

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA**



**SAÚDE**

**ICA 160-42**

**MANUAL DE DESCONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA  
DE PESSOAS**

**2011**

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA  
DIRETORIA DE SAÚDE**



**SAÚDE**

**ICA 160-42**

**MANUAL DE DESCONTAMINAÇÃO RADIOLÓGICA  
DE PESSOAS**

**2011**



**MINISTÉRIO DA DEFESA**  
**COMANDO DA AERONÁUTICA**  
**DIRETORIA DE SAÚDE DA AERONÁUTICA**

PORTARIA DIRSA Nº 22-T/SECSYTEC , DE 22 DE MARÇO DE 2011.

Aprova a edição do Manual de  
Descontaminação Radiológica de Pessoas.

**O DIRETOR DE SAÚDE DA AERONÁUTICA**, usando da atribuição que lhe confere a ICA 5-1, aprovada pela Portaria COMGEP nº 82/5EM, de 12 de maio de 2004, resolve:

Art. 1º - Aprovar a edição da ICA 160-42 - "Manual de Descontaminação Radiológica de Pessoas".

Art. 2º - Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Maj Brig Méd JOSÉ ANTONIO MONTEIRO  
Diretor de Saúde da Aeronáutica

(Publicado no BCA nº 070, de 12 de abril de 2011.)

## SUMÁRIO

<b>1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES</b>	<b>9</b>
1.1 <u>FINALIDADE</u>	9
1.2 <u>COMPETÊNCIA</u>	9
1.3 <u>ÂMBITO</u>	9
1.4 <u>CONCEITUAÇÃO</u>	9
<b>2.EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES</b>	<b>11</b>
<b>3 SÍNDROME AGUDA DA RADIAÇÃO</b>	<b>12</b>
3.1 <u>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</u>	12
3.2 <u>FORMAS DE EVOLUÇÃO DA PATOLOGIA CAUSADA PELA RADIAÇÃO</u>	12
3.3 <u>RESUMO DAS ALTERAÇÕES CAUSADAS PELA RADIAÇÃO</u>	14
<b>4 PROGNÓSTICO E TERAPÊUTICA DA DOENÇA AGUDA DA RADIAÇÃO</b>	<b>15</b>
4.1 <u>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</u>	15
4.2 <u>EFEITOS IMEDIATOS LOCALIZADOS</u>	15
<b>5 EFEITOS TARDIOS DAS RADIAÇÕES</b>	<b>18</b>
5.1 <u>CONSIDERAÇÕES GERAIS</u>	18
5.2 <u>RADIOCARCINOGÊNESE</u>	18
5.3 <u>MODIFICAÇÕES DA VIDA MÉDIA</u>	19
5.4 <u>EFEITOS NO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO E FETAL</u>	19
5.5 <u>EFEITOS LOCALIZADOS - CATARATOGÊNESE</u>	20
5.6 <u>EFEITOS GENÉTICOS DA RADIAÇÃO</u>	
<b>6 ABSORÇÃO DE RADIONUCLÍDEOS</b>	<b>21</b>
6.1 <u>ABSORÇÃO VIA GASTROINTESTINAL</u>	21
6.2 <u>ABSORÇÃO VIA INALAÇÃO</u>	21
6.3 <u>ABSORÇÃO ATRAVÉS DA PELE</u>	23
<b>7 METABOLISMO</b>	<b>24</b>
<b>8 DEPOSIÇÃO DE RADIONUCLÍDEOS ABSORVIDOS</b>	<b>25</b>
<b>9 ELIMINAÇÃO DOS RADIONUCLÍDEOS</b>	<b>26</b>
<b>10 ORIENTAÇÃO BÁSICA</b>	<b>27</b>
<b>11 DEBRIDAMENTO CIRÚRGICO</b>	<b>29</b>
<b>12 ROTINAS DE EXAMES COMPLEMENTARES</b>	<b>30</b>
12.1 <u>CASOS DE IRRADIAÇÃO EXTERNA</u>	30
12.2 <u>CASOS DE CONTAMINAÇÃO INTERNA</u>	31
12.3 <u>CASOS DE RADIAÇÃO INDUZIDA</u>	32
<b>13 DISPOSIÇÕES FINAIS</b>	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>35</b>
<b>Anexo A – Roteiro básico para descontaminação de produtos mais comumente encontrados em reatores e instalações do ciclo do combustível nuclear</b>	<b>36</b>

## **P R E F Á C I O**

Cuidados em processos de descontaminação radiológica de pessoas é fundamental, não somente porque depende de uma série de fatores para escolha da metodologia a ser empregada, mas também durante a realização da mesma, a fim de não piorar o quadro quer seja aumentando a área da contaminação ou transformando uma contaminação externa em uma contaminação interna. Este manual fornece informações para decisões importantes no campo de descontaminação radiológica de pessoas, bem como orientações quanto a exames e acompanhamentos, sendo uma ferramenta útil para os profissionais da área de saúde.

## 1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

### 1.1 FINALIDADE

Este Manual tem por finalidade estabelecer conceitos e procedimentos básicos aplicáveis à descontaminação radiológica de pessoas.

### 1.2 COMPETÊNCIA

É de competência do Comando-Geral do Pessoal (COMGEP), por intermédio da Diretoria de Saúde (DIRSA), propor a atualização do presente Manual.

### 1.3 ÂMBITO

O presente Manual aplica-se às organizações do Comando da Aeronáutica, às entidades direta ou sistemicamente a ele vinculadas e às equipes engajadas no atendimento de pessoas e aeronaves envolvidas em acidente nuclear ou radiológico.

### 1.4 CONCEITUAÇÃO

Para fins do presente Manual, serão adotadas as seguintes conceituações:

- a) área de descontaminação - área destinada ao processo de descontaminação de aeronaves, máquinas, equipamentos, cargas e utensílios, sujeita a regras especiais de segurança;
- b) contaminação - presença indesejável de materiais radioativos em pessoas, materiais, meios e locais;
- c) contaminação externa - contaminação (predominantemente) na superfície da pele, cabelos e vestimentas de pessoas;
- d) contaminação interna - contaminação dentro do corpo humano;
- e) decaimento - transformação de um nuclídeo instável em outro diferente, usualmente acompanhada de emissão de partículas carregadas e raios  $\gamma$ ;
- f) descontaminação - remoção ou redução da contaminação a níveis aceitáveis;
- g) dose absorvida - é a energia média depositada pela radiação (que atravessa o meio material) em um volume elementar de matéria de massa  $dm$ . A unidade de dose absorvida é definida como sendo o Gray (Gy), sendo que  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$ ;
- h) dose equivalente (ou simplesmente dose) - grandeza equivalente à dose absorvida no corpo humano modificada de modo a constituir uma avaliação do efeito biológico da radiação. a unidade de dose equivalente é definida como sendo o Sievert (Sv), onde  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$ ;
- i) exposição - irradiação externa ou interna de pessoas com radiação ionizante;
- j) exposição externa - exposição do corpo, ou parte dele, à radiação emitida por fontes externas ao corpo;
- l) exposição interna - exposição do corpo, ou parte dele, a radiação emitida por fonte interna ao corpo;

- m) meia-vida biológica de um radionuclídeo - tempo necessário para que metade da quantidade de um radionuclídeo, presente no interior do corpo, seja eliminado pelas vias normais de excreção;
- n) meia-vida efetiva de um radionuclídeo - tempo em que a exposição à radiação do corpo fica reduzida à metade, devido a contribuição da meia-vida física e da meia-vida biológica do radionuclídeo;
- o) meia-vida física de um radionuclídeo - tempo necessário para que determinada amostra deste radionuclídeo tenha sua atividade reduzida à metade, devido ao fenômeno do decaimento;
- p) partícula alfa - núcleo de hélio, constituído por dois prótons e dois nêutrons, tendo portanto dupla carga positiva;
- q) partícula beta - partícula carregada emitida pelo núcleo, tendo massa e carga iguais às do elétron;
- r) proteção radiológica (ou radioproteção) - conjunto de medidas que visam proteger o homem e o meio ambiente de possíveis efeitos indevidos (indesejáveis) causados pela radiação ionizante, de acordo com princípios básicos estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);
- s) radiação ionizante (ou simplesmente radiação) - qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza direta ou indiretamente seus átomos ou moléculas;
- t) radionuclídeo (também chamado de radioisótopo) - espécie nuclear instável, isto é, radioativo. Caracterizado por um determinado número de prótons e um determinado número de nêutrons; e
- u) raios gama - radiação eletromagnética penetrante, cujo comprimento de onda é menor que o da luz visível. São provenientes do núcleo do átomo.

## **2 EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES**

**2.1** A exposição do tecido à radiação produz radicais livres e agentes oxidantes que interagem com as células, danificando-as rápida e prematuramente, inibindo mitoses e alterando o padrão genético celular, acarretando mutações.

**2.2** Os efeitos nocivos da radiação no homem advêm do dano celular, podendo ser convenientemente divididos em “somáticos” e “hereditários”. Os efeitos “somáticos” são causados pela interação da radiação com os tecidos, lesando única e exclusivamente a pessoa exposta. Os efeitos hereditários, ao contrário, são aqueles que, devido a lesões dos órgãos reprodutores do indivíduo exposto, podem provocar alterações nas gerações futuras.

**2.3** Em radiopatologia, é importante procurar distinguir os efeitos das irradiações localizadas, nas quais somente uma determinada região do organismo foi exposta, das acarretadas pelas irradiações de corpo inteiro. Outro parâmetro importante para a classificação dos efeitos somáticos das radiações ionizantes fundamenta-se na cronologia de seu aparecimento, dividindo-os em imediatos e retardados e adotando, por convenção, o limite de sessenta dias como fronteira entre os dois tipos.

**2.4** Assim, por exemplo, a exposição a doses relativamente elevadas pode provocar a chamada Síndrome Aguda de Radiação (SAR), observada em período menor que sessenta dias, sendo, portanto, efeito imediato; por outro lado, a carcinogênese radioinduzida pode aparecer vários anos após a exposição e constitui exemplo de efeito retardado.



### 3 SÍNDROME AGUDA DA RADIAÇÃO (sar)

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O conjunto de sinais e sintomas observados após exposição a doses relativamente elevadas no corpo inteiro caracteriza a síndrome aguda da radiação. É uma doença polimorfa, composta de diferentes quadros clínicos, caracterizados por sintomatologia, cronologia de evolução, gravidade e prognóstico nitidamente dependentes da dose absorvida pelo organismo. cada uma das formas de expressão da SAR constitui uma síndrome específica, mas os sinais e sintomas nelas observados são também encontrados em diversas entidades patológicas. assim, somente a forma de associação destes (sinais e sintomas) oferece unidade clínica à doença e a caracteriza.

#### 3.2 FORMAS DE EVOLUÇÃO DA PATOLOGIA CAUSADA PELA RADIAÇÃO

**3.2.1** O fator mais importante é a dose de radiação absorvida, devendo ser correlacionada com o tempo médio de sobrevivência (figura 1). O tempo transcorrido entre a irradiação e a morte pode ser bastante reduzido, situação na qual torna-se impossível caracterizar a evolução clínica da doença aguda da radiação. Em outras situações, entretanto, a evolução pode ocorrer em alguns dias ou até em semanas, sendo, nestas condições, possível distinguir uma fase prodrômica, que é observada minutos ou horas após a irradiação e cuja gravidade serve, muitas vezes, como indicadora de evolução da doença e de parâmetro prognóstico.

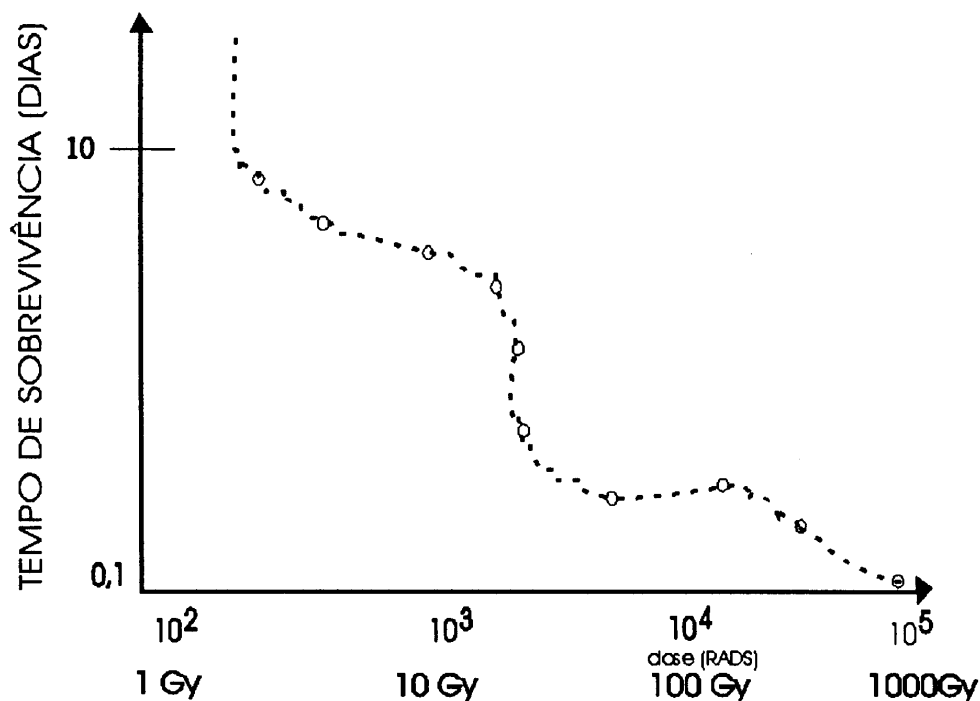


Figura 1 – Tempo de sobrevivência

**3.2.2** Os sinais e sintomas da fase prodrômica podem ser gastrointestinais ou neuromusculares. No primeiro grupo estão incluídos anorexia, náuseas, vômitos,

diarréia e desidratação, enquanto no segundo encontra-se astenia, apatia, sudorese intensa, febre, cefaléia e surtos hipertensivos. Os mecanismos fisiopatológicos que reagem a fase prodrômica ainda não se encontram suficientemente esclarecidos, mas o sistema nervoso autônomo deve desempenhar importante papel na etiologia dos sinais e sintomas observados.

**3.2.3** A exposição a centenas de Grays leva ao óbito, que ocorre em poucos minutos, provavelmente por destruição de macromoléculas e de estruturas celulares indispensáveis à manutenção dos processos vitais. Este quadro é freqüentemente designado como morte por inativação molecular.

**3.2.4** Para dose da ordem de grandeza de 100 Gy, a morte ocorre em algumas horas, no máximo em 1 ou 2 dias, sendo os principais sinais e sintomas observados decorrentes da falência do sistema nervoso central, incluindo desorientação temporo-espacial, perda da coordenação motora, distúrbios respiratórios e convulsões, com a evolução rápida para coma e morte. Devido à rapidez do quadro, as lesões provocadas em outros sistemas, como o gastrointestinal, não tem tempo suficiente para uma total expressão, embora náuseas e vômitos acompanham esta síndrome, conhecida como Síndrome do sistema nervoso central (SNC).

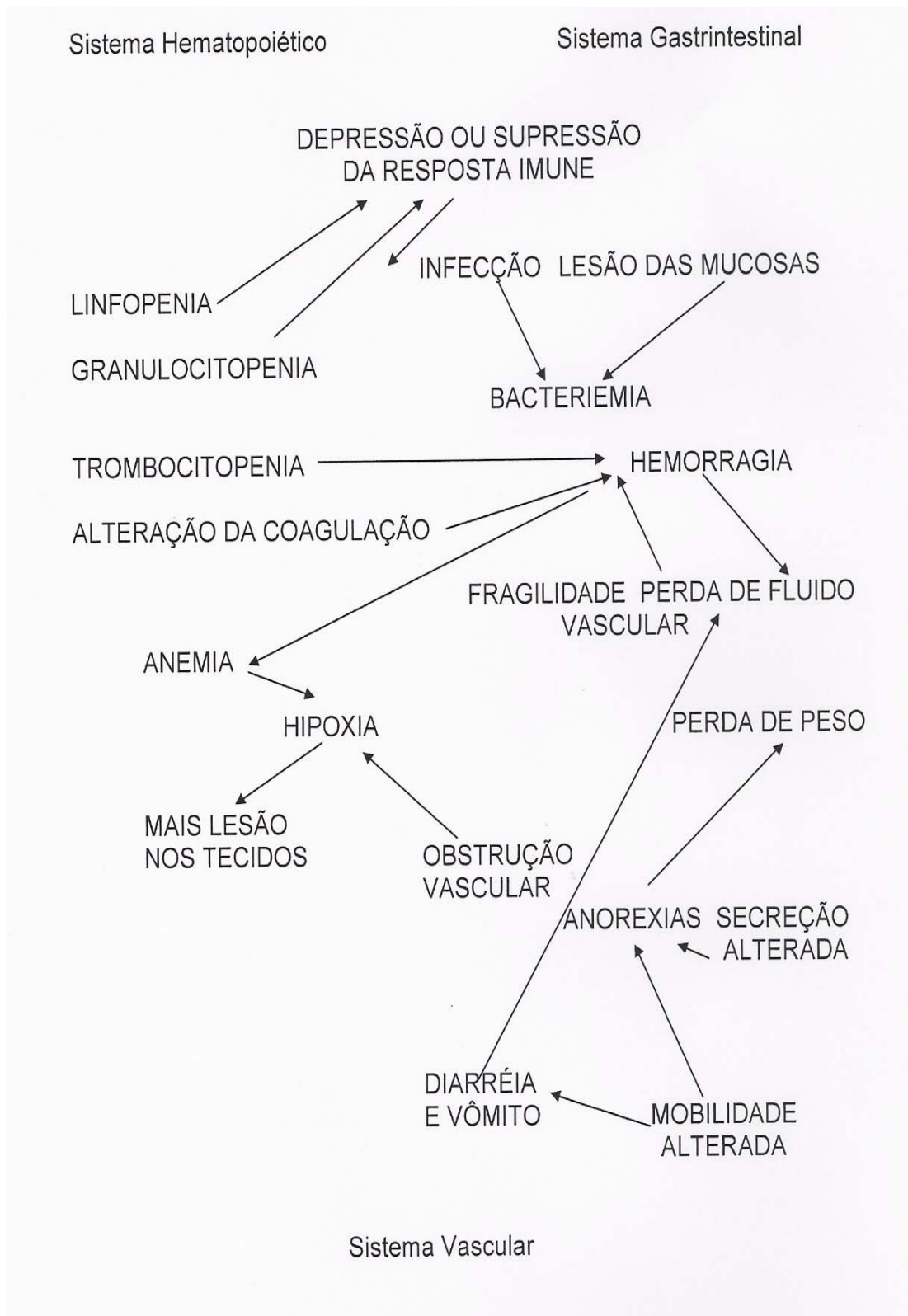
**3.2.5** Em doses de centenas de Grays, usualmente é observado, após a já mencionada fase prodrômica, um período latente, com duração de algumas horas ou de alguns dias, durante o qual não se evidenciam sinais e sintomas bem definidos. O término deste período corresponde à instalação de quadro clínico com aspectos múltiplos, com predominância hematopoiética ou gastrointestinal, conforme a dose absorvida.

**3.2.6** Quando a dose absorvida em uma exposição de corpo inteiro é da ordem de algumas dezenas de Grays expressa-se a Síndrome Gastrointestinal, que geralmente acarreta a morte em alguns dias. Os sintomas iniciais são náuseas, vômitos, anorexia, intensa diarréia e apatia, seguindo-se desidratação, perda de peso e morte do paciente. A lesão importante na patogenia desta Síndrome é a inativação e destruição das células epiteliais das vilosidades intestinais, com a impossibilidade de regeneração. Estas alterações podem justificar o quadro clínico observado, inclusive a possibilidade de infecções bastante graves, capazes de acarretar SEPSIS por microorganismos da flora intestinal normal, que chegam à corrente sangüínea através das lesões provocadas no epitélio intestinal.

**3.2.7** Doses abaixo de dez Grays resultam no aparecimento de Síndrome Hematopoiética, cuja etiologia está vinculada à inativação dos elementos figurados do sangue e, principalmente, à ação da radiação sobre os tecidos hematopoiéticos, como, por exemplo, a medula óssea e o baço. Como diversos tipos de células sangüíneas têm meias vidas biológicas relativamente longas, algumas das conseqüências do bloqueio dos processos de neoformação só se tornam significativos depois de transcorrido algum tempo desde a irradiação.

**3.2.8** Logo após a exposição à radiação é possível detectar significativa redução do número de linfócitos circulantes, sendo que a gravidade da linfopenia produzida serve de indicadora da dose de radiação absorvida. As alterações radioinduzidas no número dos diferentes elementos figurados do sangue traduzem-se por múltiplas conseqüências no organismo. Assim, por exemplo, a trombocitopenia constitui uma das causas das hemorragias observadas pós-irradiação, da mesma forma que a redução da resposta imunitária pode ser explicada pela leucopenia, acarretando infecções que, muitas vezes, são as causas da morte de pacientes acometidos pela doença aguda da radiação.

### 3.3 RESUMO DE ALTERAÇÕES CAUSADAS PELA RADIAÇÃO



## **4 PROGNÓSTICO E TERAPÊUTICA DA DOENÇA AGUDA DA RADIAÇÃO**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

**4.1.1** A gravidade da Síndrome Aguda da Radiação (SAR) é dose dependente, tendo o seu prognóstico conseqüentemente influenciado pela mesma. Para pacientes que tenham absorvido dez Grays ou mais, quase nada é possível fazer, salvo o elementar dever do profissional de saúde de propiciar-lhes condições menos traumatizantes, no guardo do inevitável óbito. Nestes casos, a terapêutica é essencialmente paliativa e sintomática.

**4.1.2** Nas faixas de doses inferiores a dez Grays diversas medidas terapêuticas têm sido propostas. O primeiro problema crítico é a correta estimativa da dose absorvida pois, em algumas situações, o paciente não está utilizando qualquer sistema dosimétrico, enquanto em outras os eventuais dispositivos existentes podem estar “saturados”, por ter sido ultrapassada a exposição máxima que eles podem indicar.

**4.1.3** Alguns indicadores biológicos têm sido propostos, tais como excreção urinária de ácido Beta-Amino-Isobutírico, do seu produto de catabolismo celular ou de desoxicitidina.

**4.1.4** A primeira recomendação importante é a imediata internação do paciente em uma UTI, dada a gravidade do quadro que certamente ocorrerá. Em alguns casos, conforme a natureza do acidente, poderão ser necessárias providências de “descontaminação” da pele e, eventualmente, a monitoração de nuclídeos radioativos produzidos nos tecidos pelo bombardeio com nêutrons.

**4.1.5** Embora alguns especialistas ainda advoguem uma conduta essencialmente conservadora, só administrando medicação após a expressão clínica de sinais e sintomas que indiquem o aparecimento de uma síndrome radioinduzida, a maioria acredita na validade da adoção de alguns procedimentos de rotina, a saber:

medidas anti-infecciosas - manutenção do paciente em ambiente estéril, incluindo a utilização de tendas de plástico (bolhas). Antibioticoterapia, especialmente se precedida da identificação de germes patogênicos. O emprego de  $\gamma$  globulina e transfusão de leucócitos têm sido sugeridos como eficientes, no intuito de conter a instalação de infecções, inclusive sepsis; medidas anti-hemorragicas - a mais eficiente destas parece ser transfusão de plaquetas, controlando, ao menos temporariamente, as perdas sangüíneas; transplante de medula óssea; e reposição de fluidos e eletrólitos.

### **4.2 EFEITOS IMEDIATOS LOCALIZADOS**

**4.2.1** Embora as alterações estruturais e funcionais dos tecidos irradiados variem de acordo com a natureza dos mesmos, alguns aspectos gerais podem ser apontados, tais como a inibição das mitoses e o aparecimento de aberrações cromossômiais. Processos hemorrágicos e edemigênicos, relativamente freqüentes, traduzem modificações no sistema vascular e/ou na permeabilidade, enquanto a remoção dos restos celulares é explicada pela intensa fagocitose local.

**4.2.2** Efeitos localizados podem ocorrer quando somente um determinado segmento é exposto à radiação, mesmo em radioterapia. Mas em caso de irradiação de corpo inteiro, abordada anteriormente, podem ser observados, nos diferentes órgãos e aparelhos, efeitos semelhantes aos que serão descritos a seguir.

**4.2.3** Na pele, o primeiro sinal observado é o eritema, análogo ao produzido pelo ultravioleta. Seguem-se a epilação (ou alopecia), a formação de flictenas (bolhas) e a necrose do epitélio, muitas vezes acompanhada de ulceração, uma via adicional de penetração de agentes patogênicos. A epilação resulta de lesão nos folículos pilosos e, na dependência da dose, pode ser temporária ou definitiva.

**4.2.4** A radiação produz danos em todas as camadas da pele, mas o principal sítio de dano é na camada germinativa da epiderme. A primeira resposta da pele à radiação é a dilatação da rede capilar e a liberação de histamina, a qual é responsável pelo característico avermelhamento da pele, denominado eritema.

**4.2.5** Em casos de exposição a doses elevadas, a pele torna-se vermelha e se formam pequenas bolhas que evoluem formando grandes vesículas, as quais se rompem expondo as camadas mais internas da pele.

**4.2.6** Posteriormente, pode ocorrer a morte das células da epiderme e derme, originando uma úlcera profunda.

**4.2.7** Esses ferimentos irão apresentar cicatrizes pouco vascularizadas, deficientes em tecido elástico e possuirão mais tecido fibroso do que a derme normal. Para doses de 3 a 8 Sv os sinais irão se manifestar após duas a três semanas, com o aparecimento de um eritema. O efeito na pele assemelha-se a uma queimadura térmica de 1º grau, tal como queimadura solar branda, o ferimento perdura por algumas semanas e então evolui para a cura, podendo deixar cicatriz ou não.

**4.2.8** Para doses mais elevadas o eritema aparece uma semana após a irradiação e é acompanhado por danos graves à pele. A epiderme entra em processo de descamação que pode ser inicialmente seca e posteriormente úmida e é acompanhada por embolhamento, ulceração e exsudato fluido. A cicatrização das ulcerações leva muitos anos.

**4.2.9** Quanto às células germinativas formadoras do pêlo e cabelo, situadas nos folículos capilares, dose de 3 a 4 Sv afeta o crescimento do cabelo. Dose de 7 Sv leva a queda do cabelo em uma a três semanas após a irradiação, mas o cabelo volta a crescer, porém, para dose acima de 7 Sv, a perda dos pêlos e cabelos são irreversíveis.

**4.2.10** No aparelho cardiovascular podem ser observados pericardite fibrosa e fibrose difusa intersticial miocárdica, as quais ocorrem em pacientes que são submetidos a radioterapia na doença de HOOGLIN ou outros linfomas. Os vasos de pequeno e médio calibre também costumam ser lesados, ocorrendo vasodilatação, aumento da permeabilidade vascular e desenvolvimento de processos trombóticos.

**4.2.11** irradiação dos pulmões produz edema intersticial e alveolar, com posterior hialinização e fibrose, resultando em diminuição da capacidade ventilatória.

**4.2.12** o tubo digestivo, além das lesões nas vilosidades intestinais, são freqüentes os danos no epitélio da boca e esôfago, com eventual ulceração e estenose.

**4.2.13** rim é relativamente radiosensível, provavelmente pelas lesões provocadas em arteríolas e capilares, sendo freqüente o desenvolvimento de nefroesclerose. Também a bexiga é sensível, especialmente por causa das lesões provocadas na mucosa, com ulceração e eventuais infecções.

**4.2.14** As gônadas são bastante radiosensíveis.

**4.2.15** Esterilização temporária ou definitiva podem ocorrer. As espermatogonias são mais sensíveis que os espermatócitos e espermátides.

**4.2.16** Necrose do SNC só ocorre após a absorção de doses elevadas, sendo devido à lesão das células gliais e a alterações da permeabilidade e vascularização.

**4.2.17** O ouvido é bastante resistente à radiação.

## **5 EFEITOS TARDIOS DAS RADIAÇÕES**

### **5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

**5.1.1** A dificuldade na classificação do efeito da radiação (imediate ou retardado) já foi discutida anteriormente, sendo adotada a marca convencional de sessenta dias.

**5.1.2** Além disto, muitas vezes, torna-se difícil distinguir um efeito tardio das radiações ionizantes das múltiplas entidades patológicas, que acompanham o envelhecimento. Exemplo significativo desta dificuldade é a carcinogênese, visto ser impossível, mesmo após exposição a doses elevadas, assegurar que uma neoplasia maligna tenha sido realmente radioinduzida. A análise estatística de populações irradiadas e grupo controle permitiria esclarecer este ponto, mas é indispensável não esquecer as doses absorvidas, o que aumenta substancialmente as dificuldades para a obtenção de resultados com significância estatística, ao menos na espécie humana. Cabe ainda lembrar que muitos efeitos somáticos só são observados longo tempo após a exposição, o que representa dificuldade adicional na realização destes estudos.

**5.1.3** Por estas razões, além de outras não citadas, a identificação de radiação como agente causal de determinado efeito, só pode ser feita, com absoluta certeza, em algumas situações. A experimentação com animais permite descrever, pelo menos, alguns efeitos tardios da radiação, quais sejam:

- a) radiocarcinogênese;
- b) modificação da vida média;
- c) alteração do crescimento, desenvolvimento e embriogênese;
- d) efeitos localizados (catarata); e
- e) efeitos genéticos das radiações.

### **5.2 RADIOCARCINOGENESE**

**5.2.1** A leucemia constitui uma das formas de câncer mais estudadas no campo da radioatividade. Às formas clínicas são principalmente duas: MIELOÍDE e LINFOCÍTICA, podendo ser de evolução aguda ou crônica. As análises realizadas entre os quase 115.550 sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki indicaram um substancial aumento na incidência destas formas de leucemia, executando-se a linfocítica crônica. Considerando-se as diferenças de composição de feixe de radiação nas duas cidades (Hiroshima 25% devida a nêutrons e Nagasaki quase que exclusivamente raios  $\gamma$ ), são observadas diferenças no risco provocado pela exposição e nas formas leucêmicas. Estes estudos precisam ser encarados com cuidado, pelo menos em termos de expressão quantitativa do risco, uma vez que a dificuldade para a determinação da dose absorvida é muito grande.

**5.2.2** Em pessoas expostas profissionalmente, o risco de leucemia era bastante elevado, antes do rigoroso cumprimento das normas da radioproteção, mas o problema parece já estar sanado. A título de ilustração, basta lembrar que um radiologista na década de 30, talvez recebesse cerca de 1 Gy/ano, enquanto no final da década de 50, nos centros mais adiantados, a dose não ultrapassava 0,01 Gy/ano.

**5.2.3** A tireóide também é bastante sensível ao câncer radioinduzido, como verificado entre sobreviventes de explosões nucleares ou entre crianças submetidas a radioterapia para redução de hipertrofia do timo. Aumento da incidência de câncer, entretanto, não foi detectada em pacientes submetidos a doses terapêuticas de  $I^{131}$ , para tratamento de hipertireoidismo, o que talvez possa ser explicado pelo fato destas doses serem bastante elevadas e, assim, os efeitos letais “mascararem” as transformações neoplásicas.

**5.2.4** O câncer de mama também pode ser radioinduzido, assim como câncer ósseo. O câncer de pele foi o 1º tipo de neoplasia descrito como radioinduzido, mas aparenta ser raro quando as doses absorvidas são relativamente baixas. O câncer de pulmão é observado, com frequência entre mineiros que respiram produtos gasosos contendo radionuclídeos.

**5.2.5** Outros tipos de neoplasias têm sido descritas como radioinduzidas, embora em escala menor que as já citadas. Particular atenção desperta a verificação do aumento de incidência de leucemias e alguns tipos de tumores sólidos em crianças que foram irradiadas in útero, quase sempre por motivos obstétricos. Entretanto, resultados desta natureza ainda são controvertidos, principalmente considerando não ter sido observado aumento de cancerização em crianças irradiadas nestas condições, em Hiroshima e Nagasaki.

### **5.3 MODIFICAÇÕES DA VIDA MÉDIA**

**5.3.1** A exposição às radiações parece ser capaz de acarretar diminuição da vida média, mesmo excluindo as mortes causadas por motivos como a doença aguda da radiação, a carcinogênese, as lesões localizadas, etc. Existe, provavelmente, uma relação linear entre a dose absorvida e o encurtamento da vida em animais. Assim a radiação parece acelerar os processos de envelhecimento, por mecanismos ainda mal conhecidos, mas talvez relacionados com o acúmulo de lesões e/ou, ainda, ativação de vias incorretas de reparação.

**5.3.2** Este fenômeno, entretanto, ainda não foi confirmado na espécie humana, como atestam alguns exemplos. Na Inglaterra, pesquisa demonstrou que a vida média dos radiologistas era semelhante a de médicos de outras especialidades. Nos EUA, pesquisa análoga indicou morte prematura dos radiologistas. Excluídas as causas específicas como a carcinogênese, a vida média dos sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki é comparável a de pessoas não expostas.

**5.3.3** Paradoxalmente, em alguns experimentos, vários autores admitem que exposições à baixas doses de radiação possam aumentar a vida média, hipótese esta altamente especulativa e controversa.



#### **5.4 EFEITOS NO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO E FETAL**

As radiações são dotadas de efeito teratogênico. Irradiações realizadas antes da implantação do ovo traduzem-se, em regra, pela morte pré-natal. Já no período de organogênese, a irradiação tem grandes probabilidades de gerar malformação, cujas características são bastante variáveis, mas guardam, em geral algum tipo de correlação com o órgão que esteja sendo formado. Na espécie humana, algumas informações preliminares sobre a incidência de mal formações radioinduzidas foram obtidas mediante o estudo de mulheres grávidas submetidas a terapêutica antineoplásica ou a procedimentos diagnósticos, assim como pela análise em sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki. Nestes casos, a incidência de microcefalia e retardamento mental foi significativamente elevada.

#### **5.5 EFEITOS LOCALIZADOS – CATARATOGÊNESE**

A irradiação do globo ocular leva à formação de catarata, alguns meses ou alguns anos após a exposição, sendo o período latente mais reduzido para doses mais elevadas.

#### **5.6 EFEITOS GENÉTICOS DAS RADIAÇÕES**

**5.6.1** Os efeitos mutagênicos foram detectados há mais de meio século e tem sido exaustivamente estudados nos mais diversos sistemas biológicos. Os estudos em animais, principalmente camundongos, permitiram verificar as principais características das mutações radioinduzidas, que são as seguintes:

- a) elas são idênticas às que aparecem espontaneamente;
- b) o nº de mutações é função linear da dose, não parecendo haver um limiar para sua produção;
- c) a intensidade da mutagênese é dependente da taxa de dose, da qualidade, da radiação e do tipo de célula irradiada; e
- d) alguns genes são mais mutáveis que outros.

**5.6.2** As radiações provocam alterações estruturais nas moléculas de DNA, muitas das quais são transmissíveis às gerações subsequentes. As modificações do conteúdo informacional podem ser causadas por alterações da sequência química estrutural (mutações genéticas), assim como da estrutura ou do número de cromossomos (aberrações estruturais ou numéricas). Ainda não foi possível demonstrar, de forma indiscutível, a produção de mutações pelas radiações em seres humanos, o que é explicado por várias razões, tais como as reduzidas dimensões das populações irradiadas, o tempo necessário para obtenção de cada geração, as dificuldades para adequada dosimetria, impossibilidade de realização de cruzamentos controlados e etc.

**5.6.3** Entretanto, os inúmeros resultados obtidos em todos os organismos já estudados e a analogia existente entre eles e o homem não deixam dúvidas quanto a atividade mutagênica das radiações também para o ser humano.

## **6 ABSORÇÃO DE RADIONUCLÍDEOS**

### **6.1 ABSORÇÃO VIA GASTRINTESTINAL**

**6.1.1** A ingestão é importante, principalmente para materiais solúveis nos fluídos do corpo. Alguns compostos solúveis podem se converter em hidróxidos insolúveis, com o pH dos fluídos do corpo e vice-versa.

**6.1.2** A ingestão de materiais radioativos pelo homem pode acontecer por vários caminhos, tais como:

- a) bebendo água;
- b) comendo; ou
- c) por penetração acidental da cavidade da boca.

**6.1.3** A corrente alimentar é de grande importância no potencial de contaminação do corpo pelos materiais radioativos presentes na natureza. Uma das rotas mais comuns é a seguinte:

Precipitação radioativa -> planta -> animal -> carne e leite -> homem

**6.1.4** O leite é muito importante nesta cadeia, especialmente para o estrôncio radioativo e o iodo radioativo.

### **6.2 ABSORÇÃO VIA INALAÇÃO**

**6.2.1** Na indústria nuclear, a forma mais usual de contaminação interna no ser humano, durante operações de rotina, é através da inalação. As partículas radioativas inaladas podem ser transferidas para a circulação e depositar-se no órgão crítico. Isto pode causar um dano direto às paredes dos pulmões ou ser absorvido pelos nódulos linfáticos bronquial. O poder de penetração no sistema respiratório depende do tamanho da partícula. Partículas pequenas livres entram nas porções inferiores do pulmão; partículas grandes são depositadas principalmente nas porções superiores do trato respiratório e são facilmente retiradas.

**6.2.2** Normalmente as partículas possuem tamanhos heterogêneos. Frequentemente materiais radioativos estão relacionados com partículas de materiais inertes.

**6.2.3** Além deste fato, as partículas inaladas, ainda dependem de sua solubilidade nos fluídos do corpo. Isto determina o tamanho da extensão da deposição e subsequente excreção (figura 2).

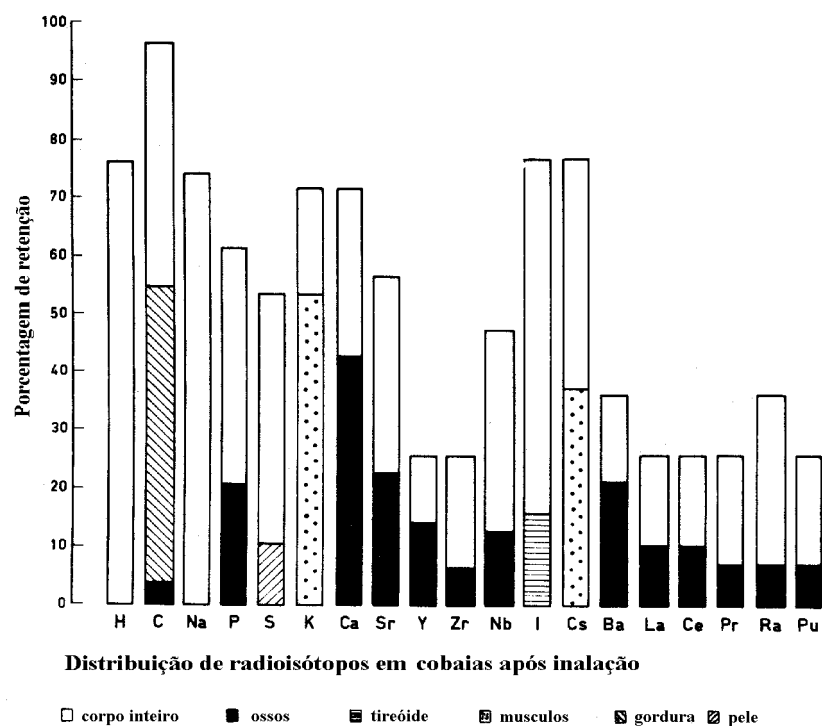


Figura 2 – Distribuição de radioisótopos em cobaias após inalação

### **6.3 ABSORÇÃO ATRAVÉS DA PELE**

**6.3.1** A pele intacta absorve muito pouco material radioativo. Trítio, porém, e alguns outros podem ser absorvidos. A permeabilidade da pele que está prejudicada devido a uma escoriação é consideravelmente grande. Ferimentos permitem a entrada de materiais radioativos. A presença de solventes orgânicos na superfície da pele acelera a penetração de materiais radioativos.

**6.3.2** Quando grande quantidade de material radioativo entra em contato com a pele, em um acidente, a absorção através da pele deve ser levada em consideração.

## **7 METABOLISMO E TOXICIDADE DE MATERIAIS RADIOATIVOS**

**7.1** Radionuclídeos podem entrar no corpo humano por várias vias e causar uma irradiação interna. A importância disto é particularmente enfatizada pelo fato de que certos radionuclídeos ficam depositados no corpo mais ou menos de forma permanente, causando sérias consequências para o indivíduo afetado.

**7.2** As propriedades físicas e químicas do material absorvido são de grande importância. O tempo da exposição é influenciado pela meia vida física e outros parâmetros biológicos, e o dano causado depende da natureza da radiação emitida. Partículas alfa e beta são absorvidas localmente e distribuem a dose em uma pequena área do tecido, enquanto que os raios gama atingem uma porção maior do corpo. A natureza química do material absorvido possui um papel importante na determinação do efeito biológico. Radioisótopos de elementos normalmente presentes no corpo (fósforo, carbono, cálcio, enxofre, ferro e estrôncio) participam do processo metabólico e comportam-se, no corpo, como isótopos estáveis.

## 8 DEPOSIÇÃO DE RADIONUCLÍDEOS ABSORVIDOS

**8.1** Os efeitos da absorção de materiais radioativos diferem daquelas de radiação externa porque elas geralmente se distribuem de forma irregular dentro do corpo e sua presença constitui uma fonte continua de radiação. Quando o material radioativo pode ser considerado uma “fonte pontual”, as células próximas recebem uma dose muito maior do que as situada mais distantes. Em tais casos, é muito difícil determinar a dose real devido à radiação.

**8.2** A distribuição de substâncias radioativas que entraram no corpo é influenciada pelas suas características químicas e pelas suas interações químicas com os constituintes do corpo; sua concentração em um órgão em particular, designa-o como “órgão crítico”.

**8.3** Materiais alcalinos como o estrôncio e radio são metabolizados como o cálcio. Eles são depositados e retidos nos ossos e não se distribuem de forma irregular. Porém, podem formar pequenos focos localizados com uma concentração não usualmente alta.

**8.4** De outra maneira, o  $^{137}\text{Cs}$  é mais uniformemente distribuído no corpo. A maior parte (aproximadamente 60%) será depositada nos músculos e o resto nos órgãos viscerais, cérebro, sangue, osso e dentes, nesta ordem.

**8.5** O  $^{131}\text{I}$  é incorporado pela glândula tireóide e participa de seu metabolismo. As formas de contaminação por  $^{131}\text{I}$  são por ingestão e inalação devida a característica volátil deste elemento.

**8.6** O polônio e o plutônio são as fontes alfas mais tóxicas. A toxicidade do  $^{210}\text{Po}$  é aproximadamente 120 vezes maior do que a do  $^{226}\text{Ra}$ . O polônio é distribuído uniformemente no corpo e o plutônio se concentra predominantemente nos ossos, fígado e ovário.

## 9 ELIMINAÇÃO DOS RADIONUCLÍDEOS

**9.1** Os nuclídeos radioativos introduzidos no corpo humano podem ser eliminados pelos rins, intestino, suor e etc. Substâncias dissolvidas no fluidos do corpo são excretadas predominantemente pela urina. O intestino elimina isótopos que tenham sido absorvidos e também aqueles que passaram sem absorção pelo trato digestivo devido à sua baixa solubilidade. Elementos radioativos são mais prontamente removidos dos nervos e tecido muscular, mais do que dos rins e das células do sistema retículo endotelial, e mais do que dos ossos. Nos nódulos linfáticos, os elementos radioativos são retidos por um período comparativamente longo. Isótopos gasosos igual ao do radônio são eliminados mais rapidamente dos pulmões.

**9.2** A taxa de eliminação é regida pela idade do corpo, pelas condições fisiológicas, pela natureza do radionuclídeo, pela quantidade de isótopos no corpo e por outros fatores. Na maior parte dos casos, a curva de eliminação possui um caráter complexo e somente num restrito intervalo de tempo tem um caráter exponencial.

A meia vida efetiva ( $T_{ef}$ ) do elemento radioativo no corpo é dada por:

$$T_{ef} = T_b \cdot T_r / T_b + T_r ,$$

onde:

$T_b$  é a meia vida biológica, sendo  $T_b = \ln 2 / \lambda_b$ , onde  $\lambda_b$  é a constante de eliminação biológica.

$T_r$  é a meia vida radiológica do elemento radioativo, sendo  $T_r = \ln 2 / \lambda_r$ , onde  $\lambda_r$  é a constante de desintegração radioativa do elemento em questão.

## 10 ORIENTAÇÃO BÁSICA

**10.1** As orientações básicas para as Equipes Médicas quanto às medidas iniciais de descontaminação pessoal são:

- a) não será permitido que ninguém, a não ser o pessoal autorizado, esteja na área de descontaminação dos acidentados;
- b) se as roupas estiverem contaminadas, deverão ser removidas, cuidadosamente, de maneira que o material contaminante não se disperse no meio ambiente;
- c) quando for proceder a descontaminação do acidentado, deverão ser usados: luvas, avental, máscara cirúrgica e/ou outros equipamentos de proteção individual necessários;
- d) em geral, nos casos de contaminação externa, o contaminante poderá ser removido pelo uso de água abundante; água e sabão ou pelo uso de um detergente suave em solução aquosa;
- e) colocar todo o material contaminado, tais como, roupas, esfregões, escovas, etc., em sacos plásticos impermeáveis e fechá-los hermeticamente, identificando-os;
- f) as áreas mais facilmente contaminadas nos acidentados são a face, mãos e pés, portanto, são as partes que deverão ser dadas mais atenção;
- g) as feridas e as escoriações, quando se localizarem nos membros, serão inicialmente garroteadas acima da lesão para que, pelo sangramento induzido, possam expulsar o contaminante de seu interior. Serão, a seguir, cobertas com curativos oclusivos impermeáveis, antes de proceder-se à descontaminação geral, para evitar maiores contaminações por estas vias de acesso ao meio interno;
- h) em todos os casos em que houver suspeita de contaminação interna (feridas, inalação, ingestão, etc.), deve-se colher, o mais cedo possível, as emissões de urina e fezes para posterior estudo radioquímico;
- i) deverão ser inicialmente descontaminadas as regiões vizinhas aos orifícios corporais, iniciando-se pelas vizinhanças do nariz e da boca, tomando-se todos os cuidados possíveis para evitar a contaminação destes orifícios naturais;
- j) a seguir, o contaminante será removido das outras partes do organismo, fazendo-se todos os esforços possíveis para evitar a absorção pelo acidentado do material radioativo contaminante;
- k) inicia-se, então, o processo de descontaminação das feridas. Do centro para a periferia, em progressão lenta, evitando-se que os líquidos da lavagem do material contaminado penetrem em áreas de pele não contaminada, em feridas ou em orifícios naturais;



- l) importante manipular a pele com suavidade, pois esfregar com demasiada força ou com substâncias irritantes só a tornarão hiperemiada e frágil, podendo, ao mesmo tempo, empurrar o material contaminante mais profundamente em seus interstícios, o que induziria à contaminação interna, que deve ser evitada sempre que possível;
- m) antes de empregar um método de descontaminação cutânea mais severo, deve-se monitorar, após cada tentativa, a área já tratada e certificar-se, pela monitoração, da real necessidade de repetir o processo ou passar ao uso de um agente descontaminante mais severo;
- n) se a hiperemia e a fragilidade da pele forem evidentes e não se tiver obtido uma descontaminação eficaz, deve-se proceder à feitura de um curativo oclusivo impermeável na região, cobrindo-a com lanolina; no dia seguinte, proceder-se-á a novas tentativas de descontaminação, quando a pele já deverá estar recuperada em parte;
- o) quando todas as medidas acima indicadas falharem e a contaminação da região for suficientemente elevada para que sua remoção se faça necessária, pode-se pensar em tratamento cirúrgico, posterior, para remoção da pele contaminada. Tal procedimento, porém, só deverá ser feito em ambiente hospitalar. Este mesmo tratamento poderá ser necessário nas feridas e nas queimaduras, porém sempre será procedido em regime hospitalar;
- p) nas contaminações cutâneas envolvendo grande superfície corporal, o acidentado deverá ser submetido a uma lavagem corporal inicial, usando-se chuveiro com água morna, de cima para baixo. A cabeça será lavada em separado, tomando-se o cuidado para não contaminar os orifícios naturais da face e o restante do corpo;
- q) procedimentos especiais de descontaminação,
  - olhos e ouvidos: lavar com água destilada, evitando espalhar a contaminação para cabelos, face, boca e nariz;
  - nariz: lavar com soro fisiológico, usando cotonetes, evitando a aspiração do material empregado na lavagem. Guardar os cotonetes usados, para posterior radioanálise;
  - boca: deve ser lavada com água, não permitindo a deglutição da mesma. Para impedir que a água seja engolida, inclina-se a cabeça para a frente e para baixo com o paciente sentado; e
  - face: deve ser lavada com água, se necessário água e sabão, usando compressas ou pedaços de algodão, evitando a contaminação de seus orifícios naturais;
- r) medidas iniciais de descontaminação interna serão iniciadas quando os contaminantes externos forem de rápida absorção cutânea (ex.: Iodo) ou quando tiver ocorrido contaminação interna por qualquer via conforme Anexo A; e
- s) deverá ser realizada a monitoração do paciente após cada tentativa de descontaminação, a fim de se verificar a eficácia.

## **11 DEBRIDAMENTO CIRÚRGICO**

**11.1** No caso de necessidade de debridamento cirúrgico, este será realizado de forma idêntica à de qualquer ferida convencional, acrescentando-se, entretanto, o devido controle radiológico em articulação com a Equipe de Controle Radiológico (ECR).

**11.2** Qualquer excisão mais extensa deverá ser judiciosa, levando-se em conta o comportamento do radionuclídeo no organismo, razão pela qual será necessário o apoio da ECR para a identificação do elemento contaminante.

**11.3** As medidas de proteção necessárias são:

- a) proteger a mesa cirúrgica e o chão da sala de cirurgia com plástico;
- b) monitorar, de acordo com a contaminação o campo cirúrgico, o material utilizado (luvas, instrumental, etc.), inclusive o de expurgo, e a sala de cirurgia;
- c) monitorar sondas, tubos, vidros de aspiradores e etc.;
- d) usar, ao máximo, material descartável e considerar como material de expurgo toda a roupa contaminada, utilizada pela equipe;
- e) enviar as peças cirúrgicas para exame radioanalítico; e
- f) acondicionar adequadamente as peças cirúrgicas a serem encaminhadas para exame anatomopatológico.

## 12 ROTINAS DE EXAMES COMPLEMENTARES

### 12.1 CASOS DE IRRADIAÇÃO EXTERNA

Os exames complementares em casos de irradiação externa são:

- a) exames hematológicos,
  - leucometria global e específica de 3 em 3 horas, nas primeiras 6 horas; de 12 em 12 horas até o 5º dia; em seguida de 24 em 24 horas (dar atenção especial à contagem absoluta e relativa de linfócitos);
  - contagem de reticulócitos de 24 em 24 horas;
  - hematimetria, hematócrito e hemoglobina 3 vezes por semana ou conforme indicação clínica;
  - plaquetometria de 24 em 24 horas até o 10º dia; em seguida, 3 vezes por semana; entre o 20º e 35º dias, diariamente; e
  - exame de medula óssea dentro das primeiras 12-24 horas após o acidente, no local submetido a exposição mais intensa; depois nos 2º, 4º e 6º dias (em especial no 4º dia); posteriormente em ocasiões variáveis, com indicação para ser feito quando se suspeitar de degeneração medular, podendo-se apreciar processo regenerativo, inclusive pelo exame de material colhido em locais presumivelmente menos atingidos pela radiação; se ocorrer a fase crítica, entre os 18º e 25º dias (casos da categoria de “sobrevivência possível”) repetir o exame; a programação de mielogramas, entretanto, poderá variar, segundo critério médico, em função da evolução clínica e hematológica do paciente.

A rotina de execução de exames hematológicos poderá estender-se até a 3ª ou 4ª semana após o dia do acidente, conforme o caso, prolongar-se-á até a 5ª ou 6ª semana, atentar para a possibilidade de agravamento, entre os 20/25º e 30/35º dias, da redução de granulócitos, plaquetas e reticulócitos.

Se possível proceder-se-á a demonstração gráfica dos resultados obtidos.

- b) dosagens de eletrólitos no plasma;
- c) análise cromossômica - colher 10 ml de sangue heparinizado, colocar a amostra em frasco hermeticamente fechado e enviá-la, em caixa de isopor com gelo para o laboratório credenciado para tal. A primeira amostra deverá ser colhida dentro das 24 horas que sucederem o momento do acidente, repetindo-se o exame antes de completar a 4ª semana.  
Obs.: se possível, enviar amostras de pessoas normais, não expostas a radiação, para análises cromossômicas comparativas.

d) exames de urina,

- exames bacteriológicos deverão ser realizados em caso de exposição importante, em que for previsível a ocorrência de depressão medular, ou quando a dose da exposição for desconhecida. Colher a urina em condições assépticas, evitando-se entretanto, realizar cateterismo vesical para cultura bacteriana, teste de sensibilidade à quimioterápicos e antibióticos e contagem de colônias;
- exames bioquímicos em urina de 24 horas (opcionais), incluem dosagens de substâncias liberadas de macromoléculas protéicas e de metabolitos liberados dos tecidos submetidos à radiação (ácido betaminobutírico, cisteína, prolina, triptofano, valina, leucina, hidroxiprolina, finilalanina, arginina, aspargina, treonina, taurina e creatina).

—  
**Obs.:** Poderá ser estabelecido esquema para esses exames, incluindo a indicação de que substâncias deverão ser dosadas dentro de 48 horas após o acidente, repetindo-se os mesmos após 7 e 15 dias;

- exame radiométrico de urina, mesmo em se tratando de possível irradiação externa, guardar em geladeira a primeira amostra de urina, obtida após o acidente, cuidando de não misturá-las às demais amostras, para eventual exame radiométrico posterior, caso possa ser confirmado a existência de contaminação interna associada (registrar a hora e a data da colheita da amostra);
- e) cultura bacteriana de material de orofaringe com teste de sensibilidade a quimioterápicos e antibióticos. Deve ser também realizada, de imediato, no caso previsto para o exame bacteriológico citado no item d;
- f) coprocultura com teste de sensibilidade a quimioterápicos e antibióticos. Execução no caso previsto para o exame bacteriológico citado no item d;
- g) espermograma deve ser realizado 30 dias após o acidente, com repetição mensal, conforme esquema a ser estabelecido; e
- h) exame oftalmológico requer atenção para existência prévia de catarata (indicado especialmente em caso de exposições significativas).

## **12.2 CASOS DE CONTAMINAÇÃO INTERNA**

**12.2.1** A realização de exames com fins de obter aspectos ou parâmetros de natureza biológica, combinada à mensuração da carga corporal ou no órgão crítico e a análise dos elementos radioativos contaminantes, permitirá avaliar-se a importância da contaminação e estabelecer o plano de tratamento.

**12.2.2** Os exames complementares em casos de contaminação interna são:

- a) exames hamatológicos, dosagens eletrolíticas, análise cromossômica, exames bioquímicos e bacteriológicos são os mesmos citados anteriormente;
- b) radioanálise sangüínea, a qual deve ser realizada colhendo-se duas amostras de sangue venoso (uma de 20 ml sem preservativo ou aditivo e outra de 10 ml com heparina). Enviar em seguida para o laboratório credenciado para tal;
- c) radioanálise de urina, a qual deve ser realizada colhendo-se a primeira amostra, se possível antes do início do tratamento, em seguida, colher urina de 24 horas com o mesmo propósito. Estabelecer programa de exames por prazos mais longos, se for o caso, articulando-se com o laboratório credenciado para tal;
- d) radioanálise de fezes, a qual deve ser realizada colhendo-se todas as fezes eliminadas nos 3 ou 4 primeiros dias após o acidente;
- e) radioanálise diversas (esfregaços nasais, secreção obtida por expectoração induzida, material utilizado na descontaminação externa, etc.), as quais deverão ser enviadas para identificação e mensuração de radionuclídeos; e
- f) contagem de corpo inteiro, o qual deverá ser realizado no dia do acidente, tão logo a descontaminação externa tenha sido concluída, e repeti-lo ao término do tratamento executado, levando-se em conta as recomendações, quanto à viabilidade de execução de exames, citadas pelo órgão que irá realizar.

### **12.3 CASOS DE RADIOATIVIDADE INDUZIDA**

Os exames complementares em casos de radioatividade induzida são:

- a) contagem de corpo inteiro (mesmo esquema citado no item anterior);
- b) monitoração de objetos, os quais devem ser realizados em todos os objetos portados pelo paciente, sendo que os mesmos deverão ser identificados, anotando-se a posição exata em relação ao corpo do acidentado (dar atenção especial aos objetos que contenham ouro, enxofre, fósforo e lã). Guardá-los em separados (utilizar sacos plásticos), identificando-os minuciosamente com o nome, data e hora do acidente;
- c) monitoração de cabelos e unhas. Não deve ser realizado tricotomia à não ser se houver indicação cirúrgica de urgência, neste caso, guardar o material tricotomizado em embalagem etiquetada, com indicação dos dados mencionados no item anterior; e
- d) exames hamatológicos, dosagens eletrolíticas, análise cromossômica, exames bioquímicos e bacteriológicos são os mesmos citados anteriormente.

**12.4** Em qualquer dos casos citados neste Capítulo, para colheita de sangue, não utilizar iodo para desinfecção de pele; utilizar álcool ou álcool-eter.

### **13 DISPOSIÇÕES FINAIS**

**13.1** Esta publicação será revisada, em princípio, anualmente. Em razão da especificidade do assunto tratado, solicita-se que as sugestões pertinentes sejam enviadas até o mês de dezembro de cada ano, via cadeia de comando, à Diretoria de Saúde, a quem caberá a análise das mesmas.

**13.2** Este Manual substitui o MMA 55-37 – “Manual de Descontaminação Radiológica de Pessoas”, de 23 de julho de 1999, aprovado pela Portaria EMAER nº 26/3SC4, de 15 de julho de 1999.

**13.3** Os casos não previstos neste Manual serão submetidos ao Comandante-Geral do Pessoal.

**BIBLIOGRAFIA**

Bitelli, Thomaz - Dosimetria e Higiene das Radiações, Editora do Grêmio Politécnico, 1982, São Paulo

Resolução CNEN / CD 27 - “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica”, CNEN-NN-3.01, Comissão Nacional de Energia Nuclear.

do Amarante, Dr. José Alberto Albano - “Manual de Proteção Radiológica”, Ethicon Suturas S/A.

Nucle Rad Assessoria e Tecnologia em Radioproteção Ltda. - “Curso de Proteção Radiológica”, 1996.

Safety Series nº 25 - “Medical Supervision of Radiation Workers”, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1968.

SESMT - IPEN-CNEN-SP - “Tratamento Médico e Hospitalar de Acidentados por Radiação Ionizante e Acidentes por HF”.



**Anexo A – Roteiro básico para descontaminação de produtos mais comumente encontrados em reatores e instalações do ciclo do combustível nuclear**

RADIONUCLÍDEO CONTAMINANTE	TIPO DE CONTAMINAÇÃO		
	FERIDA	INGESTÃO	INALAÇÃO
a) Trítio	Hidratação com 5 a 8 litros de água por dia.		
b) Iodo	Administração por via oral de 5 gotas de solução saturada de lugol, em água ou de 130 mg de iodeto de potássio (KI).		
c) Terras raras, Plutônio e transu-rânicos	1. Lavagem da ferida com o conteúdo de 01 ampola de DTPA ou solução de DTPA a 1%.  2. Administração EV de DTPA, lentamente ( 1 g diluída em 250 ml de soro fisiológico ou de soro glicosado a 5% ).	1. Administração de DTPA sob forma de aerossol e aceleração do trânsito intestinal com sulfato de magnésio ou similar.	
d) Césio	Administração de azul da Prússia ( 1g 3 vezes por dia).		
e) Estrôncio	Lavagem da ferida com soro fisiológico.	Administração de 100 ml de gel de fosfato de alumínio seguida de administração de 40 ml cada 1-2 horas.	
f) Urânio	1. Lavagem da ferida com soro bicarbonatado. 2. Perfusão EV de soro bicarbonatado (em caso de ferida e de ingestão ou inalação de compostos transportáveis).		
g) Polônio	Uso de BAL - Dose de 3 mg/Kg, IM, de 4 em 4 horas durante três dias, testando-se previamente a sensibilidade do paciente com ¼ de ampola.		
h) Mistura de Produtos de Fissão	1. Administração de solução saturada de lugol ou de iodeto de potássio (como em “b”).  2. Lavagem da ferida com soro fisiológico (como em “e”). 3. Lavagem da ferida com DTPA (como em “c”). 4. Administração de azul da Prússia (como em “d”).  5. Administração EV de DTPA, lentamente (1 g diluída em 250 ml de soro fisiológico ou de soro glicosado a 5%).	2. Administração de gel de fosfato de alumínio (como em “e”). 3. Administração de azul da Prússia (como em “d”). 4. Administração de DTPA sob a forma de aerossol (como em “c”).	