

<http://www.eletronuclear.gov.br/empresa/index.php?idSecao=1&idCategoria=12>

Refere-se à ELETRONUCLEAR. A Eletrobras Eletronuclear foi criada em 1997 com a finalidade de operar e construir as usinas term nucleares do país. Subsidiária da Eletrobras, é uma empresa de economia mista e responde pela geração de aproximadamente 3% da energia elétrica consumida no Brasil. Pelo sistema elétrico interligado, essa energia chega aos principais centros consumidores do país e corresponde, por exemplo, a mais de 50% da eletricidade consumida no Estado do Rio de Janeiro, proporção que se ampliará consideravelmente quando estiver concluída a terceira usina (Angra 3) da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAAA. É patrocinadora da FEAM.

<http://www.feam-etn.org.br/missao.html>

Refere-se à Fundação Eletronuclear de Assistência Médica – FEAM. A FEAM tem como missão promover atendimento em saúde, com ética e qualidade, proporcionando bem-estar aos trabalhadores da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - CNAAA e Comunidade. Desenvolve os planos de resposta médica em emergências radiológicas na CNAAA.

<http://www.defesacivil.gov.br/cenad/sipron.asp>

Refere-se ao SIPRON. O Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro – SIPRON foi instituído pelo Decreto-Lei nº 1.809, de 7 de outubro de 1980, e regulamentado pelo Decreto nº 2.210, de 22 de abril de 1997, com o objetivo de assegurar o planejamento integrado e de coordenar a ação conjunta e execução continuada de providências, que visem atender às necessidades de segurança das atividades e dos projetos nucleares brasileiros, da população e do meio ambiente.

105

<http://www.mar.mil.br/hnmd/>

Refere-se ao Hospital Naval Marcílio Dias – HNMD, que tem como missão favorecer a eficácia do Sistema de Saúde da Marinha, prestando atendimento médico-hospitalar em nível terciário, cursos da sua área de competência e efetuando o planejamento e execução das atividades de pesquisa biomédica de interesse da Marinha. O HNMD é integrante de referência do sistema de resposta médica em emergências radiológicas da CNAEA.

<http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/default.aspx>

Refere-se às Indústrias Nucleares do Brasil – INB. As Indústrias Nucleares do Brasil atuam na cadeia produtiva do urânio, da mineração à fabricação do combustível que gera energia elétrica nas usinas nucleares. Vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, a INB tem sua sede na cidade do Rio de Janeiro e está presente nos estados da Bahia, Ceará, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.

<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Conventions/cacnare.html>

Refere-se à cooperação internacional oferecida pela AIEA.

<http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC44/Documents/gc44inf4.pdf>

Refere-se a medidas para estreitar a cooperação internacional na área nuclear.

<http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2008/ranet.html>

Refere-se à RANET, rede coordenada pelo Centro de Incidentes e Emergências (IEC) da AIEA, para assistência em casos de emergências radiológicas e nucleares.

<http://www.iaea.org/About/Jobs/ns.html>

Refere-se ao Departamento de Segurança Nuclear da AIEA, incluindo o seu IEC.

106

http://www.who.int/ionizing_radiation/a_e/rempan/en/

Refere-se ao **Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network** REMPAN, da OMS, com informações extensivas de seus centros colaboradores e de ligação, respectivas facilidades, mecanismos de acionamento, etc.

<http://new.paho.org/disasters/?lang=es>

Refere-se à assistência da OPS em desastres em geral.

<http://www.bt.cdc.gov/radiation/>

Refere-se à página do “*Center for Disease Control and Prevention*” – CDC sobre emergências radiológicas.

<http://orise.orau.gov/reacts/>

Refere-se ao “*Radiation Emergency Assistance Center/ Training Site*” – REAC/TS do Instituto para as Ciências e Educação de Oak Ridge – EUA. Este centro é referência nos EUA para a resposta em emergências radiológicas e oferece vários cursos de resposta em emergências radiológicas para profissionais de saúde e outros.

<http://www.iaea.org/Publications/index.html>

Refere-se à página de publicações da AIEA.

<http://www.irsn.fr/FR/Pages/home.aspx>

Refere-se ao “*Institut de Radioprotection et du Sûreté Nucléaire*” da França, que além de suas atividades próprias, atua com o hospital de instruções militares de Percy no tratamento de casos graves de síndrome cutânea da radiação (cirurgia por orientação dosimétrica e uso de células tronco-mesenquimais).

<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/radaccidents.html>

Refere-se a uma página “não oficial” de acidentes com material radioativo (há algumas informações incompletas e inexatas).

ÍNDICE REMISSIVO

- 108
- Acidente 25, 26, 30, 31, 39, 45, 46, 49, 51,
52, 55, 58, 60, 72, 81, 82, 83, 85, 87, 91, 92, 107
 - Acidente radiológico de Goiânia 26, 31, 58, 72, 82
 - ADN 38, 39
 - Alfa 21, 22, 29, 34, 55, 57, 59
 - Alterações genéticas 42
 - Artefato de destruição em massa 79
 - Atividade 22, 60, 65, 74, 78, 104, 105, 106
 - Azul da Prússia 58, 59, 69, 102
 - Background - Bg 24, 99, 101
 - Becquerel (Bq) 23
 - Beta 21, 22, 34, 55, 59
 - Bloqueio 58
 - Bombeiros 66, 67, 68
 - Cadáveres 72, 73, 74, 75, 99
 - Catarata 39, 40
 - Células-tronco 38, 48, 52, 69
 - Cenário 69, 70, 73, 87, 92, 94, 98, 99, 101
 - Centro de recepção 94, 95
 - Centro de referência 69
 - Chernobyl 26, 27, 39, 42, 48
 - Cirurgia 52, 53, 69, 71, 106
 - Cirurgia por orientação dosimétrica 52, 106
 - Comunicação 67, 70, 82, 83, 84, 96
 - Contadores de corpo inteiro 55, 56
 - Contaminação radiológica externa 26, 30, 60
 - Contaminação radiológica interna 30, 31, 54, 56, 58, 59,
75, 79, 80
 - Curie (Ci) 23
 - Defesa Civil 66, 67, 68
 - Descontaminação 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69,
70, 72, 74, 92, 94, 96, 97, 98, 102
 - Deteção das radiações 36
 - Detetor 25, 36, 37, 55, 60, 70, 74, 75, 93, 95, 102
 - Dicêntrico 46
 - Diluição isotópica 58
 - Dispositivo de dispersão radiológica 78, 79
 - Dispositivo de exposição radiológica 78, 79

Dispositivo nuclear improvisado 78, 79
Dose absorvida 49
Dose duplicadora 42
Dose efetiva 29
Dosimetria 36, 37, 38, 45, 46, 53, 69, 103
Dosimetria citogenética 38, 45, 46, 103
DTPA 58, 63, 69, 102
Efeito determinístico 41
Efeito estocástico 41
Efeitos biológicos 38, 39, 84
Embrião 38
Emergência radiológica 26, 34, 36, 46, 55, 57, 66,
69, 70, 71, 76, 80, 81, 82, 94, 100, 101
Enfermeiro 95
EPI 34, 70, 87, 102
Epilação 45, 50
Epitelite 49, 50, 51
Esterilidade 39
Exposição 19, 22, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 40, 41,
42, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 54,
56, 57, 60, 69, 72, 74, 76, 78, 79, 82, 83,
87, 91, 94, 95, 101, 102, 103
Exposição externa 31, 33, 34, 72, 79, 101, 102
Fase prodrômica 44, 45, 47
Fases da contaminação radiológica 54
Fatores estimulantes de crescimento medular 48
Feto 38
Físico 30, 42, 82, 95
Flictena 50, 51, 53
Fontes 22, 25, 26, 28, 29, 37, 45, 49, 54, 60, 67,
70, 72, 84
Forma gastrointestinal 43, 47, 48
Forma neurovascular 43, 48
Forma hematológica 40
Gama 21, 22, 25, 34, 55, 59
Gamagrafia 26, 28, 45, 49, 52, 70
Goiânia 26, 30, 31, 45, 48, 52, 58, 72, 82, 85
Gray (Gy) 23, 39, 40, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 80, 103
Granulócitos 47
Hipotireoidismo 39

Hospital local 68, 70
 Impacto 26, 42, 66, 67, 79, 80, 81, 82, 86
 Incorporação 29, 54, 58
 Indumentária 29, 34, 70, 74, 88, 89, 95, 99, 102
 Infertilidade 39
 Iodeto de potássio 58
 Ionização 20, 21, 22, 36
 Irradiação externa 26, 27, 28, 43
 Isodose 51, 52, 53
 Lavagem broncopulmonar 59
 Lesão combinada 69
 Limiar de dose 39, 43, 49
 Limite Anual de Incorporação 29
 Limites de dose 33, 35, 41
 Linfócitos 38, 43, 44, 46
 Lixo 92
 Magnitudes 22, 23
 Médico 19, 22, 25, 45, 56, 63, 66, 68, 69, 70,
 71, 72, 74, 75, 84, 91, 95, 102, 105
 Medidas 33, 34, 47, 57, 62, 64, 70, 71, 74, 101, 105
 Medula óssea 38, 49
 Meia-vida 22, 23, 24, 29
 Meia-vida biológica 23
 Meia-vida efetiva 23, 24, 29
 Mesenquimais 52, 69, 106
 Morgue 73, 74, 99
 Necropsia 75, 100
 Necrose 30, 49, 50, 51, 52
 Nêutrons 22
 Organogênese 40
 Órgão-alvo 30, 58
 Ovários 40
 Pele 22, 30, 38, 45, 48, 49, 52, 54, 55, 60, 62, 63, 64
 Percepção 80, 83
 Percepção de risco 80, 83
 Pessoal 27, 29, 36, 61, 62, 68, 69, 73, 75, 82,
 87, 91, 95, 98
 Planejamento 66, 75, 104, 105
 Plaquetas 47
 Pré-hospitalar 68, 94, 95, 101

Preparo 69
Proteção radiológica 32, 45, 72, 74, 87, 91, 95, 96, 101
Psicológico 67, 78, 79, 80, 82
Psicossocial 79, 80, 82
Quelação 58
Radiação natural 42, 73, 74, 101
Radiações 19, 20, 21, 22, 25, 26, 32, 36,
38, 39, 40, 41, 42, 73, 81, 84, 86
Radiações ionizantes 19, 20, 21, 22, 25, 26, 32, 36,
38, 39, 40, 41, 42, 73, 81, 84, 86
Radiações não ionizantes 19, 21
Radio-oncogênese 40
Radioacidentado 34, 65, 67, 68, 69, 91
Radioanálise 55, 56, 64, 93, 102
Radioatividade 20, 36
Radiobiologia 19
Radiocarcinogênese 40, 42
Radioinduzido 41, 42
Radionecrose 53
Radionuclídeo 22, 24, 29, 54, 55, 57, 58, 59,
62, 65, 75, 87
Radiopatologia 19, 42
Radioproteção 20, 29, 32, 36, 37, 52, 55, 61, 62, 63,
65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 88, 89, 91,
93, 94, 95, 99, 100, 101, 104
Radiossensibilidade 30
Raios-X 22, 25, 39, 49, 52, 80, 84
Rejeito 65, 83, 92, 102
Remoção de pessoas 98
Resposta médica 66, 67, 68, 94, 95, 100, 101, 104, 105
Resposta médica-hospitalar 66
Risco 22, 25, 27, 29, 32, 33, 34, 35, 38, 41, 56, 61,
66, 67, 70, 73, 74, 76, 79, 80, 82, 83, 87
Roentgen equivalent man (rem) 23
SAR 27, 28, 30, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 47, 49,
53, 67, 69, 72, 102
SCR 39, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 67, 69, 72
Segurança 45, 52, 68, 73, 74, 87, 91, 95, 102, 105, 106
Sievert (Sv) 23, 24, 35
Síndrome aguda da radiação 42

- 112 Síndrome aguda da radiação 27, 42, 79, 80, 82
Síndrome cutânea da radiação 48
Síndrome cutânea da radiação 28, 45, 48, 79, 82, 106
Socorrista 34, 66, 68
Stem cell 48
Substituição 58
Suprimentos 95, 102
Taxa de dose 73, 75
Terrorismo 76, 77
Testículos 40
Three Mile Island - TMI 83, 86
Tratamento 25, 47, 48, 51, 52, 54, 56, 57, 58,
59, 63, 67, 69, 80, 106
Triagem 46, 67, 70, 92, 94, 95
Troca iônica 58
Unidades 22, 23, 84, 101
Vestimentas 87, 92, 93
Vias de contaminação 54
Vítima 19, 20, 61, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 7
5, 76, 77, 80, 82, 91, 93, 94, 95, 98, 100, 101