

Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

**Principais ações de proteção radiológica para equipe médica como
primeiros respondedores frente a um evento com dispositivo de
dispersão radiológica**

Rio de Janeiro

2015

Hildanielle Ramos Duque

Principais ações de proteção radiológica para equipe médica como primeiros respondedores frente a um evento com dispositivo de dispersão radiológica

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção da certificação de Especialista pelo Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Cesar Augusto Da Silva - IRD/CNEN

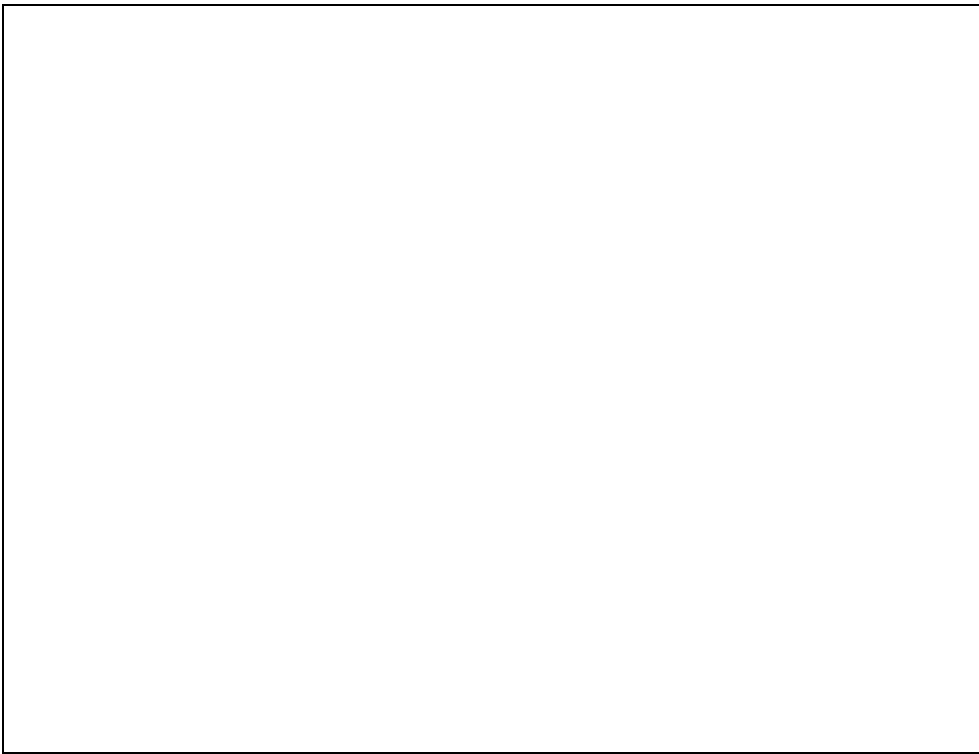
Rio de Janeiro – Brasil

Instituto de Radioproteção e Dosimetria – Comissão Nacional de Energia Nuclear

Coordenação de Pós-Graduação

2015

Ficha Catalográfica



Hildanielle Ramos Duque

**Principais ações de proteção radiológica para equipe médica como
primeiros respondedores frente a um evento com dispositivo de
dispersão radiológica**

Rio de Janeiro, 23 de setembro 2015.

Prof. Dr. Francisco Cesar Augusto Da Silva – IRD/CNEN

Prof. M.Sc. Ricardo Roberto de Azevedo Brito – IRD/CNEN

Prof. Dr. João Carlos Leocadio – IRD/CNEN

O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, sob orientação do Prof. Dr. Francisco Cesar Augusto Da Silva.

Dedico este trabalho ao Senhor Jesus

“De boas palavras transborda o meu coração:

Ao Rei consagro o quê compus.”

(Salmo 45:01)

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria que agradeço em primeiro lugar, a Deus por tudo que me tem proporcionado, pois é Ele quem opera o querer e o efetuar sobre todas as coisas.

Aos meus pais Edvaldo de Oliveira Duque e Djanira Ramos Duque, lembrança presente e constante em minha vida.

À minha família: meu amado esposo, Wanderson Menini, pelo companheirismo e empenho nessa nossa “empreitada” e, especialmente, a minha filha Júlia, símbolos de amor e paciência e por terem suportado comigo este período em que precisei ficar ausente em tantas ocasiões: motivação da minha caminhada.

Ao meu sogro José Menini, pelo incentivo, amor e apoio. É impossível agradecê-lo o suficiente. Que Deus o tenha em bom lugar!

À minha querida irmã e melhor amiga, Gisella Ramos Duque, sempre será meu braço direito e companheira de todos os momentos.

Ao corpo docente do curso de Radioproteção e Dosimetria IRD/CNEN, todos contribuíram de alguma forma para que eu pudesse chegar a este momento tão especial. Muito obrigada!

A todos da turma, colegas e companheiros de jornada! Vencemos!

Ao meu orientador e mestre Dr. Francisco Cesar Augusto da Silva pela sabedoria, amizade, paciência e persistência na configuração de novos conceitos.

Enfim, pela sua contribuição direta na execução deste trabalho, ensinando-me a acreditar mais em meu potencial e sendo minha bússola a direcionar-me neste trabalho. Minha gratidão eterna terá. Jamais me esquecerei de ti!

RESUMO

Após o atentado terrorista em Nova York, Estados Unidos, em 2001, houve uma preocupação mundial com possíveis atentados usando material radioativo em detonadores convencionais, os quais foram denominados como Dispositivo de Dispersão Radiológica (DDR) ou “bomba suja”. Vários estudos foram e estão sendo realizados para compor um conhecimento mundial sobre o tipo de evento. Como até hoje, felizmente, ainda não houve a finalização de um evento com DDR, o acidente de Goiânia, Brasil, em 1987, é usado como referência para tomadas de decisões. Várias equipes como técnicos especializados devem atuar num tipo de evento com DDR, mas as equipes médicas, que respondem rapidamente ao evento, devem ser devidamente protegidas dos efeitos nocivos da radiação provenientes destes tipos de artefatos. Baseado na atuação dos especialistas em proteção radiológica durante o acidente radiológico de Goiânia e com o conhecimento atual decorrente de lições aprendidas de diversos acidentes radiológicos ocorridos mundialmente, este trabalho apresenta uma adaptação das ações de proteção radiológica, provenientes destes acidentes radiológicos, para um evento com a detonação de um dispositivo de dispersão radiológica que auxilie uma equipe médica como primeiros respondedores aos eventos. Os seguintes aspectos são abordados: a problemática da contaminação radioativa proveniente da explosão do artefato em ambiente subterrâneo, as ações dos primeiros respondedores e a avaliação dos efeitos da radiação no ser humano. A elaboração deste trabalho foi embasada na seleção de bibliografias, artigos e documentos segundo critério de sua especificidade acerca do evento; além de relatos pessoais e informações acessíveis através de banco de dados acadêmicos do próprio Instituto de Radioproteção e Dosimetria. As ações de proteção radiológica, adaptadas para um evento de atentado terrorista com DDR, têm como cenário uma estação de metrô da capital. Dentre os principais resultados destacam-se: o uso do princípio básico do tempo, pois não há como atender um paciente mantendo total distância ou usando uma blindagem que impeça o atendimento; a utilização de vestimenta apropriada completa para proteção contra materiais contaminantes garantindo a segurança física dos profissionais, e a monitoração da equipe médica, ao final de um procedimento médico, verificando a presença de contaminação superficial no corpo do médico. A principal conclusão é que se deve manter um acompanhamento constante de especialistas em proteção radiológica em todas as ações médicas como primeiros respondedores.

Palavras chaves: Atentado terrorista com DDR, acidentes radiológicos, proteção radiológica, ação médica como primeiros respondedores.

ABSTRACT

After the terrorist attack in New York, USA, in 2001, there was a worldwide concern about possible attacks using radioactive material in conventional detonators, called as Radiological Dispersal Device (RDD) or "dirty bomb." Several studies have been and are being made to form a global knowledge about this type of event. As until now, fortunately, there has not been an event with RDD, the Goiânia Radiological Accident in Brazil, 1987, is used as a reference for decision-making. Several teams with technical experts should act in an event with RDD, but the medical staffs who respond quickly to the event must be properly protected from the harmful effects of radiation. Based on the radiological protection experts performance during the Goiânia accident and the knowledge from lessons learned of many radiological accidents worldwide, this work presents an adaptation of the radiation protection actions for an event with RDD that helps a medical team as primary responders. The following aspects are presented: the problem of radioactive contamination from the explosion of the device in underground environment, the actions of the first responders and evaluation of health radiation effects. This work was based on specialized articles and papers about radiological accidents and RDD; as well as personal communication and academic information of the Institute of Radiation Protection and Dosimetry. The radiation protection actions, adapted to a terrorist attack event with RDD, have as a scenario a subway station in the capital. The main results are: the use of the basic radiation protection principle of time because there is no condition to take care of a patient keeping distance or using a shielding; the use of full appropriate protection cloths for contaminating materials ensuring the physical safety of professionals, and the medical team monitoring at the end of a medical procedure, checking for surface contamination. The main conclusion is that all medical actions as primary responders must be followed up by radiation protection specialists.

Key words: Terrorist attack with RDD, radiological accidents, radiation protection, medical action as primary responders.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Objetivo	02
1.2. Justificativa	02
2. FONTES RADIOATIVAS E EQUIPAMENTOS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA	02
2.1. Pára-raios radioativos.....	06
3. EFEITOS DA RADIAÇÃO NO SER HUMANO	09
3.1. Etapas da produção do efeitos biológicos.....	10
3.2. Classificação dos efeitos biológicos.....	12
3.3. Síndromes e consequências.....	14
4. PRINCIPAIS ACIDENTES RADIOLÓGICOS OCORRIDOS NO BRASIL E NO MUNDO.....	16
5. DISPOSITIVO DE DISPERSÃO RADIOATIVO.....	20
6. O ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA COMO REFERÊNCIA PARA AÇÕES COM DDR.....	23
7. POSSÍVEL CENÁRIO DE UM DDR.....	24
8. AÇÕES DOS PRIMEIROS RESPONDEDORES.....	26
9. AÇÕES MÉDICAS FRENTE A UM DDR.....	30
10. AÇÕES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA A EQUIPE MÉDICA DE PRIMEIROS RESPONDEDORES.....	31
11. RESULTADOS.....	34
12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pára-raios radioativo de ^{241}Am	07
Figura 2 -. Dados técnicos do pára- raios ^{241}Am	08
Figura 3 - Dados técnicos do radionúclídeo ^{241}Am	09
Figura 4- As etapas de radiolesão celular.....	12
Figura 5-Especialistas monitorando áreas radiocontaminadas.....	13
Figura 6 - Radiolesão.....	13
Figura 7 - Síndrome Cutânea da Radiação.....	16
Figura 8 - Clínica de radioterapia abandonada e destroços equipamento de teleterapia.....	17
Figura 9 - Especialista recolhendo os rejeitos e monitorando a contaminação do cenário.....	17
Figura 10 - Pessoas afetadas por irradiação, após contato com ^{137}Cs	18
Figura 11- Efeito da SCR.....	19
Figura 12- Estágios que decorreram a radiolesão.....	20
Figura 13- Bomba suja – DDR.....	20
Figura 14- Dispositivo Nuclear Improvisado.....	21
Figura 15- Primeiros respondedores-Bombeiros, Polícia e equipe médica.....	25
Figura 16- Cenário hipotético simulando um atentado terrorista com “Bomba Suja”.....	26
Figura 17- Detectores de radiação portáteis.....	27
Figura 18 Dosímetros pessoais	28
Figura 19- Especialistas com EPIs.....	29
Figura 20- Delimitação de áreas.....	31
Figura 21- EPI completo.....	35
Figura 22: Equipamentos de monitoração de área.....	35
Figura 23: Monitoração de pessoas.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de D.....	05
Tabela 2 – Categorização de fontes radioativas.....	06
Tabela 3 - Fontes radioativas.....	23
Tabela 4 - Limites de Dose Anuais.....	28

1. INTRODUÇÃO

A grande preocupação do mundo nos últimos anos posteriores ao atentado terrorista em New York, em 2011, são os possíveis atentados terroristas usando material radioativo em detonadores convencionais, o DDR- Dispositivo de Dispersão Radiológica.

A Agência Internacional de Energia Atômica, também expressa preocupação com estes tipos de acidentes radiológicos, tendo em vista possíveis cenários que priorizam a lugares públicos em que tenham grandes fluxos de população no intuito de promover contaminação radiológica e pânico generalizado (Yves, 2014).

O acidente radiológico de 1987, que ocorreu em Goiânia, capital do Estado de Goiás, Brasil, foi provocado pelo rompimento do invólucro da fonte de um equipamento de radioterapia abandonado em uma clínica desativada, e agravado pelo manuseio do material radioativo que continha a fonte radioativa de ^{137}Cs por pessoas sem conhecimento algum sobre o risco que poderiam estar expostas. A violação da fonte radioativa desencadeou a contaminação dos que a manusearam e de diversos locais públicos. Hoje, após 28 anos do maior acidente radiológico do mundo ter ocorrido, o mesmo é referência para tomadas de decisões. E das lições aprendidas e dos erros cometidos, é possível atualizar medidas de ações de proteção radiológica que auxiliem a uma equipe médica como primeiros respondedores aos eventos. Mesmo que na história do Brasil não tenha em seu histórico um evento terrorista com a detonação de um dispositivo de dispersão radiológica, existe a necessidade de profissionais preparados (AIEA, 1988).

Nos dias atuais corre-se o risco de consequência similar ao passado, pois em nosso país existem fontes órfãs, como exemplo os pára-raios radioativos de Amerício, não recolhidos pelo órgão regulador (CNEN), podendo ser encontrados possivelmente em lixões. Em hipótese de que os pára-raios radioativos tenham sido descartados em lixo comum e os mesmos possam ter sido encontrados por elementos mal intencionados, demonstra risco potencial de ataque terrorista com o uso de DDR visando contaminação e pânico generalizado (Marumo, 2006 e Chavez, 1999).

Num cenário de alta complexidade como este de terrorismo, as ações de proteção radiológica para controle da exposição à radiação das áreas afetadas e do público em geral precisam de uma resposta imediata ao evento. Os primeiros respondedores a este evento são acionados a compor o quadro de atuação inicial, para cumprir com a missão de preservação da vida.

É de conhecimento que o maior problema enfrentado no acidente de Goiânia foi à desinformação sobre a radiação ionizante e seus efeitos deletérios partindo de todos, ocasionando impacto nacional. Esse fato acarretou, inicialmente, um atendimento especializado ineficiente e a falta de proteção radiológica dos profissionais que atuavam no cenário do acidente radiológico. Como consequência desse caos inicial apareceu os efeitos psicossociais e econômicos (Chavez, 1999).

1.1 Objetivo

Baseado na atuação dos especialistas em proteção radiológica durante o acidente radiológico de Goiânia e com o conhecimento atual decorrente de lições aprendidas de diversos acidentes radiológicos ocorridos mundialmente, propõe-se adaptar as ações de proteção radiológica, provenientes destes acidentes radiológicos, para um evento com a detonação de um dispositivo de dispersão radiológica que auxilie uma equipe médica como primeiros respondedores aos eventos.

1.2 Justificativa

Após o atentado terrorista em Nova York, Estados Unidos, em 2001, houve uma preocupação mundial com possíveis atentados usando material radioativo em detonadores convencionais, os quais foram denominados como Dispositivo de Dispersão Radiológica (DDR). Vários estudos foram e estão sendo realizados para compor um conhecimento mundial sobre o tipo de evento. Como até hoje, felizmente, ainda não houve a finalização de um evento com dispositivo de dispersão radiológica, o acidente de Goiânia, Brasil, em 1987, é usado como referência para tomadas de decisões. Várias equipes como técnicos especializados devem atuar num tipo de evento com DDR, mas as equipes médicas, que respondem rapidamente ao evento, devem ser devidamente protegidas dos efeitos nocivos da radiação provenientes destes tipos de artefatos.

2. FONTES RADIOATIVAS E EQUIPAMENTOS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Inúmeras áreas fazem uso de fontes de radiação ionizante, principalmente no que se refere a controle de qualidade de produtos industriais. Nos dias atuais, cerca de 658

indústrias autorizadas utilizam tais aplicações como fonte de trabalho, podendo destacar as mais comuns: radiografia industrial, perfisagem de poços de petróleo, irradiador industrial, medidores nucleares, traçadores radioativos e técnicas analíticas. Surgindo então uma preocupação particular com a utilização dos materiais radioativo devido seu poder de toxicidade (CNEN, 2015).

Em nosso país, a CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear, é o órgão regulador nacional, tendo como funções básicas: regular, licenciar e controlar o uso da energia nuclear e com responsabilidades de preparar e emitir regulamentos sobre segurança e proteção radiológica, controlar os rejeitos radioativos e salvaguarda e controlar os materiais nucleares (CNEN,1995).

O inventário nacional das fontes de radiação é controlado pela CNEN, como base nos dados sobre autorizações de instalações e operação de fontes radioativas, sendo incluso fontes usadas em instituições, assegurando assim a contenção física no país. Exemplos desses tipos de isótopos radioativos e utilização difusa, com suas respectivas meias vidas físicas são: ^{137}Cs , com meia vida de 30 anos, ^{192}Ir , com meia vida de 74 dias, ^{60}Co com meia vida 5,3 anos, e ^{241}Am , com meia vida de 432 anos. Estes são usados normalmente em muitas aplicações com atividades distintas. O banco de dados garante o controle físico de equipamentos de proteção radiológica das fontes radioativas no país.

As fontes radioativas são cadastradas e controladas através de registro de inventários, regularmente atualizadas, também através de inspeções, relatórios, auditorias, emissões de autorizações, distribuição nacional do balancete de material radioativo que as empresas distribuidoras encaminham (CNEN, 1995).

A categorização de fontes radioativas da AIEA apóia a harmonia internacional, com o objetivo de categorizar as fontes radioativas e sua aplicabilidade em estabelecimentos de níveis apropriados do controle regulador para realização de atividades que se relacionem com a segurança física e tecnológica da fonte. Aplica-se no aperfeiçoamento e/ou desenvolvimento da infraestrutura reguladora nacional, para desenvolver estratégias nacionais de controle de fontes radioativas, otimização na utilização e segurança física em estabelecimentos prioritários a regulação e para planejar e responder a emergências. Possuindo diretrizes sobre a importação e a exportação dessas fontes radioativas para otimizar decisões acerca de quais fontes deveriam estar sujeitas aos controles de importação e exportação e cumprir com a normativa nacional e internacional (IAEA, 2005).

O sistema de categorização se baseia em conceitos de periculosidades das fontes de radiação, no qual utiliza-se um número, a razão A/D . Onde A significa a atividade do material radioativo da fonte em determinada prática e D é a atividade a partir da qual uma fonte de radiação ionizante pode ser considerada como perigosa, caso não seja tratada de maneira segura e caso não obedeça ao sistema regulatório do país. Este valor compara riscos através de uma referência do fator de normalização. A periculosidade de uma fonte diz respeito ao seu potencial em levar a exposição à radiação suficiente para provocar danos à saúde tal quais os efeitos determinísticos, sendo determinado através da relação A/D . Existem como exemplo de risco de exposição em dois cenários para obter os valores D :

O cenário 1 é caracterizado por uma fonte de radiação sem blindagem onde uma pessoa ficaria durante uma hora segurando a fonte na mão ou uma fonte colocada no bolso durante 10 horas ou permanecendo dentro de uma casa durante dias ou semanas. Foi designado um valor $D1$ para este caso.

O cenário 2 é caracterizado pela dispersão de uma fonte por meio de explosão, incêndio ou ações humanas, levando a contaminação por inalação, ingestão ou pele. Foi designado um valor $D2$ para este caso.

Maior valor D se dá ao nível de isenção no qual se aplica a fontes associadas a práticas que, em função dos baixos níveis de radiação envolvidos, atendam aos critérios de isenção e/ou níveis de isenção estabelecidos nesta Posição Regulatória (CNEN, 2011).

Exemplos na Tabela 1 referentes ao valor D dos radionúclídeos (IAEA, 2005)

Tabela 1: Valores de D

Radionuclídeo	Valor D (TBq)
Am- 241	0,06
Co-60	0,03
Cs-137	0,1
Ir-192	0,08
Pu-238	0,06
Sr- 90	1,0
Tc-99 m	0,7

O método de categorização é feito em duas etapas:

a) inicialmente calcula-se a relação A/D para os radionuclídeos de diversas práticas,

b) em seguida o valor A/D é comparado com o valor tabelado e é estabelecida a categoria da fonte. Quando um conjunto de fontes radioativas formado por fontes múltiplas, colocadas em um mesmo local de armazenamento ou uso, sua categorização deve ser feita por uma das duas estratégias seguintes. Se as fontes contêm o mesmo radionuclídeo, somar a atividade total e dividir pelo valor D pertinente, ou seja, primeiramente calcula-se a atividade da fonte e, em seguida, o valor D é extraído da Tabela 1 de acordo com a prática, o radionuclídeo e a atividade. Finalmente calcula-se A/D usando a Equação 1. Se as fontes contêm diferentes radionuclídeos, somar as relações A/D referente a cada radionuclídeo, de acordo com a Equação 2.

$$A/D = \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n} . \quad (1)$$

$$A/D_{\text{agregado}} = \sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n} . \quad (2)$$

Em que:

$A_{i,n}$ = Atividade de cada fonte i contendo o radionuclídeo n

D_n = Valor D o radionuclídeo n

Considerando também outros fatores na obtenção de um valor útil de categorias tais como: forma física, forma de blindagem, condição de utilização, e prática de acidentes reportados. Sendo representada na Tabela 2 a categorização de fontes radioativas segundo suas práticas aplicadas a cada uma.

Tabela 2: Categorização de fontes radioativas

Categorização	Fontes e práticas	Razão da Atividade A/D
1 - Extremamente perigosa	Irradiadores de grande porte e fontes de telerapia	$A/D \geq 1000$
2 - Muito perigosa	Fontes de gamagrafia industrial e fontes de braquiterapia de alta e média taxa de dose	$1000 > A/D \geq 10$
3 - Perigosa	Fontes de gamagrafia industrial e fontes de braquiterapia de alta e média taxa de dose	$10 > A/D \geq 1$
4 - Periculosidade improvável	Fontes de braquiterapia de baixa taxa de dose; Medidores com fontes de baixas atividades/moderadas	$1 > A/D \geq 0.01$
5 - Periculosidade muito improvável	Dispositivos de fluorescência de raios X, e dispositivos de captura eletrônica.	$0.01 > A/D$ e $A > \text{Nível de isenção}$

Nas atribuições em que haja possibilidade de fonte abandonada, perdida, ilicitamente transportada ou removida, arranjos devem ser executados de forma a assegurar a instalação assim como os respondedores do cenário, sendo cientes de desempenhar seus papéis numa situação de emergência real ou potencial. O mau uso destas fontes radioativas pode se tornar um grande risco acidental, por suas características físico-químicas, pode causar um grande impacto público e ambiental, pela probabilidade se ser utilizada como artefato (Cezar, 2009)

2.1. Pára-raios radioativos

Na década de 70 os pára-raios radioativos foram produzidos em larga escala de montagem e comercializados no Brasil. No entanto, em 1989, foi determinado pela CNEN o recolhimento, suspendendo o uso do material radioativo, por ter sido comprovado sua

ineficácia como captor comparado ao convencional, sendo assim recolhidos e levados aos seus institutos. Sendo desde então proibida a utilização no país. Os pára-raios radioativos são constituídos de captador, condutor de descida e aterramento, e tem por finalidade a proteção contra descargas atmosféricas. Tendo por características as fontes radioativas, variando em geometria e atividade. A maior dela feita de Amerício em formato de óxido (AmO_2), com uma matriz em ouro e recoberta por ouro-paládio, sendo afixado por suporte de prata, dando forma a uma fina fita de 1 metro de largura. Vindo posteriormente a ser cortada em pedaços de 1 cm e presa a uma porta fonte na estrutura do captor radioativo (Miranda e Vicente, 1999 et al).

O sistema funciona da seguinte maneira: as regiões pontiagudas do condutor são carregadas com a concentração de cargas elétricas, mais elevada na parte superficial, onde a concentração do campo elétrico se eleva nas pontas e nas vizinhanças, depois de alcançado um dado valor no mesmo, o ar a volta ioniza-se, fazendo com que o condutor se descarregue pelas pontas. De acordo com dados feitos pela CNEN, (Heilbron Filho e Xavier, 1992) nos anos 70 e 80, teriam sido emitidas as guias de importação de fitas de Amerício, para montagem (Maruno, 2006). Encontra-se demonstrado a imagem do pára-raios radioativo na Figura 1.



Figura 1: Pára-raio radiativo de ^{241}Am

Como a maior parte dos captores é de fabricação nacional, a maioria compostas de ^{241}Am cerca de 1% somente feitos de ^{226}Ra . De acordo com dados levantados pela CNEN no ano de 1992, foi estimada a existência 75 mil destas em instalações, com atividade média de 55,5 MBq (1,5 mCi) por unidade (Heilbron e Xavier, 1992). O fato é que 17 anos após ter sido feita a publicação da Resolução elaborada pela CNEN, um





pouco mais de 17 mil pára-raios foram devidamente recolhidos e encaminhados ao IPEN- Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, IEN- Instituto de Engenharia Nuclear (Rio de Janeiro) e o CDTN- Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear (Belo Horizonte) para os Laboratórios de Rejeitos Radioativos.

De acordo com os fabricantes dos pára-raios na época o ^{241}Am utilizado na fabricação era estanque, por esta razão não tinha riscos de contaminação, porém na prática, quando recebidos constatava-se o inverso, percebendo a contaminação em muitos deles na parte de estrutura metálica. Ainda que o artefato ofereça um risco menor no que se refere à irradiação externa, sua toxicidade é significativa quando inalado ou ingerido (Marumo, 2006).

É abordado com maior detalhe a identificação do equipamento de pára-raios radioativo de ^{241}Am , riscos, precauções e procedimentos em caso de acidentes na Figura 2. É visto também na Figura 3 as características que compõe o radionúclideo ^{241}Am , tipo de emissões de radiação, onde é aplicado nas práticas em diversos equipamentos, forma de irradiação, contaminação e o limite estabelecido por inalação e ingestão, todos os dados estão disponíveis na literatura dos radionúclideos (SINAER, 1996).

Pára-Raios


241
95Am

Identificação Visual do Equipamento		
MARCA AMERION		MARCA GAMATEC TIPOS PRB1/PRB2
	Haste	
	Lâmina com Material Radioativo	
Dados Relativos aos Riscos ⁽¹⁾		
Exposição Externa para uma atividade de 0,21 GBq (5,75 mCi)		
Taxa de Exposição a 1 m do dispositivo	Taxa de Dose a 1 m	Tempo de permanência necessário para superar o limite de dose anual: 1087 horas (45 dias)
92 µR/h	0,92 µSv/h	
Limite de Dose Anual para os Membros do Público: 1 mSv/ano		
Contaminação externa: Possibilidade de contaminação em caso de manuseio inadequado das lâminas metálicas contendo material radioativo.		
PRECAUÇÕES		
<p>No manuseio:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Todo manuseio deve ser realizado pelo eixo ou haste, evitando o contato direto (usar luvas); b) Evitar sempre o manuseio pelos discos; c) Atenção: Não tocar, em hipótese alguma, nas lâminas metálicas contendo material radioativo, fixadas aos discos. 		
PROCEDIMENTOS EM CASO DE INCIDENTE		
Os incidentes envolvendo pára-raios radioativos culminam, via de regra, com o recolhimento dos mesmos.		
<p>Deve-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observar as precauções de manuseio indicadas acima; - Acondicionar o material em sacos plásticos; - Contactar posteriormente a CNEN, que orientará quanto ao local para envio dos mesmos.  (021) 546-2374 / 295-1096 <p>(021) 275-0545 / 982-7886 (24 horas)</p>		


Risco

Baixo

Símbolo



Embalado



Exceptivo

Principais Marcas

AMERION

GAMATEC

NORTEC

YORK

Figura 2: Dados técnicos do pára- raios ²⁴¹Am

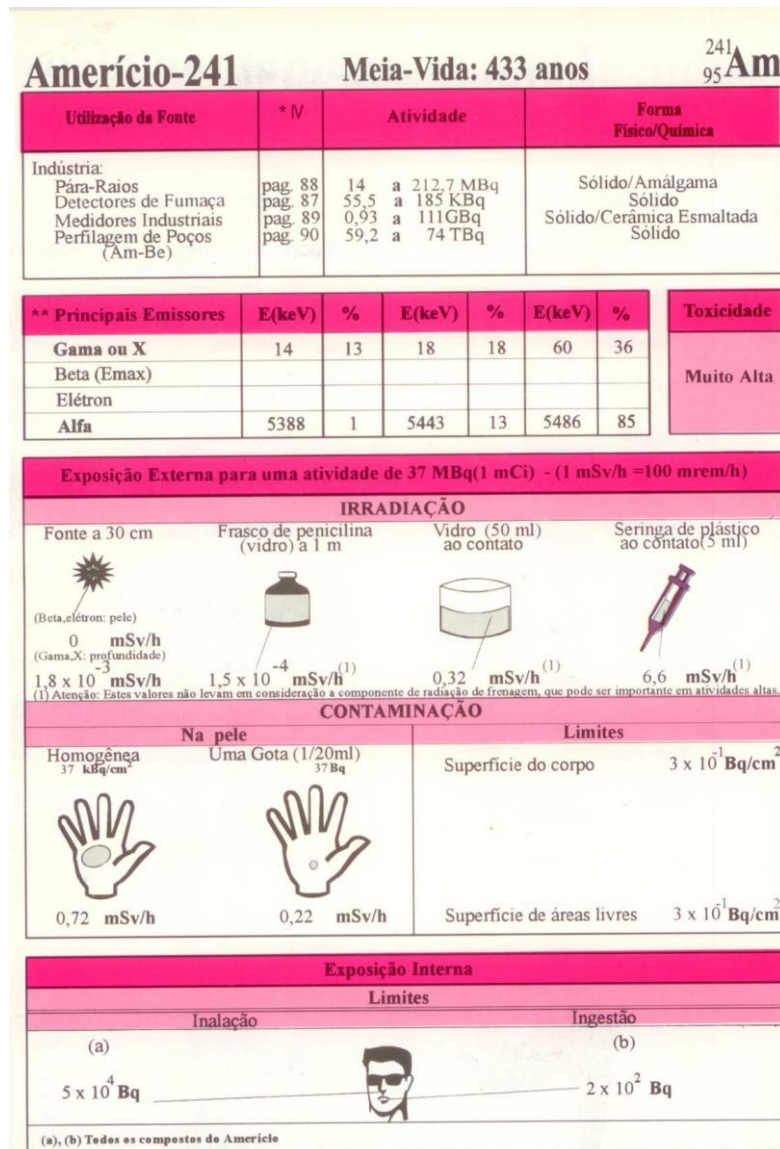


Figura 3: Dados técnicos do radionuclídeo ²⁴¹Am

3. EFEITOS DA RADIAÇÃO NO SER HUMANO

O efeito biológico da radiação em seres humanos se dá em função do valor de dose/resposta, a relação de tempo levada a manifestar-se ou o nível orgânico atingido.

A radiação afeta principalmente as células, devido ao DNA. Como a maior parte das mesmas possui apenas uma cópia de si ou duas de cada molécula de DNA, tais danos nesta molécula terão maior efeito. Tais como:

- 1) Efeito indireto (níveis baixos de penetração com raios gama), normalmente o corpo humano consegue reparar os danos causados pela radiação, como exemplo a exposição à radiação do background (radiação de fundo) por ter níveis crônicos baixos.

2) Efeito direto (exposições à radiação em nível alto) com a mesma energia de penetração gama, o corpo humano não conseguirá reparar os danos. Tais efeitos podem ser classificados em estocásticos e determinísticos, imediatos e tardios e genéticos e somáticos. Os feitos radioinduzidos ocasionados nos seres humanos podem afetar a formação dos átomos e moléculas, que quando unidas originam o DNA. Os átomos se unem por uma forma elétrica, quando uma partícula ionizada arranca um elétron de um dos átomos de uma molécula do corpo, pode ocasionar desestabilização resultando quebra da molécula. Existem 2 tipos de danos que ocorrem ao DNA por efeito da radioindução:

a) Quebra simples em uma das hélices: Ocorre à lesão em uma das hélices, pode ocorrer reparo sem erro, reconstrói a molécula originalmente, com erros, mutação ou morte celular.

b) Quebra dupla das hélices: Ocorre à lesão simétrica, no normal ocorrem erros no reparo ou não reparam (Valverde, 2010).

Que ocorre então, desde queimaduras a câncer, mutações genéticas até chegar a óbito, podendo demorar dar resposta ao organismo, variando de minutos até dezenas de anos, dependendo dos sintomas. As alterações químicas provocadas pela radiação podem afetar uma célula de várias maneiras, resultando em: apoptose, impedimento ou retardo de divisão celular ou modificação permanente que é passada para as células de gerações posteriores. Estes efeitos são classificados como: efeitos físicos, efeitos químicos, efeitos biológicos e efeitos orgânicos (Okuno, 1988 e *tal*).

3.1. Etapas da produção do efeito biológico

De acordo com a Lei de *Bergonie e Tribondeau* as células se sensibilizam a radiação proporcionalmente direta a sua atividade de reprodução, e o seu grau de especialização será inversamente proporcional (Liberal 2013).

Compreendendo então, que quanto maior a diferenciação celular, mais será radorresistente como as células tumorais e o câncer, quanto mais alta forem à taxa de proliferação de desenvolver-se e crescer aumenta sua radiosensibilidade. Assim fazendo com que tecidos e órgãos em desenvolvimento e em proliferação ativa tenham maior radiosensibilidade. *Vitermberger e Ancel*, em 1925, mudaram a lei de *Tribondeau e Bergonie*, afirmando que ao introduzir noção de tempo e latência, o tempo que a célula fosse suscetível à lesão da radiação não mudaria, porém as lesões produzidas pela

radioatividade poderiam ser variadas dependendo do tipo celular. Podendo ser classificado pela influenciada quantidade de estresse que a célula sofre biologicamente, na divisão e os fatores pré e pós-irradiação celular exposta. Sendo assim classificadas em:

- a) Muito alta: regularmente se dividem, tempo curto de vida e são diferenciadas. Ex: Células tronco da medula óssea, como os linfócitos (glóbulos brancos) produzidos pela mesma, compondo parte sanguínea mostra extremamente radiosensível sendo quase todo ele um grande núcleo e espermatogônias.
- b) Alta: possui um grau de diferenciação, divisão é limitada. Ex: Células hematopoiéticas.
- c) Média: Variação de esperança de vida irregularmente se divide. Ex: Células endoteliais
- d) Baixo: diferenciação em grau variável, longa vida, não se divide muitas vezes. Ex: células epiteliais do fígado e rins.
- e) Muito baixo: diferenciadas altamente e não se dividem. Ex: hemácias e neurônios, etc.

No caso dos linfócitos (glóbulos brancos) produzidos pelas células tronco, sendo compositora do sangue se mostra extremamente radiosensível por possuir um grande núcleo em sua forma.

As radiolesões celulares são determinadas através de etapas tais como:

1. Físico: Acontecem quando um indivíduo é exposto à radiação ionizante, onde ocorre a ionização do átomo. Nestes locais atingidos aparecem íons livres e elétrons, radicais que foram produzidos na quebra da ligação química e energia cinética adicional que decorrem da energia transferida do material do tecido irradiado, por colisão. Uma parte bastante significativa desta fração de energia produzira excitação de moléculas e átomos, que se dissipam, neste processo, sob forma de fótons. No caso a radiação X e gama, os efeitos são mais distribuídos devidos o grande poder de penetrabilidade e interação.

No caso da radiação beta, tem efeitos mais superficiais, podendo atingir vários milímetros dependendo da energia da radiação.

Já a radiação alfa, não penetra um décimo da pele humana. Os efeitos provocados à exposição são poucos relevantes. Mas, caso o material radioativo seja ingerido ou inalado pode danificar gravemente célula ou tecidos de um órgão, este fator decorre pela emissão de contato estreito ou em seu interior, um tempo estipulado de duração desta fase física aproximadamente 10^{-13} segundos.

2. Químico: Se relaciona a irradiação de átomos e moléculas dentro de uma célula, que metaboliza, nela possui variedade de substâncias que tendência para neutralização

gradativa dos íons e radical, com o decorrer do tempo, buscando seu próprio equilíbrio químico. Tempo estipulado de duração desta fase fisicoquímica é de cerca 10^{-10} segundos.

Nesta, os radicais livres, íons agentes oxidantes atacam as moléculas de importância da célula, inclusive substâncias que compõe os cromossomos.

3. Biológico é constituído pela resposta natural do organismo ou parte dele, quanto ao agressor ou modificador. Se for pequena o organismo consegue se recuperar. Ex: Na redução de plaquetas, leucócitos e hemácias após umas semanas retornam tudo aos níveis da contagem destes elementos anteriores no sangue (Tecido hematopoiético).

4. Orgânico: Ocorre quando a frequência ou a quantidade dos efeitos biológicos que foram produzidos pela radiação, desequilibrando o organismo ou o funcionamento de um órgão, surgindo sintomas clínicos, percebidos pela incapacidade do próprio não conseguir superar tais danos. Assim, podendo aparecer tumores cancerígenos radioinduzidos.

5. Clínico: Leva horas (eritema precoce da SCR) há anos, como o câncer radioinduzido (Valverde 2010, Tauhata, 2013; Liberal 2013 e Okuno, 1988).

Na história de danos, reparos e propagação, esta etapa seria a final após longo período de irradiação. Vistos tais efeitos de uma forma mais didática e esclarecida na Figura 4 a baixo, onde são caracterizados os 4 principais efeitos das etapas da radiolesão celular (Valverde 2010, Tauhata, 2013).

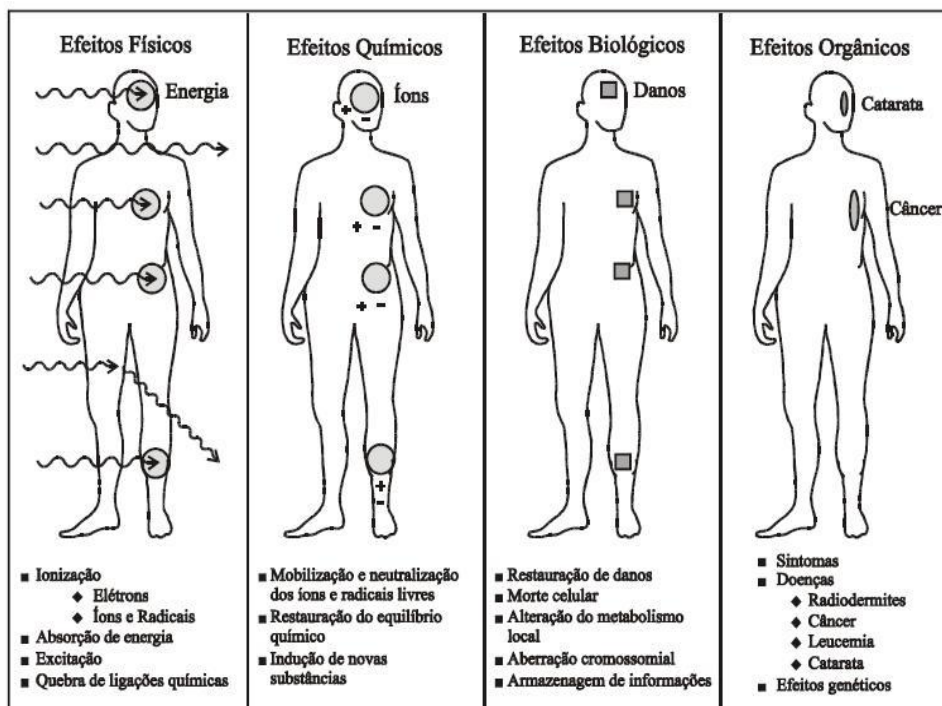


Figura 4: As etapas de radiolesão celular

3.2. Classificação dos efeitos biológicos

Os efeitos biológicos são classificados em:

a) Efeitos Estocásticos: são os efeitos das radiações, podendo ocorrer em qualquer nível de dose normalmente aparecem após a lesão de uma ou várias células assumindo que possa existir risco de ocorrência sem ter a ver, no caso de aumento de dose, implicará em maior frequência do efeito, mas não em sua gravidade. Por tanto, quando recebidas doses mínimas abaixo do limite registrável pode vir a ocorrer tais efeitos. Exemplo na Figura 5 demonstrado através de IOE's realizando procedimentos de monitoração em área contaminada com materiais radioativos (Tauhata, 2013 e tal).



Figura 5: Especialistas monitorando áreas radiocontaminadas
(www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/biblioteca/apostilaradioprotecao.pdf)

b) Efeitos Determinísticos: são normalmente associados ao limiar de dose absorvida, sugerindo que os efeitos severos aumentem juntamente com a dose. São os que foram causados por irradiação parcial ou total de um tecido, onde houve morte celular, não houve compensação de reposição ou reparo, prejudicando o funcionamento de tecidos e órgãos. Exemplos efeitos determinísticos na pele: descamação seca e eritemas, dose entre três a cinco Gy, sendo percebidos os sintomas após algumas semanas, em descamação úmida, formam bolhas após 4 semanas com dose acima de 20 Gy; nos casos de necrose, após 3 semanas de dose acima de 50 Gy. A Figura 6 demonstra claramente tais efeitos.



Figura 6: Radiolesão

c) Efeitos imediatos e tardio-imediatos: surgem logo após uma exposição à radiação podendo levar horas ou semanas que são as radiodermatites.

d) Efeitos tardios: normalmente surgem depois de anos como o câncer, quando o dano poderá estar em grau severo, sem reparação podendo ser letal. Em caso de doses efetivamente altas e intermediarias tende a predominar os efeitos imediatos que causam lesões severas, menos severas e letais.

No caso, para doses baixas, não ocorrerá efeitos imediatos, mas há grande probabilidade de lesões em longo prazo.

e) Efeitos hereditários ou genéticos: Afetam os descendentes do indivíduo que foi irradiado, resultante da radioindução nas células dos órgãos de reprodução.

f) Efeitos somáticos: Dependem da taxa de exposição da radiação, da área irradiada do corpo e da dose absorvida. Danificam as células do corpo humano, aparente que sofre irradiação (Valverde et al).

3.3. Síndromes e consequências

Conceitualmente síndrome é o conjunto de sinais e sintomas observáveis em vários processos patológicos diferentes e sem causa específica. (Michaelis, 2010-<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues>)

A Síndrome Aguda da Radiação (SAR) é proveniente da exposição a fontes radioativas com altos índices de doses por certo período de tempo, vindo a atingir várias partes do organismo, acima do limiar de dose (em torno de 1 Gy) depende do nível de exposição o corpo não repara o dano causado pela radiação.

A SAR possui 4 fases evolutivas, tais como:

1. Podrômica: aparece nas primeiras 48 h após a irradiação. Hematopoiética há redução celular sanguínea, pela queda de leucócitos pode levar a infecções, especialmente medula óssea estando associado à dose absorvida de 2 a 10 Gy. Tendo como sintomas a anemia (baixa taxa de eritrócitos), anorexia (perda de apetite), além dos demais sintomas que se assemelham as síndromes anteriores. A letalidade esta associada a doses a cima de 6 Gy.

2. Latente: acontece num curto período de tempo tendo por características melhora ou ausência nas manifestações. A maior dose, tem duração num período de latência mais curto, sendo praticamente ausente em doses muito altas.

3. De estado ou manifesta: caracteriza por imunodepressão sendo severa por infecções e hemorragias tais como:

a) Neurovascular: aparece cerca de 30 minutos pós-irradiação ocorre pela alta dose total de radiação acima de 30 Gy, de dor de cabeça, náusea seguida de vômito, letalidade de 100%.

b) Gastrointestinal plena: tem a causa decorrente da menor dose total, embora na ordem de 4 Gy considerada ainda alta. Associado à depressão medular, há dor abdominal, perda de apetite, vômitos e diarreia, sendo conduzido a um quadro agressivo de desidratação.

Primeiramente, esta síndrome tem a causa pela morte celular que envolve o trato gastrointestinal, destruindo progressivamente a mucosa intestinal. Neste estágio, surgem infecções por bactérias oportunistas, vindo a ocasionar um quadro hemorrágico entérico intenso. No que se refere à sobrevivência celular posteriormente, de modo geral a vítima vem a óbito duas a três semanas depois por falência da medula óssea.

c) Recuperação ou óbito.

Estas características são estimadas pela gravidade de uma SAR através de fatores clínico, laboratorial e dosimétrico. No qual se caracterizam como:

1. Clínico: é demonstrado quanto ao tipo, momento do ocorrido, duração e intensidade em que ouve as manifestações prodômicas (Sintoma que precede uma doença) e evolução clínica.

2. Laboratorial: é feito hemogramas completos, e contagens diárias de reticulócitos (hemácias amarelas), entre outros parâmetros.

3. Dosimétrico: é reconstruído fisicamente o acidente, com cálculos matemáticos de citogenética e de doses através dos linfócitos (Valverde, 2010 *e tal*). Exemplo de paciente que desenvolveu esta síndrome no acidente em Goiânia, a menina Leide das Neves. Veio falecer pouco tempo após ter ingerido alimento com o elemento radiativo ^{137}Cs . (AIEA,1988)

A Síndrome Cutânea da Radiação (SCR) é decorrente de um conjunto de manifestações com alterabilidade patológica na pele, oriundas da exposição à radiação sem limiar de dose, provinda de fonte radioativa externa, como em Goiânia (Valverde, 2010 e *tal*). A Figura 7 exemplifica a radiolesão cutânea ocasionada ^{137}Cs a duas vítimas do acidente radiológico.



Figura 7: Síndrome Cutânea da Radiação (IAEA, 1988).

4. PRINCIPAIS ACIDENTES RADIOLÓGICOS OCORRIDOS NO BRASIL E NO MUNDO

Segundo a CNEN, acidente radiológico envolve perda de fonte radioativa, geradores de radiação ionizante, perda ou dano a blindagem de uma fonte de radiação, perda da contenção causando uma liberação de material radioativo, exposição não intencional a fonte radioativa ou contaminação radioativa não intencional pela fonte. (CNEN, 2012). E o mau uso dessas fontes na aplicação médica e indústria, por conta de intercorrências no transporte das fontes, erro operacional, falha no equipamento devido a não observância de protocolos de segurança, podem acarretar acidentes, como fatores de recorrência (CNEN, 2012 et al).

O Acidente de Goiânia ocorrido em setembro de 1987, na capital do Estado de Goiás, Brasil, foi um acidente radiológico com radioisótopo de ^{137}Cs através do manuseio de um equipamento de radioterapia abandonado em uma clínica de radioterapia. A violação da fonte radioativa desencadeou a contaminação dos que a manusearam, dos ferros-velhos por onde a mesma passou parentes, amigos, residências, solo, o setor de Vigilância Sanitária local, transporte públicos e diversos locais públicos gerando um

cenário de emergência radiológica que envolveu pessoas direta ou indiretamente. Na Figura 8, ilustra a clínica onde foi encontrado o equipamento de teleterapia, os destroços do cabeçote do equipamento e o mesmo recuperado pela CNEN posteriormente.



Figura 8: Clínica de radioterapia abandonada e destroços equipamento de teleterapia (www.g1.globo.com/Goiás/noticia)

Os profissionais envolvidos no acidente radiológico para sua própria proteção individual no atendimento as vítimas, precisaram fazer uso de roupas especiais (EPIs), indumentárias de proteção utilizadas tais como: macacão tipo Tyvek, jalecos, sapatilhas, máscaras, avental cirúrgico, avental plástico, duplo par de luvas (algodão e látex), além de equipamentos de proteção respiratória, monitores de área, dosímetros, detectores de radiação, contador Geiger Muller (AIEA, 1988). Como já citado anteriormente sobre o uso de EPI pelos trabalhadores que atuaram no evento, segue a Figura 9 como demonstração.



Figura 9: Especialista recolhendo os rejeitos e monitorando a contaminação do cenário.

A equipe médica e os especialistas da CNEN se paravam com o que havia disponível na época para evitar contaminação por material radiativo ou até mesmo pelo radiovitimados. Os especialistas em proteção radiológica foram expostos a um alto estresse pelo excesso de trabalho, pela inexperiência com acidentes radiológicos. Foi preciso muito improvisado a lidar com a radiação e suas vítimas. Detinham-se em organizar

serviços, coordenar procedimentos e dividir tarefas. No entanto, a falta de treinamento e preparo dos profissionais em proteção radiológica e a equipe hospitalar, vezes assumiam papel de guarda vidas, outras agindo como enfermeiros, psicólogos tudo para conter um cenário de caos. Anunciavam quadros de distúrbios psicossomáticos por conta do desespero causado por toda esta situação, alcançando picos de estresse emocional. Das equipes médicas que atuavam nos hospitais da região além de enfermeiros, paramédicos tiveram problemas ao socorrerem as vítimas radioacidentadas, mediante o despreparo hospitalar mencionado anteriormente, foi um dos principais obstáculos ao atendimento. Por não reconhecerem as lesões causadas pela radiação, o pânico a radiação propriamente dita, os faziam abandonar os pacientes sem atendimento. Foi relatado ausência de resposta dos médicos de Goiás, mesmo após apelos feitos por médicos enviados que cobriam ao acidente.

Os efeitos biológicos variavam de acordo com o contato das vítimas com a fonte radioativa e o tempo em que a mesma permaneceu exposta, e cada organismo reage de forma distinta. O material radioativo ocasionou danos cutâneos, e houve caso de vítima ter ingerido, provocando contaminação interna com danos biológicos “um risco proporcional à dose recebida” e a capacidade de reparação da célula depende do quanto tal dose foi dimensionada. Muitas pessoas que tiveram contato com o material radioativo sofreram radiolesões que ocasionaram em feridas cutâneas como vista na Figura 10 a seguir:



Figura 10: Pessoas afetadas por irradiação, após contato com ^{137}Cs .

Houve apenas 4 mortes no total, porém pelo grau de contaminação e rejeitos recolhidos e acondicionados, tornou-se o maior acidente radiológico mundial (CNEN, 1998 e Chavez, 1999).

Dentre acidentes radiológicos similares ao de Goiânia que envolve roubo de Fonte radioativa podem ser citados o acidente em Tammiku e Yanango.

Em 1994, em Tammiku, Estônia, houve um roubo de Fonte radioativa de um depósito de rejeitos, três irmãos removerem um contêiner de metal que continha fonte de ^{137}Cs , atividade de 7 TBq, um deles guardou o cilindro contendo material radioativo no

bolso, levando a para sua residência em seguida, contaminando moradores da casa por SAR, e os demais que tocaram na fonte a exposição foi dada como localizada o SCR, após algum tempo o irmão que guardou a fonte vinda queixou-se de vômito constante, efeito da SAR, vindo posteriormente há falecer 12 dias após o acidente.

As medidas de proteção radiológica tomadas neste incidente assim que a lesões radioinduzidas foram diagnosticadas, veio com a notificação à polícia sobre a perda de controle da fonte radioativa, por sua vez a policia notificou o Conselho de Resgate da Estônia que enviou uma equipe para Kiisa, dando inicio ao levantamento radiométrico, confirmando as altas taxas de dose de radiação, foram tomadas as decisões de evacuação da residência e das áreas vizinhas. Dentre a polícia também participaram representantes de varias autoridades, elaborando uma reunião onde foi traçado a estratégia de recuperação de fonte, onde tinham como prioridade a proteção dos IOE's e dos moradores, recuperar a fonte e a eliminá-la de forma segura, avaliar a contaminação residual (AIE, 1998). A Figura 11 abaixo demonstra o efeito da SCR, nas mãos das vítimas do acidente radiológico.



Figura 11: Efeito da SCR

No Peru, Yanango, 1999, uma fonte radioativa de ^{192}Ir (atividade de 1,37 TBq) de Gamagrafia Industrial foi roubada. Um severo acidente radiológico ocorreu na hidrelétrica de Yanango em 20 de fevereiro de 1999, quando um trabalhador (soldador) colocou uma fonte de ^{192}Ir de gamagrafia em seu bolso e permaneceu com a mesma por várias horas houve necessidade de amputação e também foi exposta (com menor dose) sua esposa e filhos (AIEA, 2000). Na figura 12 a baixo é mostrado o IOE radiolesionado na fase inicial, após 12h decorrido do acidente, na segunda imagem do ferimento após 2 dias, na terceira imagem o ferimento após 17 dias e a terceira imagem 10 meses depois, o membro direito amputado por consequência da radiolesão.



Figura 12 : Estágios que decorreram a radiolesão.

Acidentes radiológicos são mais comuns do que se imagina, ao passo que pode afetar um número menor de pessoas, no entanto acarreta consequências muito sérias, por esta razão há de ser ter preparo (Valverde, 2010).

5. DISPOSITIVO DE DISPERSÃO RADIOATIVO

É de conhecimento a existência de vários dispositivos usados para serem acionados conjuntamente com artefato explosivo e material radioativo. Dentre eles, destacamos:

1. Dispositivo de Dispersão Radioativo (DDR): é um tipo de dispositivo que usa material radioativo para a dispersão deliberada, conhecido também como “bomba suja”, normalmente associada a explosivos convencionais e um radionúclideo conseguido ilegalmente. Quando acionado a explodir, espalha seus particulados em forma de nuvem radioativa contaminante a serem dispersos em locais públicos como mêtros, shoppings, ônibus, praças públicas com intenção de expor quem estiver em contato e os que passarem próximo ao local. Ocasionalmente tais como: exposição externa a radiação, trauma convencional e contaminação radiológica interna e externa; grande número de pessoas a serem afetadas; e efeito psicossocial e econômico (Valverde, 2010 e Filho, 2011).

A Figura 13 ilustra de uma forma criativa um DDR- Dispositivo de Dispersão Radioativa.

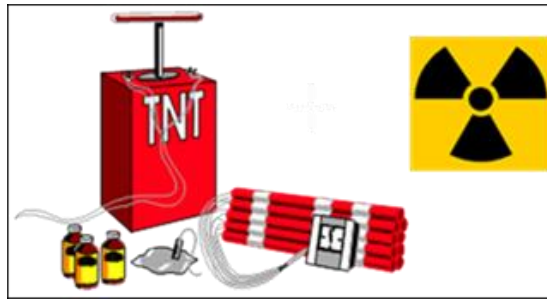


Figura 13: Bomba suja – DDR (Filho, 2011).

Os materiais que emitem radiação ionizante são caracterizados pelos tipos de energias por eles liberados, no decorrer de seu decaimento pode ter radiação alfa, beta e gama, liberando variedades de energias, partindo daí a preocupação, pois cada um deles possui uma penetrabilidade diferente.

O perigo de exposição externa se dá à radiação gama, seguido de beta e alfa. No qual sabendo reconhecê-los e identificá-los é então possível compreender esses princípios permitindo a proteção e isolamento público desta ameaça a fim de minimizar a exposição a esta fonte. Uma forma eficiente para reconhecer um material radioativo é através dos medidores de fontes de radiação, que possui eficácia ao identificar o radionuclídeo e medir a dose de radiação no ambiente.

2. Dispositivo Nuclear Improvisado (DNI-IND): Pode levar a detonação por ser de natureza improvisada, não atingindo toda sua potência. Poderá ter contaminação de ambiente por material de fissão com o ^{239}Pu , ^{235}U dentre outros. O maior risco é de inalação, dependendo do particulado, seguido por ingestão contaminação por alimentos, ocorrendo além de impacto psicológico um pânico generalizado (Valverde 2010 et al). Na Figura 14 ilustra um Dispositivo Nuclear Improvisado.

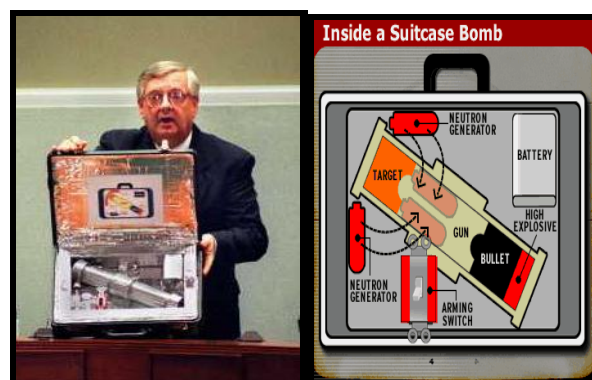


Figura 14: Dispositivo Nuclear Improvisado (Rita, 2013).

3. Artefato de Destruição em Massa (ADM - WMD): Se refere a armas sofisticadas, de origem de produção do ciclo combustível nuclear ou do em alta proporção do enriquecimento do urânio. Tendo efeitos catastróficos uma detonação desta natureza (Valverde 2010 et al).

A Agência Internacional de Energia Atômica estabelece hierarquicamente as principais ameaças relacionadas à emergência radiológica, e o DDR é a principal ocorrência. Existe hoje um grande esforço internacional para melhorar e para garantir segurança e contenção às fontes radioativas, tendo para isto regulamentos de uso e armazenamento dessas fontes de material radioativo, programas de coleta e identificação de fontes órfãs além de controlar fronteiras e aduaneiros (IAEA, 2009).

Os materiais radiativos mais preocupantes deste cenário são ^{241}Am , ^{252}Cf , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{226}Ra , e ^{90}Sr . Sendo estes utilizados em radiodiagnóstico médico para tratamento oncológico por terem meia vida curta, esterilização de produtos médicos e medidores industriais, possui longa meia vida, em radiografia industrial e construção usa-se material de fonte radioativa com meia vida média. As fontes radioativas em potenciais podem ser conseguidas de formas variadas: mercado negro, fontes abandonadas, obtenção ilegal dentre outros. Para minimizar o dano, deve-se ter um melhor controle internacional desses materiais. É notório que a utilização de fontes radioativas utilizadas em suas blindagens aprovadas, no caso de uso maléfico do material para um suposto RDD, etiquetas, sinalizações e marcações sobre estes seriam facilmente removidos ou danificados dificultando o reconhecimento e identificação. (IAEA, 2009 et al).

As possíveis consequências de atos mal intencionados envolvendo fontes radioativas além de expor pessoas e meio ambiente à radiação, expor ao público e aos trabalhadores do cenário de emergência a doses elevadas, provoca o desenvolvimento da SAR, ocasionando mortes e inutilizando locais e cidades, resistências, causando grande impacto psicossocial e econômico. Quando mal motivados os meliantes atingem não somente pessoas, mas vão muito mais além, a política governamental da parte radioativa e nuclear também sofrerá influência, a mídia sensacionalista manipula a opinião pública, distorce fatos e contrapõe a área nuclear, na promoção de instabilidade política (Filho, 2011 e Valverde 2010). Das principais fontes que podem ser utilizadas em atentados são apresentadas na tabela 3 (K.G. Anderson, 2008).

Tabela 3: Fontes radioativas

Radionuclídeo	Característica física das fontes existentes	Aplicações das fontes
⁶⁰ Co	Metal	Esterilização de materiais (até 400000 TBq) Teleterapia (até 1000 TBq)
⁹⁰ Sr	Cerâmica (Sr, TiO ₃)- insolúveis, quebradiço	Gerador termoelétrico (1000-10000 TBq)
¹³⁷ Cs	Sal (CsCl), solúvel	Esterilização de materiais (até 400000 TBq) Teleterapia (até 1000 TBq)
¹⁹² Ir	Metal- macio	Radiografia industrial (até 50 TBq)
²²⁶ Ra	Sal (RaSO ₄) muito baixa solubilidade	Fonte antiga de terapia (até 5TBq)
²³⁸ Pu	Cerâmica (PuO ₂)- insolúvel	Gerador termoelétrico (1000-10000 TBq)
²⁴¹ Am	Pó cerâmico prensado (AmO ₂)	Perfilagem de poço de petróleo (Até 1 TBq)
²⁵² Cf	Cerâmica (Cf ₂ O ₃)-insolúvel	Perfilagem de poço de petróleo (até 0,1 TBq)

6. O ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA COMO REFERÊNCIA PARA AÇÕES COM DDR

De acordo com o Dicionário Aurélio, terrorismo é o ato de governar por meio de terror, ações violentas, causadas por grupos revolucionários; modo de coagir, ameaçar ou influenciar outras pessoas ou impor-lhes a vontade pelo uso sistemático de terror. (Dicionário Aurélio, 2010).

O acidente radiológico em Goiânia ocasionou grande impacto socioeconômico e psicossocial devido, principalmente à contaminação radioativa em vários locais da Cidade. Este cenário tem sido tomado como referência para estudos de ação terrorista usando DDR, sendo os principais destaques:

1. A fonte radioativa de ¹³⁷Cs: com suas características físicas e pó facilmente dispersável, tornando-se ideal para a elaboração de uma “bomba suja” (AIEA, 1988).
2. Contaminação nos locais; por onde o material radiativo passou contaminou casas, lugares, veículos e meio ambiente, cerca de 3500 m³ (6000 Ton) de rejeitos radioativos gerados (AIEA, 1988).
3. Irradiação de pessoas: o contato direto com a fonte radioativa ocasionou inúmeras lesões cutâneas, queimaduras etc. Na época do acidente, a CNEN monitorou mais de

112.000 pessoas, nestas foram constatadas que cerca das 100 pessoas que não se contaminaram foram irradiadas externamente entre 0,2 e 10 mSv (CNEN, 1988).

4. Radiolesões: pelos efeitos determinísticos gerados através da radiação, foi constatado em cerca de 249 pessoas hospitalizadas para tratamento médico contaminação ou irradiação (CNEN, 1988).

5. Impacto socioeconômico e psicossocial: através da divulgação da tragédia pela mídia começavam simultaneamente os boatos sobre as consequências da exposição à radiação ocasionada a população de Goiás. Goiânia com uma população estimada de 1 milhão de pessoas na época, onde predominava agropecuária e agricultura sofreu enorme impacto socioeconômico e psicossocial. Todavia, com os boatos maledicentes, a visão pública elaborada foi de total discriminação, de início em relação aos radioacidentados e posteriormente aos moradores deste foco de contaminação, seguido pelos comércios do bairro e produtos de exportação.

6. Pânico radiológico: o temor era imenso ao ponto da discriminação ultrapassar a fronteira Estadual e a Nacional, atingindo a economia do Estado de Goiás. A sociedade brasileira em geral se sentia desta forma, devido à forma com que a imprensa divulgou o ocorrido desencadeando um pânico generalizado. Ainda hoje as vítimas convivem com as sequelas deixadas pelo acidente, não somente física mais principalmente discriminatória por pessoas que continuam sem entendimento e mal esclarecidas sobre os efeitos da radiação. Ainda sofrem por humilhação e preconceito das mais variadas formas (Borges, 2003 e 2009 e CNEN, 1988).

7. Caos: toda uma estrutura do país foi abalada pelo acidente radiológico, porém o maior impacto deu-se diretamente a qualidade de vida dos radioacidentados sobre o aspecto da saúde física, social e psicológica (OKUNO, 2014 et al).

7. POSSÍVEL CENÁRIO DE UM DDR

De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica, existe uma preocupação muito grande com este tipo de acidente radiológico, tendo em vista possíveis cenários que priorizam a lugares públicos em que tenham grandes afluxos de população no intuito de promover contaminação radiológica e pânico generalizado (Yves, 2014).

O cenário fictício utilizado neste trabalho foi o de um atentado terrorista com Dispositivo de Dispersão Radiológica, feito com ²⁴¹Am retirados de pára-raios radiativos,

a uma estação de metrô subterrânea de alto fluxo, resultando com a explosão, grande impacto radiológico e psicológico na pessoas que lá estavam. A detonação da “Bomba Suja” gerou, além de destroços, uma nuvem de poeira radioativa, gerando contaminação radioativa em todo ambiente. A partir desse cenário de emergência radiológica descrito, segue a primeira tomada de decisão dada pelos primeiros respondedores físicos vislumbrando o controle da situação e as ações de proteção radiológica para equipe médica como primeiros respondedores, dando base assim, a elaboração de um protocolo das principais ações de proteção radiológica partindo da equipe médica e especialista provendo o evento com DDR. O cenário proposto visto nas Figuras 15 e Figura 16.



Figura 15: Primeiros respondedores-Bombeiros, Polícia e Equipe Médica (CRCPD, 2006)



Figura 16: Cenário hipotético simulando um atentado terrorista com “Bomba Suja” (Filho, 2011)

8. AÇÕES DOS PRIMEIROS RESPONDEDORES

Num cenário de alta complexidade como este de terrorismo, as ações de proteção radiológica a serem implementadas para controle da exposição à radiação em áreas afetadas e pública em geral são dadas pelos seguintes segmentos:

1. Resposta ao evento imediata, pois a demora na orientação, planejamento e ação implicam em catástrofe. Uma bomba suja detonada é sinônimo de impacto radiológico em massa e ambiental, por esta razão os primeiros respondedores deste evento são acionados visando em prima à preservação da vida.
2. Os bombeiros são os primeiros acionados, apresentando-se devidamente paramentados com EPI's, trabalhando na contenção de possíveis incêndios relacionados à explosão.
3. A atuação da polícia é primordial, devido a suspeita de terror radiológico.
4. A Defesa Civil Estadual em parceria com a Comissão Nacional de Energia Nuclear, devidamente paramentado e munido de monitores de radiação, dosímetros, detectores de radiação e “pagers”, iniciando as ações de defesa ao evento com DDR (Filho, 2011).

Comunicação entre respondedores será fundamental para operações de combate eficaz, e planejadores locais são encorajados a considerar os sistemas de comunicações de emergência que possam ser utilizados na sequência de um incidente catastrófico. A capacidade de se comunicar diretamente com o público também é essencial, e pode ser crucial para salvar vidas depois de uma explosão de “bomba suja” (Aguiar, 2013). A prioridade de salvar vidas é enfatizada em conjunto com a proteção dos trabalhadores de resposta de emergência.

Em cada caso, o primeiro respondedor realiza uma resposta a garantir que os benefícios globais (principalmente vidas salvas) superem os riscos (principalmente riscos para a resposta de vida do trabalhador e saúde). O primeiro respondedor planeja uma ação de resposta e para otimizar a resposta através da maximização dos benefícios totais esperados e minimizar o risco total (os riscos da radiação e não radiação) para o respondedor. Assim, a relação risco-benefício deve abordar não apenas uma única missão em consideração, mas a necessidade de respondedores para continuar missões de resposta para os dias por vir como a resposta progride (Aguiar, 2013).

Tais ações devem ser tomadas prontamente, conforme aplicável a seguir:

1. Em fase inicial, as ações de primeiros socorros na atuação em acidentes e avaliar a gravidade do evento, caracterizar as fontes radioativas, orientar e tomar as medidas cabíveis para recuperação do controle da situação. Através de:

- 1.1. Suporte médico para resgatar e socorrer as vítimas,
 - 1.2. Estabelecer comunicação entre o cenário do acidente e as autoridades competentes,
 - 1.3. Monitorar níveis de radiação ou contaminação (triagem),
 - 1.4. Isolar as áreas afetadas, e
 - 1.5. Avaliar preliminarmente o cenário.
2. Na fase de controle ou intermediária é concretizada e finalizada as tomadas de decisões aplicáveis.

Um destaque deve ser dado no item de monitoração dos níveis de radiação ou contaminação devido à complexidade do evento e ao uso de equipamentos específicos para as medições. Para esta tarefa, os primeiros respondedores deverão utilizar os seguintes equipamentos:

1. Detectores portáteis de radiação: devem ser de categorias distintas que identifiquem as radiações α , β , γ e nêutrons, onde os mesmos devem estar em perfeito função, calibrados e aferidos antes do uso. Segue a ilustração na Figura 17 à baixo os equipamentos necessários para o trabalho.



Figura 17: Detectores de radiação portáteis (CRCPD, 2006)

2. Detectores pessoais de radiação: para o uso de dosimetria pessoal, tais como, os filmes dosimétricos, dosímetros termoluminescente (TLD) e os opticamente estimulados (OSL), sendo para dose efetiva e de extremidade; e os de prevenção, tais como, os de leitura direta com alarme e canetas dosimétricas. Na Figura 18 a seguir é demonstrado cada um deles.



Figura 18: Dosímetros pessoais (Rita, 2013)

Os requisitos básicos de proteção radiológica devem ser atendidos por todos os membros das equipes de primeiros respondedores. Devem sempre levar em consideração os seguintes princípios:

- a) Justificação: o benefício de ser expor a radiação deve ser maior que o detrimento, levando em conta os fatores sócio-econômicos.
- b) Otimização: que as doses de radiação recebida sejam tão baixa quanto possível.
- c) Limitação de dose individual.

Com relação às equipes de intervenção, nenhum membro das equipes de atendimento a situações de emergência, deve ser exposto à dose superior ao limite anual de dose para exposição ocupacional, estabelecido na Norma CNEN 3.01, exceto com a finalidade de:

- i) salvar vidas ou prevenir danos sérios à saúde;
- ii) executar ações que evitem dose coletiva elevada; ou
- iii) executar ações para prevenir o desenvolvimento de situações catastróficas

Segue a Tabela 4 dos Limites de Dose Anuais:

Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv ^b	1 mSv ^c
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv ^b	15 mSV
	Pele	500m Sv	50 mSV
	Mãos e pés	500 m Sv	---

a) Para fins de controle administrado efetuado pela CNEN, o termo dose anual deve ser considerado como dose no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

b) média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

c) Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de dose efetiva de até 5 mSv em um ano desde que a dose efetiva média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano (CNEN, 2014).

3. Os equipamentos de proteção individual, os chamados EPI: as vestimentas específicas, tais como: macacão, capuz, luvas, gorros, sapatilhas, máscaras de proteção respiratória, etc. são fundamentais para evitar contaminação radioativa no corpo do respondedor. Alguns exemplos de EPI nos profissionais são mostrados na Figura 19.



Figura19: Especialistas com EPIs

A ação de resposta à emergência radiológica tem por finalidade a retomada de controle da situação, a mitigação ou prevenção das consequências do ato terrorista, prevenção dos efeitos biológicos da radiação como os determinísticos, prevenção dos efeitos que não provem da radiação, providenciar tratamento médico as vítimas, proteção do meio ambiente e das propriedades e o preparo ao retornar as atividades socioeconomicas dos envolvidos no acidente.

É papel de o primeiro respondedor chegar primeiro ao cenário, para por em prática suas funções específicas.

Após estabelecer um ponto de controle, ou seja, um local limpo radiologicamente, onde os trabalhadores de emergência possam ter acesso à área isolada, o local escolhido para estabelecer o ponto de controle tem que ser fronteiro com a área livre de influência de material radioativo. As áreas podem ser delimitadas em três classes (CNEN, 2014):

- a) Área controlada: área sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais.
- b) Área supervisionada: qualquer área que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada.
- c) Área livre: qualquer área onde haja somente a radiação natural (CNEN, 2012).

A Figura 20 mostra um esquema das três áreas.

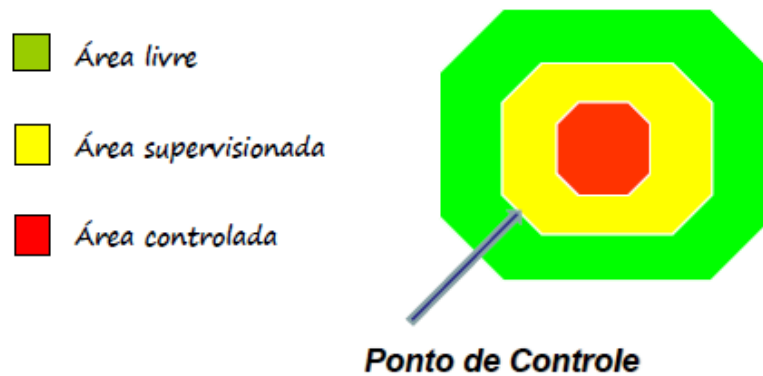


Figura 20: Delimitação de áreas (Rita, 2013)

9. AÇÕES MÉDICAS FRENTE A UM DDR

Em geral a área médica desconhece as manifestações radioinduzidas. No entanto um profissional capacitado em radioproteção quando deparado com uma emergência radiológica reconhecerá os sintomas indicativos de exposição em vítimas e pacientes.

Em uma emergência radiológica a equipe médica categoriza as vítimas acidentadas em quatro condições que mereçam assistência psicossocial de acordo com seus agravos:

- 1-Primárias: se dão aos indivíduos que foram expostos a radiação, SAR, SCR, lesões e contaminações que combinem a um trauma.
- 2- Secundárias: se referem ao familiar das vítimas, parentes e vizinhos das vítimas primárias.
- 3-Terciário: são os respondedores, que podem ser afetados psicologicamente e fisicamente.
4. Quaternário: se dá na generalização da população. Sendo de suma importância a inclusão dos respondedores no plano de resposta, visando à saúde física e mental tal quais as vítimas socorridas em uma emergência radiológica (Valverde 2010).

Uma vez que os sintomas são determinados, notificam-se as autoridades locais de saúde pública como hospitais, clínicas e outras infraestruturas com os centros de saúde a fim de terem a possibilidade de rastreio de radioacidentados simultaneamente a diferentes instalações que estejam apresentando sintomas iguais, autoridade Estadual e Nacional (Valverde, 2010 e ORISE, 2015)

Seja qual for o tipo de acidente, a ação prioritária na fase inicial até a final se detém em salvar vidas (Valverde, 2010).

As ações a serem tomadas neste cenário de emergência radiológica dizem respeito a procedimentos de radioproteção (tempo, à distância e a blindagem) e EPI. E o que segue se dá aos passos posteriores ao mesmo.

1. Triagem de vítimas,
2. Remoção de vítimas próximas a fonte de radiação ou local contaminado,
3. Retirada de roupas contaminadas,
4. Proteção de feridas suspeitas de contaminação,
5. Caso não seja possível, confirmar radiocontaminação e assumir que o paciente necessita de tratamento específico,
6. Comunicar com o hospital local e remover a vítima protegida contra contaminação, e
7. Atuar estritamente de acordo com os planos de emergência radiológica.

10. AÇÕES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA A EQUIPE MÉDICA DE PRIMEIROS RESPONDEDORES

Em um o cenário de atentado terrorista, as principais ações dos primeiros respondedores devem ser baseadas nos conceitos básicos de proteção radiológica.

Para esta questão prevalecem os fatores básicos de proteção radiológica no que se refere a: tempo, à distância e a blindagem, no qual o que se destaca como mais importante é o tempo, pois não há como atender um paciente mantendo total distância ou usando uma blindagem que impeça o atendimento.

A equipe médica, para sua própria segurança física, deve respeitar tais princípios, sabendo que, quanto menor o tempo em que a mesma ficar exposta ao ambiente radioativo no local de atendimento ou as vítimas radioacidentadas, menor exposição e menor dano causado pela irradiação. Por esta mesma razão também é aplicado os princípios básicos de proteção radiológica juntamente com fundamentos básicos de proteção radiológica pela equipe médica, tais como:

- a) Justificativa: é o princípio de que uma ação só deve ser tomada se os benefícios da ação superam o total (radiação e não radiação) riscos ou para a resposta inicial a uma explosão radiológica, a missão principal é resgatar vítimas de sobrevivência. Isto significa que a vantagem da operação é o número de vítimas de sobreviventes resgatados, e o risco da operação é o risco total para os respondedores conduzir operações de salvamento.
- b) Otimização: é um princípio que garante que a magnitude do impacto individual (dose de radiação), o número de pessoas impactadas, e a probabilidade de ocorrência de tais

impactos, se não estiverem determinados a ser recebida, são mantida tão baixa quanto razoavelmente possível.

c) Limitação de dose: é o princípio de que as doses de radiação deve ser cumprido. Os limites são sempre estabelecidos para operações normais, a CNEN publicou orientações afirmando que não há limites devem ser necessárias para salvar vidas seguintes às operações de grandes atos de terrorismo radiológico ou nuclear. Devem ser feitos todos os esforços para maximizar o benefício total para as populações afetadas, minimizando o total (radiação e não radiação) Os riscos para trabalhadores de resposta. Como já foi discutido, maximizando o número de sobreviventes é realizado através de uma implantação eficaz das forças de resposta para a região onde são esperados mais vítimas de sobrevivência (CNEN, 2014; ICRP-60, 1990; FEMA, 2010).

Em acidentes radiológicos onde envolvem fontes com materiais radioativos é utilizado vestimentas apropriadas, para proteção contra materiais contaminantes ou biologicamente perigosos (Valverde, 2010 et al).

O uso adequado de vestimenta apropriada completa (Figura 21) garante a segurança física dos profissionais. Nos quais são: o uso de marcações, luvas, sapatilhas e máscaras de respiração são primordiais, por ser um acidente em local fechado. Fazer uso de dosímetros pessoais e dosímetros com alarme garantindo o estado de consciência e controle sobre a existência do tipo de material radioativo e a taxa de dose em que o cenário está expondo, protegendo a equipe contra o contato ou possível contaminação. A remoção do EPI deve ser feita no limite das áreas controladas e supervisionadas, onde todas as fitas gomada externas são retiradas das pernas e mangas de macacão tyvek, colocando-as em uma lixeira forrada adaptada para rejeito radioativo.



Figura 21: EPI completo

No entanto, o uso de EPI não protege da exposição radioativa. Logo, deve-se utilizar como parâmetro o tempo de permanência e a distância do médico com a vítima de

contaminação. Estes dois parâmetros devem ser controlados por um profissional de proteção radiológica, levando em consideração os limites de doses anuais.

A monitoração da equipe médica, ao final de um procedimento médico, deve ser feita, também, pelos especialistas em proteção radiológica, onde, através de equipamentos de monitoração verificam a presença de contaminação superficial no corpo do médico, como demonstrado nas figuras 22 e 23.



Figura 22: Equipamentos de monitoração de área

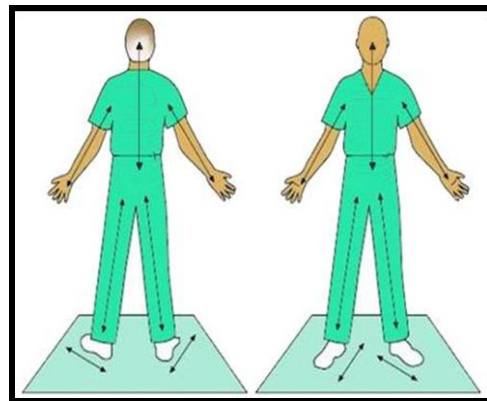


Figura 23: Monitoração de pessoas.

Um bom planejamento das ações a serem tomadas e efetuadas depende de pessoas responsáveis participantes na organização genérica, como o que inicia a resposta, o que coordena a emergência, o que controla a cena, o que assessora e o então finalizador o primeiro respondedor (Valverde 2010 et al).

11. RESULTADOS

O acidente radiológico de Goiânia trouxe vários conhecimentos que realmente podem ser tomados como referência para adaptar as ações de proteção radiológica, a um evento com a detonação de um dispositivo de dispersão radiológica auxiliando uma equipe médica como primeiros respondedores a esses eventos.

Os seguintes aspectos destacam-se como primordiais para serem tomados como referência por uma equipe médica como primeiros respondedores;

1. As principais ações devem ser baseadas nos conceitos básicos de proteção radiológica, ou seja, justificativa, otimização e, principalmente, a limitação de dose.
2. Os fatores básicos de proteção radiológica, isto é, tempo, distância e blindagem devem ser sempre levados em consideração. Mas o fator TEMPO se destaca como mais importante, pois não há como atender um paciente mantendo total distância ou usando uma blindagem que impeça o atendimento.
3. Utilização de vestimenta apropriada completa para proteção contra materiais contaminantes ou biologicamente perigosos garantindo a segurança física dos profissionais.
4. Monitoração da equipe médica, ao final de um procedimento médico, realizada por especialistas em proteção radiológica, verificando a presença de contaminação superficial no corpo do médico.
5. Acompanhamento constante de especialistas em proteção radiológica em todas as ações médicas como primeiros respondedores.

12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Baseado nas lições aprendidas e nos erros cometidos por todos os acidentes vistos internacionalmente e em Goiânia usado como referência para as ações de proteção radiológica para equipes médicas sendo os primeiros respondedores ao evento, pode-se perceber que houve a ausência de planejamento, capacitação e preparação dos profissionais frente ao evento de emergência. A maioria dos médicos locais não tinha conhecimento sobre radiações ionizantes, não sabiam diferenciar vítimas comuns de vítimas radioacidentadas, seus efeitos biológicos, síndromes, diferenciar radiolesões de lesão comum, e o principal, ausência de planos de procedimentos para ações de proteção

radiológica da equipe médica, negligência de uso de EPIs no qual diminuiria a ocorrência de contaminação no primeiro atendimento emergencial.

Observou-se que em diversos casos de acidentes radiológicos que ocorreram com fontes órfãs, ficou claro que as organizações responsáveis desempenham um papel fundamental no controle de fontes radioativas, e que em sua ausência ocasiona o prejuízo à saúde dos indivíduos afetados em acidentes é significativo, pois as exposições à radiação ionizante deixam graves sequelas, quando não causam mortes. Das variadas lições aprendidas, como referencia as ações de proteção radiológica da equipe médica como os primeiros respondedores a um evento terrorista com DDR, pode se atribuir aquela que traz a responsabilidade em lidar com a tecnologia, a ciência e o conhecimento de forma consciente sobre as radiações ionizantes e proteção radiológica, tendo compreensão das consequências reais que um episódio como este causa e a necessidade do exercício, aprimoramento da prática em treinamento, iniciativas que visam o aperfeiçoamento das equipes responsáveis, pelas ações de resposta, sendo de primordial importância, pois o conhecimento aliado ao treinamento constante gera confiança para que se possa intervir com segurança e eficácia em emergência da equipe médica de primeiros respondedores.

Muito embora haja instituições que ofereçam formação profissional gratuita para que se garanta uma formação de qualidade, com centros de treinamentos de equipes para atendimento a emergências radiológicas, e centros formadores de especialistas em radioproteção, primando pela qualidade de forma a transferir conhecimentos de novas técnicas e ações, para que na medida do possível se possa evitar ou minimizar os prejuízos causados em um acidente radiológico, e coloca-se disponíveis amplas vagas à todos os profissionais da área da saúde nos quais se interessem pelo tema, ainda existe uma enorme carência de procura e resistência pela comunidade de medicina. Por esta razão, alguns trabalhadores de resposta de emergência tornam-se desqualificados na atuação em grandes catástrofes que incluam áreas altamente radioativas, pois das ações de resposta de proteção radiológica em emergência da equipe médica só se torna eficaz quando existem conhecimentos e planejamentos adequados.

Portanto, mediante a tudo o que foi dito estas são as recomendações sugeridas:

1. Divulgação ampla, por todas as mídias, visando recrutar profissionais que atuam em emergência a participarem de workshop, treinamentos a nível nacional e internacional a onde a metodologia ensinada seja radiação, seus efeitos, como proteger-se, como lidar com o público. Como forma de conscientizar a comunidade médica e aos profissionais da

saúde da importância do tema. Para que saiam aptos a atuarem com qualidade e responsabilidade em um acidente deste nível.

2. Exercícios práticos de ações em emergência para a equipe médica de emergência, de forma anual, sendo obrigatório aos profissionais se atualizarem e responderem satisfatoriamente à avaliação que curso de especialização em proteção radiológica propor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIEA. (2009). **Safety Guide Categorization of radioactive sources**. Vienna: AIEA.
- AIEA. (2000). **The radiological accident in Lilloo**. Vienna: AIEA.
- AIEA. (1998). **The radiological accident in Tammiku**. Vienna: AIEA.
- Aurelio, D. (2010). **Dicionario Aurelio**. Rio de Janeiro: Melhoramentos.
- Borges, W. (2003). **Eu também sou vítima**. Goiania: Visual Ltda.
- Cezar, S. D. (2009). **Importação de fontes radioativas e equipamentos geradores de radiação ionizante**. Rio de Janeiro: IRD.
- Chavez, E. G. (1998). **Atos e omissões : acidente com césio 137 em Goiania**. São Paulo: IFCH.
- CNEN. (2011). **Diretrizes básicas de proteção radiológica**. Rio de Janeiro: CNEN.
- CNEN. (2012). **Glossário de segurança nuclear**. Rio de Janeiro: CNEN.
- CNEN. (2011). **Posição regulatória 3.01/006**. Rio de Janeiro: CNEN.
- CNEN. (1988). **Relatório sobre o acidente radiológico o Cs 137 em, Goiania**. Rio de Janeiro: CNEN.
- CNEN.(2015) <http://www.cnen.gov.br/instalacoes-autorizadas>). Acesso em: 14/09/2015
- Heilbron, P. F. (1992). **Pára- raios radiativos,proteção ou perigo?** Rio de Janeiro: Anais.
- IAEA. (1999). **TECDOC-1092- Generic procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency**. Vienna: IAEA.
- IAEA (1988). **The radiological accident in Goiania**. Vienna: IAEA.
- ICRP-60, 1990. **ICRP**. Disponível em <www.icrp.org> acesso em 25/02/15
- Liberal, F. D. (2013). **Terapia paliativa de metastase óssea**. São Paulo: USP.
- Maruno, J. t. (2006). **Avaliação da contaminação provocada por pára-raios radioativos de Amerício-241 descartados em lixões**. São Paulo: IPEN.
- Michaelis. (2010). **Dicionário de lingua portuguesa**. Rio de Janeiro: UOL. (<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues>) Acesso: 01/09/2015.

Nogueira, B. (2013). **Simulação de atentado terrorista com fonte de Irídio 192 e Rádio 226: Procedimentos para ações de emergência radiológica.** Rio de Janeiro: IRD.

OIEA. (2005). **Directrices sobre la segurança tecnologica e fisica das fontes radiotivas.** Vienna: OIEA.

OIEA.2. (2004). **Codigo de conducta sobrela importação e exportação de fontes radioativas.** Vienna: OIEA.

ORISE (2015) (<http://orise.orau.gov/reacts/>) Acesso em: 17 de Agosto de 2015.

Souza A.C de, B. N. (2013). **Simulação de intenção de atentado terrorista com fonte de Irídio 192 e Radio 226: procedimento para ações de emergência radiológica.** Rio de Janeiro: IRD.