

BR8817716
INIS-BR--1192

RELATÓRIO DO ACIDENTE RADIOLÓGICO
EM
GOIÂNIA

APRESENTADO POR REX NAZARÉ ALVES, EM
10 DE MARÇO DE 1988, A COMISSÃO PAR-
LAMENTAR DE INQUÉRITO DO SENADO FE-
DERAL.

INTRODUÇÃO

Em setembro de 1987, a violação de uma fonte de césio-137, de 1375 Curies, removida de uma unidade de teleterapia, em Goiânia, deu origem a um acidente radiológico.

As proporções do acidente foram agravadas pelo longo tempo decorrido entre o evento e sua notificação às autoridades. A fonte, na forma de cloreto de césio, composto químico de alta solubilidade, e o seu inadequado manuseio, contribuíram para aumentar o número de pessoas e áreas contaminadas.

A CNEN, informada às 15 horas do dia 29 de setembro de que haviam áreas contaminadas e pessoas que apresentavam sintomas de exposição à radiação, providenciou de imediato o atendimento médico às vítimas, monitoração de pessoas, reconstituição do acidente e avaliação do impacto ambiental.

Os dados obtidos das declarações das pessoas envolvidas no acidente, confrontadas com as avaliações médicas e com a radiometria das áreas afetadas, permitiram a elaboração dos procedimentos para atendimento às vítimas e para as operações de descontaminação das áreas. Estes procedimentos visaram prioritariamente atender às vítimas, e a minimizar os caminhos críticos pelos quais outras pessoas pudessem ser afetadas pela exposição à radiação e/ou contaminação.

O manuseio direto da fonte ou de parte dela, a comercialização de materiais contaminados, os contatos sociais e/ou profissionais entre pessoas, a circulação de animais, ventos e chuvas, foram as principais vias de dispersão do césio-137.

Foram identificadas sete áreas como focos principais e as medidas radiométricas desses locais, determinaram o seu imediato isolamento. Naquela ocasião a maior taxa de exposição medida foi de 110 R/h a um metro.

Apresentaram contaminação residual, 20 residências, vizinhas aos focos principais que foram desocupadas e mantidas isoladas até a completa descontaminação. Nessas casas o maior nível de taxa de exposição a um metro era de 300 mR/h. Outras 22 residências de pessoas relacionadas com aquelas contaminadas,

também apresentavam contaminação residual, porém com taxa de exposição média de 0,1 mR/h. Também foram detetados níveis de contaminação em logradouros públicos com níveis de exposição da mesma ordem de grandeza que as do segundo grupo de residências. Essa avaliação foi ratificada pelo levantamento aeroradiométrico e pelo sistemático rastreamento terrestre.

O resultado das análises de monitoração ambiental mostrou: que não houve contaminação de lençol freático, nem da água potável; que a contaminação na quase totalidade da área situava-se nos primeiros 50 cm de solo; que a contaminação nos córregos e rios era localizada apenas no sedimento (100 a 800 Bq/kg); a necessidade de podas ou retirada de árvores frutíferas e a eliminação de hortaliças, cultivadas num raio de 50 metros dos focos principais.

Dos 720 profissionais envolvidos nas operações de descontaminação, apenas 17 (2,37%) expuseram-se a doses superiores a 10 mSv, sendo 15,8 mSv a maior dose equivalente. Receberam doses inferiores a 2 mSv, 585 trabalhadores. Com relação a contaminação interna desses profissionais, 81,5% apresentaram níveis não mensuráveis pelo contador de corpo inteiro.

Em alguns locais, o solo foi removido e substituído por outro semelhante ou preenchido com brita e areia ou recoberto com camada de concreto. As medidas de perfilagem permitem estimar que menos de um Curie permaneceu residualmente disperso no solo.

Durante o período de 30 de setembro a 21 de dezembro, foram monitoradas e registradas 112.800 pessoas do público. Desse total somente 249 foram identificadas com taxas de exposição indicativas de contaminação interna e/ou externa.

A triagem dos pacientes obedeceu ao grau de comprometimento dos sistemas hematopoético, à gravidade das radiodermites e à intensidade da contaminação interna e externa. Na fase crítica do acidente foram hospitalizadas 20 pessoas, sendo que 4 vieram a falecer. No momento apenas um paciente se encontra internado sob cuidados médicos.

Sendo o Brasil signatário da Convenção da "Early Notification", de imediato comunicou a AIEA a ocorrência do acidente. No contexto da "Convenção sobre Assistência Recíproca

em casos de Acidentes Nucleares ou Emergência Radiológica foram mantidos contatos diretos e através da AIEA com os governos da Argentina, França, Alemanha Federal, União Soviética e Estados Unidos. Contou-se também com a assistência técnica da AIEA equivalente a 18 homens-dia, 82 homens-dia em cooperação bilateral e 77 homens-dia em base voluntária. Breves comunicações periódicas mantiveram à AIEA ao par da evolução do acidente.

Neste contexto contou-se também com a cessão ou empréstimo de alguns equipamentos específicos da área de radioproteção por parte da AIEA, Inglaterra, Hungria, Holanda, Japão, França, Alemanha Federal e Israel.

A avaliação radiométrica das áreas atingidas após a conclusão das operações de descontaminação permite assegurar que as doses equivalentes para moradores distantes até 50 m dos focos principais vão se situar em valores menores que 300 mrem/ano. Para distâncias superiores a 100 m, as doses equivalentes serão aquelas da radiação de fundo.

CRONOLOGIA

- 17/06/71 - Autorização dada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para importação da fonte (carta CNEN-DFMR-C-102/71).
- 13/09/87 - Remoção indevida da unidade de cesioterapia do Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) realizada, segundo os depoimentos na Polícia Federal (PF), por Roberto dos Santos Alves (22) e Wagner Mota Pereira (19).
- Desmantelamento de parte do equipamento.
- 13-17/09/87 - Parte do equipamento foi mantido no quintal de Roberto.
- Roberto e Wagner tentaram separar o chumbo da parte que continha a fonte radioativa, no dia 13/09/87. Wagner, usando ferramentas inadequadas, conseguiu romper a "janela de irídio", de 1 mm de espessura, da fonte de césio.
- 13/09/87 - Wagner teve vômitos, atribuindo-os ao fato de ter comido manga com côco. Roberto foi acometido pelos mesmos sintomas.
- 14/09/87 - Wagner teve diarreia, tonturas e começou a ficar com uma das mãos inchadas.
- 15/09/87 - Wagner procurou assistência médica, apresentando queimaduras na mão e no braço. Ficou em casa, sentindo-se mal, durante quase uma semana, mas chegou a fazer pequenos trabalhos.

- 19/09/87
- Roberto e Wagner venderam parte do equipamento ao ferro velho I dirigido por Devair Alves Ferreira (36). O transporte para o ferro velho I foi realizado por Eterno Almeida dos Santos (35).
 - Israel Batista dos Santos (22) e Admilson Alves de Souza (18) manuseiam o equipamento e a fonte.
- 21/09/87
- Devair colocou a maior parte da fonte na sala de sua residência e distribuiu fragmentos e pó a parentes e amigos.
 - Maria Gabriela Ferreira (38), esposa de Devair, foi examinada no Hospital São Lucas, apresentando como sintomas: vômitos e diarreia.
- 23/09/87
- Wagner foi internado no Hospital Santa Rita, lá permanecendo por quatro dias.
 - Israel Batista dos Santos (22), empregado de Devair, recebeu a incumbência de desmontar um cilindro metálico, de aproximadamente 25 kg, que continha uma outra peça (fonte) onde havia uma substância que emitia "luz azul".
- 24/09/87
- Ivo Alves Ferreira (40), irmão de Devair, entra em contato com o césio. Leide das Neves Ferreira (6), filha de Ivo, entrou em contato com o pó contendo césio, ingerindo-o.
 - A blindagem de chumbo e parte do equipamento foram transportados do ferro velho I para o ferro velho III (em caminhão do ferro velho III).
- 26/09/87
- No sábado, Kardec Sebastião dos Santos (30), empregado do ferro velho II, levou o cabeçote com cerca de 300 kg, do Instituto Goiano de

Radioterapia para o ferro velho II dirigido por Ivo.

- Maria Gabriela Ferreira, que chegou de viagem de Minas Gerais, ficou exposta à radiação, pois a fonte ficou guardada no interior de sua residência. À noite sentiu náuseas.

28/09/87

- Geraldo Guilherme da Silva, (21) empregado do ferro velho I, e Maria Gabriela, levaram em saco plástico a peça do ferro velho III até à Vigilância Sanitária de Goiânia, utilizando um coletivo urbano. Geraldo ao descer do Ônibus, distante duas quadras da Vigilância Sanitária, carregou a fonte no ombro.
- Maria Gabriela foi ao gabinete do sanitarista Paulo Roberto Monteiro, da Divisão de Vigilância Sanitária e disse: "meu povo está morrendo".
- Wagner foi transferido em caminhão da Secretaria de Educação, por seus pais, para o Hospital de Doenças Tropicais. Três médicos o receberam e o internaram.

28/09/87

- O médico Alonso Monteiro, da Vigilância Sanitária, depois de testar vários diagnósticos, solicita ao Sanitarista Paulo Monteiro, a presença de um físico, desconfiando serem os sintomas conseqüências de contato com material radioativo.

29/09/87

- Os físicos, Walter Mendes da Secretaria de Saúde e Sebastião Mais, do escritório local da NUCLEBRÁS, verificaram que o material depositado sobre a mesa de Paulo R. Monteiro, era radioativo. O grupo foi ao Secretário de Saúde, Antônio Faleiros, que às 15 horas mandou telefonar para o Diretor do Departamento de Insta

lações Nucleares (DIN) da CNEN. As 18 horas o diretor do DIN embarcou para Brasília, e prosseguiu de carro até Goiânia.

30/09/87

- O diretor do DIN chegou às 0,30 horas à Goiânia, encontrando-se com dois técnicos de radioproteção do IPEN.
- Nesta madrugada, o Diretor do DIN relata sua 1ª avaliação à CNEN.
- Foi acionado um plano de emergência, do qual participaram C.A.A., FURNAS, NUCLEBRÁS, DEFESA CIVIL e a ala de emergência nuclear do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD).
- A CNEN enviou técnicos e equipamentos, solicitando à NUCLEBRÁS reforço médico. FURNAS e a FAB foram colocadas de sobreaviso.
- Iniciada a triagem de pessoas no Estádio Olímpico de Goiânia; instaladas barracas para alojamento dos contaminados, já providenciadas pelas autoridades do Estado de Goiás.
- As áreas consideradas como focos principais foram isoladas.

01/10/87

- Solicitada à FURNAS duas ambulâncias do Hospital de Mambucaba e técnicos.
- Seis pacientes oriundos de Goiânia chegaram ao Rio de Janeiro transportados pela FAB para internação no HNMD.

02/10/87

- Informado o representante da Missão Brasileira junto à AIEA e solicitada assistência internacional.
- Foram recuperados 100 kg de chumbo em Goiás Velho oriundos do ferro velho III.

- 03/10/87** - Provenientes de Goiânia, transportados pela FAB, chegaram mais quatro pacientes ao HMMD.
- 05/10/87** - A CNEN solicita à Polícia Federal instauração de inquérito policial.
- 05-08/10/87** - Chegaram ao Rio de Janeiro alguns especialistas estrangeiros em Medicina e Radioproteção. A saber:
- dia 5: J. Gimenez - médico/Argentina
 - dia 6: E. Palacios - radioproteção e rejeitos/Argentina
 - dia 6: G. Drexler - radioproteção/RPA
 - dia 7: G. Hanson - radioproteção/WHO
 - dia 7: R. Ricks - radioproteção/USA-IAEA
 - dia 7: G. Selidovkin - médico/URSS
 - dia 8: C. Lushbaugh - médico/USA-IAEA
- 07-08/10/87** - Foi realizado, por equipe da CNEN, o levantamento aeroradiométrico da grande Goiânia. Foi localizado um foco em um depósito de lixo. Não foram encontrados outros focos fora das áreas já isoladas
- 08/10/87** - O Presidente da CNEN, reuniu-se no Palácio das Esmeraldas com o Governador de Goiás.
- 09-15/10/87** - Foram realizados levantamentos de áreas próximas à Goiânia, para escolha do local de depósito dos rejeitos radioativos. Protestos adiam a escolha final.
- O Presidente da República visitou áreas contaminadas em Goiânia e visitou os pacientes internados no HGG.
- 14/10/87** - Roberto dos Santos Alvea teve amputado o antebraço direito.

- 16/10/87 - Foi indicado o local para o depósito provisório dos rejeitos dos materiais contaminados com o césio-137, a 20 Km do centro de Goiânia, em Abadia de Goiás.
- 18/10/87 - Os médicos, Fortunato Palhares e Nelson Masini, do Departamento de Medicina Legal da Universidade de Campinas, concluem o laudo preliminar com o histórico de vinte pessoas contaminadas.
- 19/10/87 - O Presidente da CNEN retornou a Goiânia e prestou depoimento na Polícia Federal.
- 21/10/87 - Israel Batista dos Santos (22) e Maria Gabriela Abreu (57), mãe de Maria Gabriela Ferreira, foram internados no HNMD em virtude de seu quadro hematológico agravado.
- 23/10/87 - Faleceram no HNMD as duas primeiras vítimas do acidente radioativo, Leide das Neves Ferreira (6) e Maria Gabriela Ferreira (38).
- 26/10/87 - Foram sepultados no cemitério Parque de Goiânia, Maria Gabriela Ferreira e Leide das Neves Ferreira.
- 27/10/87 - Faleceu no HNMD, Israel Batista dos Santos (22).
- 28/10/87 - Faleceu no HNMD, Admilson Alves de Souza (18).
- 29/10/87 - O Presidente da CNEN retornou a Goiânia para preparar "in situ" os trabalhos da CNEN.
- 30/10/87 - Foram transferidos para o HNMD, Geraldo Guilherme da Silva (21) e Edson Fabiano (42).

- 01/11/87** - O HEMD é o primeiro hospital da América do Sul a receber o equipamento CS-3000, que separa plaquetas, leucócitos e hemácias do sangue.
- 04/11/87** - Receberam alta do HEMD os pacientes Ivo Alves Ferreira (40), Devair Alves Ferreira (36) e Roberto dos Santos Alves (21). Foram internados no Hospital Geral do INAMPS em Goiânia, onde continuaram o tratamento.
- 06/11/87** - O Ministro da Agricultura, determina a COSAL que compre os produtos agropecuários de Goiás.
- 11-21/11/87** - O Presidente da CNEN, passou a coordenar os trabalhos na cidade de Goiânia.
- 12/11/87** - Reuniram-se no Palácio das Esmeraldas, o Ministro do Trabalho, o Ministro da Saúde e o Presidente da CNEN, para assinatura de convênio tendo como objetivo a fiscalização dos aparelhos de radiologia e radioterapia existentes no Brasil.
- 14/11/87** - Equipe da CNEN retirou uma coluna metálica de sustentação do galpão do ferro velho I altamente contaminada.
- 18/11/87** - O Presidente Sarney, visitou áreas isoladas de Goiânia.
- 19/11/87** - Chegaram a Goiânia 80 funcionários da firma Andrade Gutierrez, para participarem dos trabalhos, inclusive 14 engenheiros.
- 23/11/87** - Os pacientes Roberto dos Santos Alves e Edson Batista Siqueira (13), que já possuíam conta-

minação interna baixa, foram transferidos do Hospital Geral do INAMPS (GO) para a FEBEM (GO).

- 24/11/87 - O Presidente da CHEN, passou a dirigir do Centro de Coordenação na rua 57 em Goiânia, os trabalhos de descontaminação.
- 26/11/87 - Foram transferidos do HNMD para Goiânia mais 3 pacientes, Kardec, sua mulher, Luiza Odete dos Santos (28) e Maria Gabriela de Abreu. São internados no Hospital Geral de Goiânia (INAMPS), onde continuaram em tratamento.
- 06/12/87 - Retornaram ao Brasil os Drs. R. Ricks e C. Lushbaugh, que participaram anteriormente nos trabalhos de socorros às vítimas do acidente em Goiânia. Desta vez vieram como conferencistas de um curso (programado meses antes do acidente de Goiânia) para médicos envolvidos em atendimento à vítimas de acidentes nucleares e radiológicos.
- 09/12/87 - Chegou ao Rio o Dr. E.F. Hirsch, cirurgião e especialista em danos por radiação da Escola de Medicina da Universidade de Boston.
- 10/12/87 - Foram transferidos para Goiânia os três últimos pacientes internados no HNMD.
- Wagner Mota Pereira, Edson Fabiano e Geraldo Guilherme da Silva, continuaram o tratamento no Hospital do INAMPS.
- 11/12/87 - Além dos 12 pacientes internados no Hospital do INAMPS, outras 14 pessoas, com menor grau de contaminação, foram mantidas internadas em uma unidade da FEBEM. No Albergue Bom Samaritano, estavam abrigadas 10 pessoas.

- 12/12/87 - A CNEN iniciou a utilização de veículo, com equipamentos sensíveis de monitoração, que percorreu ruas de Goiânia.
- 13/12/87 - Cerca de 700 caixas metálicas, cinco "containers" marítimos e 2000 tambores, contendo um total de 1600m³ de rejeitos, equivalentes a uma massa de quase 1700 toneladas já estavam estocadas (depósito transitório) em Abadia de Goiás.
- 15/12/87 - Foi concluída a limpeza do ferro velho II.
- 17/12/87 - Maria Gabriela Abreu recebeu alta do Hospital Geral de Goiânia, e se deslocou para sua residência em Inhumas, a 30 km de Goiânia.
- 18/12/87 - Com o objetivo de reduzir o temor da população de Goiânia, técnicos da CNEN, disputaram uma partida de futebol no Estádio Olímpico.
- 20/12/87 - As equipes da CNEN concluíam a limpeza da Rua 57, área mais contaminada de Goiânia.
- 20-21/12/87 - Cerca de 200 membros das equipes da CNEN, que trabalhavam em Goiânia, retornaram as suas cidades de origem.

CARACTERÍSTICAS DA FONTE

- radionuclídeo:	^{137}Cs
- radiações que emite:	beta: $E_{\text{max}} = 0,514 \text{ KeV}$ (94,0%) $E_{\text{max}} = 1,176 \text{ KeV}$ (6,0%) gama: $E = 661,65 \text{ KeV}$ (85,1%)
- meia vida:	30,17 anos
- constante de taxa de exposição:	0,332 (R.m ²)/(Ci.h)
- composição química:	$^{137}\text{CsCl}$
- atividade total:	2000 Curies
- atividade específica (1971):	22 Ci/g
- volume:	31 cm ³
- densidade:	3,0 g/cm ³
- massa de $^{137}\text{CsCl}$ (1971):	28 g
- massa de material aglutinante:	63 g
- atividade em Set/67:	1375 Curies
- massa de $^{137}\text{CsCl}$ em Set/87:	19,26 g
- atividade específica em Set/87:	15,11 Ci/g

A unidade de radioterapia, removida do IMA, foi fornecida pela "General Radiológica SPA", Itália - Modelo CASAPAN F-3000. Continha uma pastilha de Césio-137, com 3,6 cm de diâmetro e 3 cm de altura.

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA EXTENSÃO DO ACIDENTE E PRIMEIROS SOCORROS

1.1 - RECONHECIMENTO DA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A CNEN, tomou conhecimento do acidente radiológico de Goiânia através de contato telefônico do físico Walter Mendes, com o Departamento de Instalações Nucleares (DIN), no dia 29.09.87 às 15 horas, por solicitação do Secretário de Saúde do Estado de Goiás, o médico Antônio Faleiros. Na ocasião, informou que várias pessoas se encontravam no Hospital de Doenças Tropicais (HDT) ou acampadas em barracas no Estádio Olímpico apresentando sintomas característicos de síndrome de radiação. Também alertou de que taxas de exposição com níveis acima da radiação natural foram detetadas em diversas pessoas e que alguns locais já haviam sido isolados.

A descrição do fato e o levantamento dos dados relativos a instalações radiativas em Goiânia, aventou a hipótese de que a ocorrência havia sido originada pela perda de selagem de material radioativo procedente de equipamento de radioterapia. O diretor do DIN, após consultar os registros, entrou em contato telefônico com um dos proprietários do IGR, Carlos de Figueiredo Bezerril, médico radioterapeuta, e com Flamarion Barbosa Goulart, físico responsável pela radioproteção, e foi informado que possivelmente a ocorrência estava relacionada com uma fonte de césio-137 daquele Instituto.

A CNEN colocou seus institutos e sede em condições de apoio imediato e às 18 horas daquele dia o Diretor do DIN e técnicos do IPEN embarcaram para Goiânia, para avaliação inicial do acidente.

No dia 30.09.87, às 0,30 horas chegaram à Goiânia, o diretor do DIN, acompanhado de técnicos de radioproteção do IPEN. Em companhia dos diretores do IGR foram à Rua Paranaíba,

nº 1587, onde estaria localizada a fonte. O local apresentava-se semi-destruído, sem luz e sem qualquer vigilância. Após ter sido iluminado precariamente, constatou-se que a unidade de teleterapia com fonte de césio-137 não se encontrava no referido local. Com o auxílio de monitor de radiação, verificou-se que as taxas de exposição eram da mesma ordem de grandeza da radiação natural. Investigações mais detalhadas sobre o local foram feitas posteriormente, à luz do dia.

Em seguida, acompanhados por membros da Defesa Civil, dirigiram-se aos locais onde, presumivelmente, houvera contaminação, tendo o Diretor do DIN constatado que a situação era grave.

Na madrugada deste mesmo dia, foram contatados o Diretor Executivo-I da CNEN e a Diretoria do IRD, aos quais foi solicitado o envio imediato a Goiânia de equipes de:

- Proteção Radiológica;
- Controle Ambiental;
- Rejeito Radioativo; e
- Assistência Médica.

A avaliação preliminar indicava que algumas pessoas poderiam necessitar de tratamento especializado, e então foi solicitado que o HNMD do Ministério da Marinha, no Rio de Janeiro, fosse colocado de sobreaviso.

Ao amanhecer do dia 30 os principais focos estavam isolados, a saber:

- Rua 57, casa 68, Setor Central;
- Rua 17-A, Quadra 70 - Lote 26-B - Setor Aeroporto;
- Rua 6, Quadra Q - Lote 18 - Setor Norte Ferroviário;
- Rua P-19, Quadra 92 - Lote 4 - Setor dos Funcionários;
- Rua 16-A, nº 792 - Vigilância Sanitária;
- Rua 63 - Casa 179 - Setor Central; e
- Rua 26-A, Quadra Z, Lote 30 - Setor Aeroporto.

Devido às altas taxas de exposição nas proximidades do prédio da Vigilância Sanitária, ocasionadas por parte da fonte de césio-137 alojada em peça metálica que já havia sido transportada para aquele local, determinou-se que esta peça fosse blindada com a máxima urgência. Os valores medidos na ocasião foram superiores a 1000 R/h próximo à superfície e cerca de

40 R/h a 1 metro da fonte. Na tarde de 1.10.87, juntamente com as Secretarias de Saúde e Transporte do Estado de Goiás, foram estabelecidas as providências para blindar, com concreto, a fonte de césio-137.

As prioridades estabelecidas para os trabalhos a serem desenvolvidos a partir da tarde do dia 30 foram:

- atendimento médico dos contaminados;
- lavagem e troca de roupa dos contaminados;
- alimentação e orientação adequadas;
- monitoração das pessoas; e
- esclarecimento ao público.

Na noite do dia 30, foi realizada reunião técnica com as equipes de trabalho em Goiânia, ficando decidido que elas deveriam atuar simultaneamente no sentido de possibilitar:

- a reconstituição do acidente, da maneira mais fiel possível;
- a identificação de todos os focos de contaminação;
- a monitoração de pessoas no Estádio Olímpico;
- a realização de levantamentos radiométricos;
- a monitoração ambiental em conjunto com a SEMAGO;
- o atendimento às vítimas do HGG, a transferência de 6 pacientes para o HNMD e início da triagem de pessoas presumivelmente irradiadas e/ou contaminadas;
- a informação correta ao público por meio da OSEGO;
- o controle das áreas isoladas pela Polícia Militar e Defesa Civil do Estado de Goiás; e
- o rastreamento aeroradiométrico da cidade de Goiânia.

A gravidade do quadro clínico dos pacientes, as informações alarmantes sobre a contaminação de águas, consequências nefastas sobre mulheres grávidas e o número exagerado de áreas afetadas acarretaram grande afluência da população ao Estádio Olímpico.

1.2 - TRIAGEM E ATENDIMENTO DE PESSOAS

As pessoas que manipularam a fonte ou parte dela, e que por conseguinte, apresentavam maior nível de irradiação,

havam sido avaliadas clinicamente, sem diagnóstico de certeza, e internadas antes do dia 29 de setembro, no Hospital de Doenças Tropicais (HDT) e no Hospital Santa Maria. O Estádio Olímpico foi designado pela Secretaria de Saúde do Estado de Goiás para abrigar, em 8 barracas, as pessoas afastadas de suas residências. Nos focos principais, essas pessoas foram avaliadas clínica e radiometricamente e, em função da gravidade apresentada, encaminhadas para o HGG, FEBEM e Albergue Bom Samaritano.

As pessoas que habitavam em locais adjacentes aos focos de contaminação identificados ou que mantiveram algum tipo de contato com as vítimas, foram orientadas a se dirigirem ao Estádio Olímpico, onde seriam monitoradas. Os níveis de contaminação apresentados eram bem inferiores aos do grupo anterior.

Além dessas pessoas, uma significativa parcela da população de Goiânia, apesar de não ter estabelecido nenhum relacionamento direto com o evento, compareceu ao Estádio Olímpico para ser monitorada. Aparentemente, o motivo que as levou ao estádio se deveu ao fato de se encontrarem na cidade naquela época.

A finalidade da monitoração foi:

- identificar qualquer contaminação;
- aplicar medidas preliminares de descontaminação, bem como avaliar a eficácia desse procedimento; e
- em caso de persistência da contaminação, encaminhar para acompanhamento médico pela equipe de especialistas.

Nessa fase de primeiros socorros, 249 pessoas foram identificadas com níveis de contaminação. Dentre elas, 120 apresentavam apenas contaminação de vestuários e calçados; 129 apresentavam contaminação externa e/ou interna, ficando 50 submetidas a supervisão médica direta. Ainda nos primeiros dias pós-acidente, outras 50 pessoas foram encaminhadas à equipe médica para se submeter a uma avaliação clínico-laboratorial. Dentre essas, uma parcela procedia da Divisão de Vigilância Sanitária, da Polícia Militar, do Corpo de Bombeiros ou eram parentes próximos das vítimas. Do total de 100 pessoas, 20 exigiram tratamento médico intensivo, a nível hospitalar, devido

ao quadro hematológico e às radiodermites apresentadas.

A triagem inicial realizada pelo Governo do Estado e o procedimento adotado pela CNEN, eliminaram a possibilidade de contaminação e exposição de pessoas durante a espera para monitoração.

Simultaneamente ao trabalho técnico, profissionais da área de Assistência Social prestaram esclarecimentos e apoio ao público, pois havia intranquilidade da população, mesmo tendo sido constatado que a contaminação restringia-se a um grupo de indivíduos.

1.3 - BUSCA E ISOLAMENTO DOS LOCAIS CONTAMINADOS

Após os primeiros dias de atividade em Goiânia, as equipes técnicas verificaram que a dispersão de césio-137 poderia ser atribuída, principalmente, aos seguintes fatores:

- contatos sociais mantidos por pessoas diretamente contaminadas pelo manuseio indevido do material radioativo;
- comercialização de materiais contaminados, provenientes dos ferros velhos envolvidos;
- distribuição de fragmentos da fonte radioativa; e
- dispersão por efeito de ventos e chuvas.

O intervalo de tempo transcorrido entre a violação da cápsula contendo césio-137, dia 13.09.87, e a data em que tal fato se tornou conhecido, 29.09.87, contribuiu para uma maior disseminação do material. De fato, foram identificados focos menores e pessoas contaminadas em regiões distantes. Isso levou a CNEN a acrescentar às buscas terrestres, que vinham sendo realizadas, o trabalho de levantamento aeroradiométrico.

a) PARTE TERRESTRE

A identificação de focos de radiação foi realizada segundo o esquema:

- rastreamento sistemático de taxas de exposição superiores às da radiação natural de fundo;
- verificação, "in loco" das informações prestadas pelas pessoas contaminadas, por seus familiares, amigos e pela

população.

De imediato foram caracterizados 7 (sete) focos principais de contaminação, sendo as respectivas áreas isoladas.

No final do mês de outubro de 1987, outros locais, apresentando pequena contaminação radioativa, haviam sido identificados, sendo alguns deles localizados fora da região de Goiânia. Todos estes locais sofreram descontaminação inicial e os rejeitos radioativos decorrentes foram acondicionados e removidos temporariamente para o Estádio Olímpico.

b) PARTE AÉREA

A área urbana de Goiânia, incluindo loteamentos na periferia, campus da Universidade Federal de Goiás (UFGO) e Autódromo, foi rastreada, tendo sido determinado apenas um novo foco de contaminação, além dos anteriormente conhecidos. O Rio Meia Ponte foi examinado de norte (próximo a UFGO) a sul (autódromo) não tendo sido registrada taxa de exposição à radiação superior a 200 mrem/h.

Este levantamento, realizado em dois dias, assegurou que a contaminação pelo césio-137 concentrava-se, principalmente, nos focos isolados e já controlados pela CNEN, confirmando as hipóteses iniciais de trabalho quanto à extensão do evento.

Em síntese, foi confirmada a existência de 7 focos principais (Anexo 1) e identificado apenas mais um novo foco.

c) OUTRAS DILIGÊNCIAS

Além disso foram localizados pontos de contaminação residual em 42 residências (Anexo 2) as quais podem ser distribuídas, para melhor análise, em dois grupos:

- as que eram vizinhas aos focos principais, em número de 20 e que tiveram necessidade de desocupação temporária;
- as que estavam afastadas desses focos, em número de 22.

No primeiro grupo, a exposição das pessoas, detalhada no Anexo 3, ocorreu durante o período de 13 a 29 de setembro, quando foram afastadas de suas residências.

No segundo grupo, nas residências de parentes, amigos, ou pessoas relacionadas com aquelas contaminadas, a taxa de

exposição média era de 0,1 mR/h, não ultrapassando, em nenhum ponto, o valor de 1 mR/h.

O trânsito das pessoas contaminadas ou de parte da fonte, ocasionou a contaminação de logradouros a níveis residuais (Anexo 4). Foi, então, estabelecido um programa de descontaminação desses logradouros.

O período transcorrido entre a ocorrência do acidente, seu conhecimento, e a identificação de pessoas com contaminação externa, indicou de imediato a necessidade de ser controlado o dinheiro circulante em Goiânia.

Assim, uma sistemática de acompanhamento do dinheiro foi realizada incluindo as agências bancárias. Foram monitoradas 10.240.000 cédulas tendo sido constatada a contaminação pelo céσιο-137 em somente 68 delas (0,00066%).

Como outras notas que permaneceram em contato com as contaminadas não apresentaram contaminação, não havendo nenhuma transferência quando foram realizados testes de esfregação, ficou evidenciado que a contaminação não estava facilmente transferível pelo simples manuseio dessas notas. Além disso, as exposições externas que poderiam advir de seu porte ou manuseio eram, na maioria, desprezíveis (3 μ Sv/h). As cédulas contaminadas foram recolhidas.

As verificações da 2ª quinzena de dezembro indicaram que nenhuma outra cédula apresentava contaminação.

1.4 - AVALIAÇÃO AMBIENTAL

a) COMPORTAMENTO DO CÉSIO

Como qualquer elemento químico, o céσιο sofre no ambiente inúmeras e complexas interações físicas, químicas e biológicas que determinam as suas vias de acesso ao homem e o seu risco associado. O comportamento, no ambiente, do céσιο e seus isótopos radioativos artificiais como o céσιο-137, é semelhante ao do potássio e outros metais alcalinos, podendo ser concentrado em animais e plantas.

Ao atingir cursos d'água na forma solúvel, o céσιο é

rápido e fortemente retido por sedimentos de fundo e partículas em suspensão que passam, então, a ser seus principais meios de transporte. Ao ser disperso por via aérea, o césio se deposita na superfície de solos e vegetais podendo ser absorvido por estes últimos através das raízes, folhas e outras partes expostas.

Em função das características do acidente e dos locais afetados em Goiânia, as principais vias potenciais de exposição à radiação da população vizinha aos focos foram: inalação, ingestão (frutas e hortaliças) e irradiação externa.

Para se avaliar a conveniência de medidas operacionais como remoção de solo, interdição de consumo de certos alimentos ou poda de árvores, foram utilizados limites mais restritos para a concentração de césio-137 que os internacionalmente recomendados para situação de emergência radiológica. O Anexo 5 apresenta a metodologia empregada para a estimativa de doses oriundas das diferentes vias potenciais. A intervenção realizada foi no sentido de que a dose anual não ultrapassasse a 300 mrem (3 mSv).

Já nos primeiros dias de outubro foram coletadas amostras do ambiente e enviadas ao IRD para análise, enquanto outras providências eram tomadas no sentido da CNEN estabelecer em Goiânia, em local cedido pela SEMAGO, um laboratório que permitisse a realização das medidas.

Foi realizado contato com o Departamento Estadual de Águas de Goiás a fim de serem obtidos os dados hidrológicos necessários à caracterização da região.

Com a participação da SEMAGO, foi possível planejar as providências necessárias a uma avaliação preliminar do ambiente, incluindo os sistemas de águas pluviais, esgoto e água potável, lençol freático, alimentos e a avaliação das taxas de dose ambiental.

b) AMOSTRAGEM DE ÁGUA POTÁVEL

Foram coletadas amostras de água no rio João Leite, ponto de captação de água da cidade, situado na margem oposta do rio Meia Ponte e em diversos pontos da rede de água potável, bem como de água e lodo de decantador da Estação de Tratamento.

Baseado nos resultados dosimétricos (Anexo 6) pode-se afirmar que não houve contaminação da água potável da cidade de Goiânia com césio-137. O limite de detecção era de 1,5 Bq/L.

c) REDES DE ESGOTO E DE ÁGUAS PLUVIAIS

Observando-se a rede hidrográfica da região afetada, identificou-se que sua contaminação com césio-137 poderia ocorrer inicialmente através do lançamento dos esgotos e águas pluviais no córrego Capim Puba atingindo, posteriormente, trechos do córrego Botafogo, ribeirão Anicuns e o rio Meia Ponte.

Em consequência foi realizado um rastreamento cuidadoso, em cooperação com técnicos da CETESB, nas galerias de águas pluviais e na rede de esgoto, sempre à jusante das áreas onde havia sido indentificada a contaminação na superfície.

Concluiu-se que as concentrações de césio-137 medidas na rede de esgoto e águas pluviais decorreram, preferencialmente, das águas procedentes das ruas 57, 63 e 26-A, e que do ponto de vista de segurança radiológica os valores encontrados não apresentavam risco à população.

d) ANÁLISE DE SEDIMENTOS

Os resultados obtidos da coleta de amostras de sedimentos do leito do rio Meia Ponte indicaram valores de concentração de césio-137, de 100 a 800 Bq/kg, nos trechos à jusante da foz do ribeirão Anicuns. Esta observação foi confirmada pelo rastreamento realizado pela equipe CDTN/NUCLEBRÁS.

Os resultados obtidos no período de outubro/87 a janeiro/88 apresentaram um rápido decréscimo das concentrações nos sedimentos e indicaram que as exposições devidas ao césio-137 estavam dentro dos limites da variação da exposição natural.

e) ESTUDO DO LENÇOL FREÁTICO

Como a abertura da fonte e seu manuseio inicial se deram em áreas não cimentadas, a ocorrência de chuvas na região (Anexo 7) favoreceu a penetração do césio-137 no solo, apesar de ter composição argilosa.

Em vista disto, foram feitas medidas de:

- concentração de césio-137 em solos, a diferente profundi-

dades (perfilagem de solos);

- concentração de césio-137 em águas de poços próximos aos focos de contaminação.

A perfilagem de solo ficou inicialmente a cargo da Escola de Agricultura da UFGO e posteriormente do IPEN. Os resultados das amostras indicaram que a maior parte do césio-137 estava concentrada, até o dia 30 de outubro, nos primeiros 20 centímetros, tendo-se observado um comportamento semelhante em todas as áreas estudadas.

Nas amostras coletadas nos poços das áreas críticas observou-se valores insignificantes de césio-137 (< 4 Bq/L), à exceção de um poço no ferro velho I darua 26-A, onde a água, devido a lixiviação superficial, estava imprópria para consumo humano (514 Bq/L). Outra informação importante (Anexo 8), é a de que a profundidade do lençol freático da região varia de 4 a 10m, profundidade essa maior que a dos pontos contaminados.

f) MEDIDA DE TAXA DE DOSE NO AMBIENTE

De forma a prover dados relativos à taxa de exposição ambiental, típica da cidade de Goiânia, foram instaladas várias estações de medida contendo dosímetros termoluminescentes (TLD), nos locais:

- Central OSEGO;
- Sede da SEMAGO;
- Jardim Zoológico;
- Cemitério Jardim das Palmeiras;
- ETAG; e
- Reservatório de água da SEMAGO.

Para avaliar a taxa de exposição nas proximidades dos focos de contaminação instalaram-se estações de "TLD" num raio de 180m de cada foco e em residências próximas.

g) CHUVAS E AEROSÓIS

Onze estações para coleta de deposição total de água de chuva e de poeira foram instaladas no Setor Aeroporto, não tendo sido detetado césio-137 em nenhuma das amostras coletadas.

h) ALIMENTOS

Foram coletadas amostras de alimentos vendidos nos

mercados próximos às áreas isoladas, bem como na região produtora, não tendo sido detectado qualquer presença de césio-137.

Nas áreas próximas aos locais mais comprometidos, num raio de 180m, foram analisadas 216 amostras de vegetais, incluindo frutas e hortaliças, cultivadas em pequenas hortas domésticas. Os resultados mostraram que a atividade de césio-137 em vegetais diminuía à medida que se afastava dos focos de contaminação.

Com base, nos limites derivados para césio-137 (Anexo 9) em vegetais e frutas, foi recomendado a título preventivo, o recolhimento dos frutos e hortaliças e a poda de algumas árvores que pudessem oferecer um risco adicional à população. Foram, então, colhidas todas as hortaliças e realizada a poda das árvores com a orientação de especialistas. No interior das áreas isoladas foram removidas algumas árvores cujos níveis de radioatividade pudessem colocar em risco a população. Somente em alguns casos estes níveis excederam aos valores permitidos pelas normas nacionais e internacionais.

Finalmente, um programa de acompanhamento ambiental a médio e longo prazo foi definido em conjunto com a SEMAGO.

i) AMOSTRAGEM DE AR

A amostragem de ar era feita diariamente para controle de possível resuspensão de material radioativo e acompanhava a direção preferencial do vento nos locais interditados e circunvizinhanças. Outra preocupação foi o possível impacto sobre o ambiente, devido a resuspensão ou a difusão de material radioativo.

Foram utilizados dois tipos básicos de equipamentos: amostradores contínuo e descontínuo. Um amostrador contínuo foi instalado no teto da Escola 5 de Julho, situada na Rua 59, adjacente da Rua 57 e orientado segundo a direção preferencial do vento. Dois outros foram instalados respectivamente na Rua 6, defronte o ferro velho II e próximo ao córrego Capim Puba, e no Edifício Célia Maria, à Rua 26-A, em frente o ferro velho I.

Outro tipo, descontínuo, foi montado, ora numa unidade volante, ora em pontos localizados perto de todos os focos principais. Os resultados estão indicados no Anexo 10.

ANEXO 1

FOCOS PRINCIPAIS DE CONTAMINAÇÃO

F O C O	E N D E R E Ç O	O C O R R E N C I A
CASA DO ROBERTO	Rua 57, Casa 68 SETOR CENTRAL	Manipulação da peça contendo a fonte e violação de seu encapsulamento.
FERRO VELHO I (casa do Devair)	Rua 26-A, Quadra 7, lote 30 SETOR AEROPORTO	Manipulação da peça e distribuição de fragmentos e pó da fonte.
CASA DA FOSSA (casa do Elson Fabiano)	Rua 17-A, Quadra 70, lote 26 B SETOR AEROPORTO	Fragmento da fonte cedido por Devair ao Edson que o levou para sua casa. Fragmento retido na fossa.
FERRO VELHO II (casa do Ivo)	Rua 6, Quadra Q, lote 18 SETOR NORTE FERRO VIÁRIO	Fragmento da fonte cedido por Devair ao seu irmão Ivo que levou para sua casa e o dispersou sobre pessoas e locais.
FERRO VELHO III	Rua P-19, Quadra 92, lote 4 SETOR FUNCIONÁRIOS	Recepção da fonte, vinda do Ferro Velho I. Recepção de peças metálicas contaminadas. Disseminação da contaminação.
VIGILÂNCIA SANITÁRIA	Rua 16 A, nº 792 SETOR CENTRAL	Local onde foi depositada a peça com parte da fonte.
CASA DO OVÍDIO	Rua 63, casa 179 fundos SETOR CENTRAL	Local onde foram guardadas ferramentas usadas na manipulação da peça e violação da fonte.
COPEL	Rua Diamante, nº 21 SETOR SANTA GENOVEVA	Recepção de papéis contaminados (local parcialmente isolado).

ANEXO 2

RESIDÊNCIAS

- 01) Rua Nevada, Quadra 25, lote 8
Jardim Veneza - Aparecida de Goiânia.
- 02) Rua Sapucaia, Quadra 43, lote 9
Setor Conde dos Arcos - Aparecida de Goiânia.
- 03) Rua 18, Quadra 40, lote 38
Bairro Independência - Aparecida de Goiânia.
- 04) Rua 3, Quadra 6, lote 7
Bairro JK - Setor Oeste - Anápolis.
- 05) Rua 3, Quadra 6, lote 8 - fundos
Bairro JK - Setor Oeste - Anápolis.
- 06) Rua 3, Quadra 6, lote 6
Bairro JK - Setor Oeste - Anápolis.
- 07) Rua Estrada de Ferro, 26 - lote 3
Bairro JK - Setor Oeste - Anápolis.
- 08) Rua Estrada de Ferro, Quadra 6, lote 4
Bairro JK - Setor Oeste - Anápolis.
- 09) Rua 3 sem nº
Vila Heitor - Inhumas.
- 10) Rua (sem nome)
Vila Heitor - Inhumas.
- 11) Rua 17A, Quadra 70A, lote 26B (A)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 12) Rua 17A, Quadra 70A, lote 26B - fundos (B)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 13) Rua 17A, Quadra 70A, lote 26B - fundos (C)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 14) Rua 7A, Quadra 2, lote 6 (A)
Setor Marechal Rondon - Goiânia.
- 15) Rua 7A, Quadra 2, lote 6 (B)
Setor Marechal Rondon - Goiânia.

- 16) Rua 7A, Quadra 2, lote 6 (C)
Setor Marechal Rondon - Goiânia.
- 17) Rua 7A, Quadra 2, lote 6 (D)
Setor Marechal Rondon - Goiânia.
- 18) Rua 69A, nº 125, Quadra 160
Setor Norte Ferroviário - Goiânia.
- 19) Rua 8, nº 38
Setor Norte Ferroviário - Goiânia.
- 20) Rua JL 8, Quadra L6, lote 24
Jardim Lageado - Goiânia.
- 21) Rua 57, nº 58 - frente
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 22) Rua 57, nº 58 - fundos (A)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 23) Rua 57, nº 58 - fundos (B)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 24) Rua 57, nº 58 - fundos (C)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 25) Rua 57, nº 80 - frente
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 26) Rua 57, nº 80 - fundos
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 27) Rua 57, nº 92 - fundos (A)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 28) Rua 57, nº 92 - fundos (B)
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 29) Rua 57, nº 104
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 30) Rua 59, nº 115 - fundos
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 31) Rua 59, nº 125
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 32) Rua 63, nº 179
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 33) Rua 63, nº 187
Setor Aeroporto - Goiânia.
- 34) Rua 1057, Quadra 125, lote 7, nº 92
Setor Pedro Ludovico - Goiânia.

- 35) Rua C, nº 159, Quadra 278, lote 2
Jardim América - Goiânia.
- 36) Rua 11 sem número
Vila São Pedro Guapó - Goiânia.
- 37) Rua H, lote 16, casa II, Quadra 43
Vila Santa Helena - Goiânia.
- 38) Rua H, lote 10, Quadra 43
Vila Santa Helena - Goiânia.
- 39) Rua 6, lote 19, Quadra Q, casa I
Setor Norte Ferroviário - Goiânia.
- 40) Rua 6, lote 19, Quadra Q, casa II
Setor Norte Ferroviário - Goiânia.
- 41) Rua 6, lote 19, Quadra Q, casa III
Setor Norte Ferroviário - Goiânia.
- 42) Rua 6, lote 19, Quadra Q, casa IV
Setor Norte Ferroviário - Goiânia.
- 43) Rua 57, nº 8, aptº 13 - Setor Aeroporto.
- 44) Rua 68, nº 724, aptº 802.
- 45) Rua 57, casa 121 - Setor Central - Goiânia
Lab. Bio-Análises e Contador de Corpo Inteiro.
- 46) Rua 57 - Casa L 58, Refeitório CNEN.

ANEXO 3

EXPOSIÇÃO DE PESSOAS

Sete locais foram identificados como focos principais de contaminação:

- | | |
|---|------------------------------|
| - Rua 57 nº 68 | - casa do Roberto; |
| - Rua 63 nº 19 fundos | - casa do Ovídio; |
| - Rua 26-A e Rua 15 | - ferro velho I - Devair; |
| - Rua 6, Quadra Q, Lote 18 | - ferro velho II - Ivo; |
| - Rua P 19 Lote 04 | - ferro velho III - Joaquim; |
| - Rua 17 A, Quadra 70 A,
Lote 26 B - casa da fossa | - casa do Ernesto Fabiano; e |
| - Rua 16 A nº 792 | - Vigilância Sanitária. |

O levantamento radiométrico e as estimativas de exposição externa indicaram que:

a) VIZINHANÇA

- . na residência dos fundos à esquerda da rua 57, nº 68, obteve-se estimativa de dose externa entre 8 e 12 rem (0,08 e 0,12 Sv) (considerando o período decorrido entre a abertura da fonte e o isolamento da área). Nesta residência habitavam 5 pessoas;
- . nas demais residências contíguas da rua 57 as doses externas integradas foram estimadas entre 80 mrem (0,8 mSv) e 1,2 rem (0,012 Sv); e
- . nas vizinhanças dos demais focos principais as doses externas integradas foram estimadas entre 20 e 900 mrem (0,2 e 9 mSv).

b) LOCAIS DISTANTES

- . em Anápolis, 3 casas apresentaram pontos com até 250 mR/h e, em 3 outras em Aparecida de Goiânia, pontos com até 30 mR/h, estas casas constituíram exceção porque foram visitadas por pessoas que tiveram contato direto com o césio-137;

c) NAS RUAS

. durante esse período as estimativas, de doses integradas nas ruas situaram-se entre 112 mrem e 173 mrem (1,12 e 1,73 mSv).

d) TRANSPORTE DA FONTE

. a reconstituição sumária do interior do ônibus, sem passageiros em pé, onde foi transportada parte da fonte do ferro velho III localizado na rua P - 19, Lote 4 para a Divisão de Vigilância Sanitária (DVS), situada na Rua 16-A, permite estimar que a dose máxima que receberia um passageiro hipotético ao lado da fonte, nas condições de geometria mais desfavorável, durante o período de 15 minutos, tempo máximo estimado de trajeto, não excederia 30 rem (0,3 Sv), nos seus membros inferiores. A uma distância de 1,40 m, este valor cairia para 4 rem (0,04 Sv), isto, sem considerar nenhuma blindagem adicional do feixe.

e) DIVISÃO DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (DVS)

. Investigações foram realizadas para identificar os funcionários da DVS que pudessem ter tido algum contato direto ou estar nas cercanias do local onde parte da fonte foi entregue no dia 28 de setembro.

A partir dessas informações, chegou-se a conclusão de que várias pessoas poderiam ter sido expostas. Da avaliação dessas pessoas somente quatro tiveram as suas doses mensuráveis através do exame de citogenética com valores, respectivamente, de 0,2; 0,3; 0,5 e 1,3 Gy, sendo que a única que apresentou um valor de contaminação interna detetável atingiu a 20 μ Ci. Estas pessoas estão sendo acompanhadas pela equipe de médicos especialistas em medicina das radiações da CNEN, em conjunto com a equipe de médicos da Secretaria de Saúde do Estado de Goiás, para avaliação clínico-laboratorial periódica.

Dessa forma um número inferior a 1000 pessoas tiveram exposições externas acima daquela oriunda da radiação natural. Uma reconstituição preliminar da situação, baseada no inventário

da fonte nesses locais, permite afirmar que mais de 97% destas pessoas foram expostas a doses entre 20 mrem (0,2 mSv) e 1 rem (0,01 Sv).

No período de 30 de setembro a 22 de dezembro, o Posto de Atendimento da CNEN, no Estádio Olímpico, monitorou 112800 pessoas. Desta população somente 249 foram identificados com taxas de dose indicativas de contaminação externa ou interna. Dentre estas, 120 pessoas apresentaram contaminação somente no vestuário e calçados; 129 pessoas apresentaram contaminação interna e externa. As medidas efetuadas em excreta e no contador de corpo inteiro, instalado pela CNEN em Goiânia, apresentaram os seguintes resultados:

NÚMERO DE PESSOAS	DOSES COMPROMETIDAS (70 ANOS) (Sv)
45	< 0,005
42	0,005 - 0,05
33	0,05 - 1,0
4	1 - 2
2	2 - 3
1	3 - 4
1	5 - 6
1	7

Deste último grupo, 49 foram internadas. Destas, 21 exigiram atendimento médico intensivo. Dos pacientes, 10 apresentaram estado grave com complicações no quadro clínico e radio-dermites, tendo ocorrido 4 óbitos e a amputação do antebraço de um paciente. As demais pessoas foram liberadas após tratamento de descontaminação interna e externa, permanecendo sob acompanhamento médico.

ANEXO 4

LOGRADOUROS

- 1 - Rua Goiás, nº 1621 - Setor Central.
- 2 - Av. Anhangüera, 5680 e 5674 (calçada).
- 3 - Av. Santos Dumont (em frente ao Hospital Adauto Botelho).
- 4 - Av. Santos Dumont, nº 1672 (em frente a firma Agromag).
- 5 - Av. Santos Dumont, nº 1661 (em frente a firma Plamac).
- 6 - Av. Santos Dumont (em frente ao Regimento de Polícia Montada).
- 7 - Av. Santos Dumont (vários focos até a Carreta Paulista).
- 8 - Av. Anhangüera, nº 8717 (firma de papel).
- 9 - Rua 5 (esquina com Benjamin Constant), nº 330 - Vila Abazar.
- 10 - Rua 15A, esquina com rua 26 - Setor Aeroporto.
- 11 - Rua Independência com rua 72.
- 12 - Av. Goiás com rua 55.
- 13 - Rua 5 - Setor Aeroporto.
- 14 - Rua 15A, nº 218 - Setor Aeroporto.
- 15 - Av. T2, nº 1234 - Setor Bueno.
- 16 - Av. Independência, 5293 - Setor Aeroporto.
- 17 - Av. 26A, nº 219 - Setor Aeroporto.
- 18 - Av. Capim Puba, Q. Industrial, Lote 8 - Setor Marechal Rondon.
- 19 - Rua 5, nº 75 - ferro velho.
- 20 - Rua 300, nº 154, Quadra 160, Lote 2161 - Setor Norte Ferroviário.
- 21 - Rua 59 - Colégio 5 de Julho.
- 22 - Estádio Olímpico.
- 23 - Calçada na P. 19 (ferro velho III).
- 24 - Calçada na P. 19, esquina c/24.
- 25 - Av. Independência c/19 - Calçada, ponto de ônibus.
- 26 - Av. Goiás - Calçada em frente ao Minibox.
- 27 - Av. Goiás (junto ao meio fio) vizinho ao Minibox.

- 28 - Av. Oeste, 783, esquina da rua 26A - parte da calçada.
- 29 - Av. Oeste, nº 775.
- 30 - Av. Oeste, nº 763.
- 31 - Av. Oeste, nº 739.
- 32 - Av. Oeste, nº 722.
- 33 - Av. Oeste, nº 660.
- 34 - Rua 17A - em frente ao nº 792.
- 35 - Rua 26-A (oficina do Zico).
- 36 - Rua 74, esquina da rua 61.
- 37 - Av. Independência, 5 pontos na calçada em frente ao nº 4467.
- 38 - Av. Independência - 2 pontos do meio fio.
- 39 - Av. Oeste esquina com a rua 26-A.
- 40 - Av. Goiás, 1621 - registro perto da Academia Musculação antes de cimentar e perto da Casa Tapete Estilo.
- 41 - Av. Oeste, 783 esquina da rua 26-A - muro de residência.
- 42 - Alameda dos Buritis, em frente a Assembléia Legislativa.
- 43 - Rua 6 - Setor Norte Ferroviário.
- 44 - Rua 57 entre Rua 80 e Mercado Municipal.
- 45 - Rua 26-A entre Av. Oeste e rua 15A.

ANEXO 5

ESTIMATIVA DE DOSE VIA CAMINHO CRÍTICO

CAMINHO CRÍTICO	DOSE ANUAL (mSv)	DOSE/DOSE LIMITE (%)
Ingestão - água	$4,93 \times 10^{-4}$	$4,93 \times 10^{-4}$
Ingestão - Peixe	$8,87 \times 10^{-3}$	$8,87 \times 10^{-1}$
Irrigação/Ingestão - Folhas	$3,56 \times 10^{-4}$	$3,56 \times 10^{-2}$
Irrigação/Ingestão - Raízes	$1,94 \times 10^{-3}$	$1,94 \times 10^{-1}$
Irrigação/Ingestão Outros vegetais	$4,32 \times 10^{-3}$	$4,32 \times 10^{-1}$
Irrigação/Ingestão - Carne	$8,85 \times 10^{-4}$	$8,85 \times 10^{-2}$
Irrigação/Ingestão - Leite	$1,11 \times 10^{-3}$	$1,11 \times 10^{-1}$
Dose Externa - Natação	$6,1 \times 10^{-6}$	$6,1 \times 10^{-4}$
Dose Externa - Canoagem	$2,4 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-3}$
Dose Externa Manipulação de Peixe	0,267	26,7
Dose Externa - Banho de Sol	0,363	36,3
Dose Externa Trabalho com Sedimentos	0,725	72,5
D O S E T O T A L	1,38	138

Resultados da aplicação do modelo ambiental do "Safety Series" # 57 para o ^{137}Cs (IAEA - Viena) 1982.

Local = geral, caminho = água, limite de dose = 1 mSv/ano, faixa etária = adulto, conc. de ^{137}Cs na água, arbitrada em 0,05 Bq/L, valor do coeficiente de distribuição sedimento-água de 30.000.

ANEXO 6

ESTUDOS NO SISTEMA DE ÁGUA POTÁVEL EM GOIÂNIA

O sistema de tratamento de águas de Goiânia é de responsabilidade da SEMAGO, empresa do governo estadual. Este sistema compreende a captação de água no ribeirão João Leite e o seu tratamento na ETAG. Como a captação se dá no ribeirão João Leite, situado na margem oposta do rio Meia Ponte em relação a área atingida, foi descartada a possibilidade de contaminação da ETAG com césio-137. Mesmo assim, foi realizada uma amostragem em diversos pontos da rede de água potável - Tabela 1, sem ter sido detectada césio-137, o que comprovou a hipótese.

Além das amostras de água, foi coletada também uma amostra de lodo dos decantadores da ETAG, cuja análise também não revelou a presença de césio-137.

Baseado nas medidas obtidas pode-se afirmar que não houve contaminação da água potável com césio-137.

TABELA 1 - CONCENTRAÇÃO DE CÉSIO-137 EM ÁGUAS POTÁVEIS DA REGIÃO DE GOIÂNIA

LOCAL AMOSTRADO	DATA DA COLETA	CÉSIO-137 (Bq/L)
ETAG	06/10	< 1,0
Captação ETAG	06/10	< 1,4
Reservatório Serrinha	06/10	< 1,5
Reservatório Av. T-7	06/10	< 1,0
Reservatório SESC	06/10	< 1,0
Praça Tamandaré	06/10	< 1,5

ANEXO 7

PLUVIOMETRIA E MEDIDAS DE TEMPERATURA E EVAPORAÇÃO EM GOIÂNIA

ESCOLA DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL
PROF. OLIVAR JOSÉ DA SILVA M. LOBATO
ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA

MÊS: Setembro ANO: 1987

DIAS	P (mm)	I (Lit.)	L 1 (D)	L 2 (D)	L 3 (D)	Mini-Plu viômetro (mm)	Evapori. de Piche
01	0,0	5,0	1500	1800	2000		7,2
02	0,0	5,0	1000	2000	2000		14,8
03	0,0	5,0	1500	1500	1500		12,7
04	0,0	5,0	1200	1400	1300		10,2
05	0,0	5,0	1500	2000	2000		5,9
06	0,0	5,0	1500	2100	2200		9,5
07	0,0	5,0	1800	2000	2000		9,5
08	0,0	5,0	2000	2200	2200		9,5
09	0,0	5,0	2000	2000	2000		10,0
10	0,0	5,0	1500	1700	1700		8,7
19 Perío.	0,0						98,0
11	0,0	5,0	1200	1600	1600		8,5
12	0,0	5,0	2000	2500	2500		4,2
13	0,0	5,0	2000	2000	2200		6,0
14	0,0	5,0	1500	1500	1500		3,2
15	0,0	5,0	500	1200	1300		11,9
16	0,0	5,0	800	1000	1000		10,2
17	0,0	5,0	1000	1100	1100		9,0
18	0,0	5,0	800	1300	1300		11,0
19	0,0	5,0	1000	1500	1500		9,0
20	0,0	5,0	1500	2200	2300		6,0
29 Perío.	0,0						79,0
21	18,4	5,0	8000	11000	10000		4,8
22	1,8	0,0	8000	6500	7000		8,0
23	1,3	0,0	320	5800	8000		2,9
24	2,3	0,0	0,0	30	40		5,2
25	0,0	5,0	1500	2000	2200		6,0
26	0,0	5,0	1800	2000	2200		6,1
27	7,0	5,0	4000	4000	4000		7,0
28	11,8	0,0	2200	2300	3000		6,1
29	0,0	0,0	2000	3000	3000		5,1
30	0,0	5,0	1800	2000	2000		8,2
31							
30 Perío.	42,6						59,4
Soma	42,6						236,4

C.P.R.M. FICHA RESUMO DO MÊS DE Setembro DE 1987

TEMPERATURA								
AR			ÁGUA			ANEM. DO TANQUE		
	MÁX.	MÍN.	MED.	MÁX.	MÍN.	LEIT.	DIFEREN.	VELOCI.
	°C	°C	°C	°C	°C	Km/h	Km/h	Km/h
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	34,6	11,8		30,0	14,0	7091,3		
2	35,4	13,0		29,0	16,0	7221,2		
3	33,0	13,0		30,0	16,0	7334,0		
4	34,6	12,8		29,0	17,0	7402,4		
5	33,6	12,4		29,0	17,0	7478,7		
6	35,6	15,0		29,0	17,0	7510,4		
7	35,0	15,0		28,0	17,0	7607,1		
8	32,0	15,0		27,0	16,0	7687,8		
9	33,0	18,0		29,0	17,0	7823,0		
10	35,0	17,0		31,0	18,0	7907,4		
11	36,0	17,0		32,0	20,0	7965,0		
12	31,6	18,0		27,0	20,0	8069,7		
13	36,0	19,4		32,0	20,0	8094,3		
14	35,6	22,0		32,0	20,0	8221,5		
15	35,4	17,0		33,0	16,0	8337,4		
16	36,0	14,0		32,0	17,0	8412,4		
17	37,4	15,0		31,0	20,0	8453,9		
18	38,4	17,0		32,0	19,0	8514,0		
19	35,4	17,0		26,0	19,0	8579,6		
20	33,0	18,6		29,0	19,0	8626,3		
21	34,0	19,0		29,0	19,0	8724,0		
22	26,0	19,0		25,0	19,0	8798,0		
23	30,6	16,0		30,0	19,0	8858,9		
24	31,4	16,5		30,0	18,0	8951,6		
25	31,4	15,0		30,0	19,0	9041,2		
26	32,4	15,0		32,0	19,0	9094,2		
27	34,6	17,0		31,0	18,0	9191,2		
28	34,6	17,0		33,0	18,0	9258,3		
29	33,0	17,0		32,0	17,0	9328,1		
30	34,6	17,0		34,0	18,0	9396,3		
31								
TOT.								
MED.								
TRANS.								
CALC.								
VERIF.								

ESCOLA DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL
PROF. OLIVAR JOSÉ DA SILVA M. LOBATO
ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA

MÊS: Outubro ANO: 1987

DIAS	P mm	I Lit.	L 1 D	L 2 D	L 3 D	Mini-Plu- viômetro (mm)	Evapori. de Piche
01	0,0	5,0	1000	1500	1500		0,5
02	54,6	5,0	trans	trans	trans		0,7
03	0,0	0,0	1000	2200	2700		3,7
04	0,0	0,0	0,0	70	50		5,8
05	0,0	5,0	300	550	6000		6,5
06	41,0	5,0	trans	trans	trans		6,5
07	0,0	0,0	5500	6000	6000		3,5
08	0,0	0,0	0,0	100	1200		3,4
09	0,0	5,0	450	900	700		6,9
10	0,0	5,0	1000	1000	1000		5,8
10 Perío.							
11	0,0	5,0	500	1300	1200		6,0
12	0,6	5,0	600	1200	1300		4,9
13	0,0	5,0	600	950	900		4,7
14	15,8	5,0	9000	9500	9500		4,5
15	0,0	0,0	550	750	700		4,2
16	0,0	5,0	750	1000	1100		9,4
17	0,0	5,0	750	850	800		9,2
18	0,0	5,0	550	750	700		7,5
19	0,0	5,0	300	550	600		6,8
20	0,0	5,0	500	700	630		7,5
20 Perío.							
21	0,7	5,0	800	1000	1100		7,0
22	27,0	5,0	17000	18000	18000		6,0
23	0,0	0,0	500	1200	1600		2,0
24	1,8	5,0	1500	2500	2500		3,7
25	23,0	0,0	12000	12200	12200		2,3
26	0,0	0,0	1200	2600	2700		3,1
27	0,0	0,0	0,0	550	500		3,9
28	0,0	5,0	550	670	700		5,5
29	0,0	5,0	1000	1200	1350		6,2
30	10,0	0,0	3000	3500	3200		4,1
31	7,2	0,0	10000	11000	12000		3,4
31 Perío.							
Soma							

ESCOLA DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL
PROF. OLIVAR JOSÉ DA SILVA M. LOBATO
ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA

MÊS: Novembro ANO: 1987

DIAS	P mm	I Lit.	L 1 D	L 2 D	L 3 D	Mini-Plu viômetro (mm)	Evapori. de Piche
01	1,0	0,0	6000	8100	8000		3,2
02	12,8	0,0	5500	6500	7000		1,8
03	0,0	0,0	200	600	900		4,5
04	0,0	5,0	1000	1500	1500		6,9
05	0,0	5,0	800	1200	1200		6,2
06	0,0	5,0	1000	1200	1200		3,5
07	22,2	0,0	8500	8500	8000		3,4
08	0,9	0,0	800	2200	2300		2,3
09	0,0	0,0	0,0	250	350		3,9
10	70,4	5,0	trans	trans	trans		3,3
10 Perío.							39,0
11	9,8	0,0	3500	4500	5000		3,0
12	2,8	0,0	800	1300	1400		3,5
13	15,6	0,0	8500	9000	9000		2,0
14	0,2	0,0	870	2000	2000		2,5
15	27,8	0,0	18000	18500	18500		2,8
16	0,0	0,0	1200	1800	1800		2,3
17	0,6	0,0	0,0	500	600		2,2
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		3,6
19	2,8	5,0	480	700	570		3,1
20	0,0	0,0	0,0	120	100		3,3
20 Perío.							28,3
21	0,0	5,0	1200	1400	1400		2,4
22	3,6	5,0	2800	3000	3000		3,2
23	19,6	0,0	6000	6200	6800		3,4
24	0,0	0,0	2800	3200	3200		3,5
25	0,0	0,0	0,0	300	250		3,8
26	3,8	5,0	1000	1200	1200		1,7
27	1,6	0,0	120	380	460		2,7
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		2,2
29	42,4	5,0	trans	trans	trans		3,0
30	48,0	0,0	trans	trans	trans		1,2
31							
30 Perío.							26,1
Soma							93,4

ESCOLA DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL
PROF. OLIVAR JOSÉ DA SILVA M. LOBATO
ESTAÇÃO EVAPORIMÉTRICA

MÊS: Dezembro ANO: 1987

DIAS	P mm	I Lit.	L 1 D	L 2 D	L 3 D	Mini-Plu- viômetro (mm)	Evapori- de Piche
01	2,4	0,0	500	1500	1500		
02	0,6	0,0	0,0	600	550		
03	3,8	0,0	0,0	200	380		
04	52,2	0,0	trans	trans	trans		
05	20,4	0,0	18000	19000	19000		
06	0,0	0,0	350	1400	1400		
07	10,0	0,0	3000	4000	4000		
08	13,4	0,0	3500	4500	4000		
09	1,4	0,0	3200	3200	3400		
10	0,0	0,0	0,0	500	650		
10 Perío.							
11	0,3	0,0	0,0	150	220		
12	2,8	0,0	0,0	100	150		
13	25,6	0,0	14000	15000	14000		
14	4,6	0,0	1500	3000	3000		
15	18,8	0,0	4000	7000	7000		
16	8,0	0,0	8000	8500	8500		
17	3,8	0,0	500	2000	2000		
18	0,0	0,0	260	7500	960		
19	9,4	0,0	1500	2500	2500		
20	28,8	0,0	trans	trans	trans		
20 Perío.							
21	25,4	0,0	13500	20000	2000		
22	0,0	0,0	0,0	850	1200		
23	4,4	0,0	0,0	150	220		
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
25	0,0	5,0	250	520	460		
26	0,0	5,0	530	840	900		
27	9,2	5,0	1000	1500	1600		
28	15,0	0,0	7500	9000	9000		
29	8,4	0,0	0,0	450	670		
30	18,2	0,0	12000	12000	12000		
31	0,0	0,0	150	640	860		
30 Perío.							
Soma							

ANEXO 8

ESTUDO DO LENÇOL FREÁTICO

Os solos afetados pelo acidente radiológico com césio-137 em Goiânia são altamente intemperizados, lixiviados, ácidos e com uma baixa saturação de bases (Ca, Mg, K e Na). As argilas predominantes nesses solos são as do tipo 1:1 (caolinita), não expansivas e com altas concentrações de sesquióxidos de ferro e alumínio.

Nas camadas sub-superficiais os horizontes fortemente gleizados (horizonte Cg) apresentam altos teores de argila e silte.

Os horizontes Cg (solos hidromórficos), de modo geral, tem porosidade praticamente nula. Quando arenados, esses solos tornam-se muito compactos e pouco compressíveis.

Acredita-se que a compactação do sub-solo e a presença, altamente provável, de argilas expansivas (tipo 2:1), tenha evitado a lixiviação do césio-137 para camadas mais profundas do perfil. O comportamento do lençol freático é apresentado no Quadro 1.

As perfilagens indicaram que a concentração de césio-137, como teoricamente prevista, obedecem a uma lei e^{-ax} , onde "x" é a profundidade e "a" o comprimento de relaxação.

Quadro 1 - Níveis do lençol freático em diversas áreas da Cidade de Goiânia.

Sondagem		Profundidade (m) do lençol freático		Textura (*)
Local	Época	Seco	Chuva	
Bairro Popular	16/03/87	4,50	2,50	A/Ar-7m
S.Oeste - Rua 9-A	23/08/87	5,60	3,50	Ar-9m
S.Aeroporto-Rua 18-A	15/07/86	5,90	4,00	Ar-7m
Rep. Líbano - Rua 8-A	30/10/85	5,80	4,00	Ar-12m
Av. Araguaia	27/08/86	5,73	4,00	Si-10m
Campinas - 24 Outubro	12/08/82	4,80	2,50	Ar-7m
Alameda P2/P11	26/10/79	1,75	0	Ar-8m

(*) A/Ar = argila-arenosa; Ar = arenoso; Si = silte

Fonte: - GEOSERV - Serviços de Geotécnica

- Wilson Luiz da Costa, Eng^o Civil, Mestre em Geotécnica, Professor da UFGO.

Em nenhum dos casos foi observada a presença de césio-137 em profundidades superiores a 1 metro. Dessa forma justifica-se a não detecção de césio-137 no lençol freático.

Mesmo assim procedeu-se a uma análise detalhada de poços nas vizinhanças dos focos principais, onde a presença de traços de césio-137 foi observada. A Tabela a seguir mostra os resultados obtidos.

<u>LOCAL DO POÇO DE COLETA</u>	<u>ATIVIDADE ESPECÍFICA</u> (Bq/L)	
Rua 8A nº 136 (poço 1)	4,0 ± 0,9	sem filtrar
Rua 8A nº 136 (poço 2)	2,1	sem filtrar
Ed. Célia Maria - Rua 26A	<1,4	sem filtrar
Escola 5 de Julho (poço desativado)	2,5 ± 0,7	sem filtrar
Escola 5 de Julho	<1,5	sem filtrar
Rua 9 nº 148 - ferro velho II	<1,5	sem filtrar
Rua 9 nº 116 - próximo ferro velho II	<1,2	sem filtrar
Poço da Casa - mãe do "Zico"	23 ± 2	sem filtrar(**)
Casa da Marli-montante do chiqueiro e a jusante pia contaminada	<0,96	sem filtrar
Jardim Veneza-montante do chiqueiro	<0,96	sem filtrar
Jardim Veneza - R. Nevada, Q. 26 - L.7 - vizinha casa da Marli C9	<1,1	sem filtrar
No ferro velho I	514 ± 31	sem filtrar(**)
Rua 9 nº 148	2,1 ± 1,3	sem filtrar

(**) Esses valores foram consequência da introdução de objetos contaminados nos poços.

ANEXO 9

LIMITES DERIVADOS PARA CÉSIO-137

1. CIDADE

1.1 - SOLO

Vias consideradas:

- Dose externa gama por permanência sobre solo contaminado, absorção do solo por alimentos:
 - . verduras
 - . frutas

- Resuspensão para o ar:
 - . inalação
 - . imersão em nuvem - beta
 - gama
 - . deposição em alimentos - verduras
 - frutas

1.2 - AR

Considerado ser contaminado apenas por resuspensão do solo contribuindo para a dose pelas vias mencionadas no item 1.1 (resuspensão para o ar).

1.3 - ÁGUA

Vias consideradas:

- Ingestão - água;
 - peixe;
 - verduras irrigadas; e
 - frutas irrigadas.

- Dose externa - banho; e
 - trabalho sobre sedimento

2. CAMPO

2.1 - SOLO

Vias consideradas:

- As mesmas do item 1.1, acrescidas da absorção por outros vegetais (raízes comestíveis, cereais, etc) e absorção por pasto, bem como a ingestão do solo pelo gado, com a conseqüente contaminação de carne e leite.

2.2 - AR

- Considerado contaminado não apenas por resuspensão do material depositado no solo, mas também por via direta (i.e., trazido por ventos), contaminando também outros alimentos além daqueles considerados no item 1.1 (vegetais, carne, leite).

2.3 - ÁGUA

Vias consideradas:

- As mesmas do item 1.2, acrescidas do uso para irrigação de outros vegetais e da ingestão por gado, com a conseqüente contaminação de carne e leite.

LIMITES INDIVIDUAIS PARA AS VIAS PRINCIPAIS

	PARA 1 mSv/a	PARA 0,5 mSv/a
CIDADE		
Solo	528 Bq/kg	264 Bq/kg
Ar	157 mBq/m ³	79 mBq/m ³
Água	68 mBq/L	34 mBq/L
CAMPO		
Solo	310 Bq/kg	155 Bq/kg
Ar	58 mBq/m ³	29 mBq/m ³
Água	69 mBq/L	34 mBq/L

VIAS SECUNDÁRIAS DE CONTAMINAÇÃO E EXPOSIÇÃO

Para estas vias são citados dois limites: o primeiro é o limite individual, isto é, o que figura no cálculo de dose; o segundo valor, chamado limite efetivo, é o valor considerando esta via como parte da via principal para a qual sua contribuição é mais significativa. Caso esta via principal não seja a única a concorrer para a dose, os valores citados devem ser recalculados, levando em conta o percentual de sua contribuição para a dose total.

VIA SECUNDÁRIA	VIA PRINCIPAL	LIMITE INDIVIDUAL	LIMITE EFETIVO
SEDIMENTO	ÁGUA	2070 Bq/kg	2030 Bq/kg
PEIXE	ÁGUA	11300 Bq/kg	135 Bq/kg
VEGETAIS/CIDADE	AR/SOLO	645 Bq/kg	513 Bq/kg
/CAMPO	AR/SOLO	214 Bq/kg	104 Bq/kg
CARNE	AR/SOLO	1990 Bq/kg	350 Bq/kg
LEITE	AR/SOLO	224 Bq/kg	50 Bq/kg

CÉSIO-137

CASO I: Solo = 1000 Bq/kg

VIA DE CONTAMINAÇÃO	PARCIAL(Sv/a)	CIDADE(Sv/a)	CAMPO(Sv/a)
1) DOSE EXTERNA			
a) Exposição ao Solo	3,60E-4	3,60E-4	3,60E-4
b) Inersão em ar (resusp.)			
a.1) dose beta	1,05E-7		
a.2) dose gama	2,29E-10		
TOTAL		1,05E-7	1,05E-7
2) DOSE INTERNA			
a) Inalação	2,20E-5	2,20E-5	2,20E-5
b) Ingestão			
b.1) verduras			
. absorção do solo	6,68E-6		
. deposição do ar	2,13E-4*		
TOTAL		7,17E-4	2,20E-4
b.2) frutas			
. absorção do solo	2,43E-5		
. deposição do ar	7,80E-4		
TOTAL		8,04E-4	8,04E-4
b.3) outros vegetais			
. absorção do solo	9,30E-5		
. deposição do ar	4,39E-4		
TOTAL		0	5,32E-4
b.4) carne			
. absorção pelo pasto	1,2E-5		
. deposição ar/pasto	5,34E-4		
. ingestão de solo	1,89E-5		
TOTAL		0	5,65E-4
b.5) leite			
. absorção pelo pasto	1,51E-5		
. deposição ar/pasto	6,72E-4		
. ingestão de solo	2,00E-5		
TOTAL		0	7,07E-5
DOSE TOTAL		1,91E-3 Sv/a	3.21E-3 Sv/a
CONCENTRAÇÃO LIMITE:			
para atingir 1 mSv/a		528 Bq/kg	310 Bq/kg
para atingir 0,5 mSv/a		264 Bq/kg	155 Bq/kg

OBS: Na cidade, a concentração em verduras foi considerada igual a dos outros vegetais (e não inferior como recomenda o "Safety Series 57", por não ser o que vem sendo observado dentro da cidade, em relação as folhas em comparação com as outras partes dos vegetais).

CASO II: Água = 1 Bq/l

VIA DE CONTAMINAÇÃO	PARCIAL(Sv/a)	CIDADE (Sv/a)	CAMPO (Sv/a)
1) INGESTÃO			
a) Água	9,86E-6	9,86E-6	9,86E-4
b) Peixe	1,77E-4	1,77E-4	1,77E-4
c) Vegetais			
c.1) verduras	1,12E-6	1,12E-5	1,12E-6
c.2) frutas	2,59E-5	2,59E-5	2,59E-5
c.3) outros	9,93E-5	0	9,93E-5
c.4) Ingest. p/ gado			
. carne	7,53E-7	0	7,53E-7
. leite	7,09E-7	0	7,09E-7
2) Dose Externa			
a) Banho/natação	1,24E-7	1,24E-7	1,24E-7
b) Trabalho s/Sedimento	1,45E-2	1,45E-2	1,45E-2
DOSE TOTAL		1,47E-2	1,49E-2
CONCENTRAÇÃO LIMITE para atingir 1 mSv/a para atingir 0,5 mSv/a		68 Bq/L 34 Bq/L	67,5 Bq/L 34 Bq/L

CASO III: Ar:

CIDADE:

Na cidade, considerando que não houve um lançamento para a atmosfera, o ar é considerado estar contaminado apenas por resuspensão do material depositado no solo e, neste caso, é responsável por cerca de 80% da dose devido ao solo, assim:

$$\begin{aligned} \text{solo com } 1000 \text{ Bq/kg} - \text{Ar} &= 0,3 \text{ Bq/m}^3 \\ \text{Dose} &= 1,91\text{E-}3 \text{ Sv/a} \end{aligned}$$

Concentração Limite (1 mSv/a) - 157 mBq/m³

Campo: Ar = 1 Bq/m³

1) DOSE INTERNA	
a) Inalação	7,25E-5
b) Ingestão	
. verduras	7,11E-4
. frutas	2,59E-3
. Outros vegetais	9,91E-3
. carne	1,76E-3
. Leite	2,22E-3
2) DOSE EXTERNA	
a) Imersão nuvem beta	3,47E-7
b) Imersão nuvem gama	7,57E-10
DOSE TOTAL	1,73E-2
CONCENTRAÇÃO LIMITE (1 mSv/a)	58 mBq/m ³

ANEXO 10

AMOSTRAGEM DE AR

Foram instalados 3 amostradores de ar, próximos aos focos principais, na direção preferencial dos ventos (norte). Outros 5 amostradores estão em fase de instalação.

O objetivo desta rede de amostragem foi o de se determinar a possível contaminação por resuspensão de partículas contaminadas e de se avaliar qualquer impacto que os trabalhos de descontaminação dos focos principais poderiam causar ao ambiente e à população.

TABELA 1

AEROSOL - Bq/m³

POSTO	PRIMEIRA COLETA	SEGUNDA COLETA	TERCEIRA COLETA	QUARTA COLETA
ESCOLA 5 DE JULHO	0,9 ± 0,3	3,8 ± 0,4	0,3	0,3 ± 0,1
EDIF. CELIA MARIA	1,0 ± 0,4	75,0 ± 0,4	26,0 ± 1,4	4,0 ± 0,3
FERRO VELHO II	0,7 ± 0,3	0,5	22,2 ± 0,3	2,5 ± 0,2

CAPÍTULO 2

ATENDIMENTO MÉDICO-HOSPITALAR ÀS VÍTIMAS DO ACIDENTE DE GOIÂNIA

2.1 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO E TRIAGEM DAS VÍTIMAS

A equipe médica especializada em higiene das radiações ionizantes chegou a Goiânia às 10 horas do dia 30 de setembro, após caracterizada a gravidade do acidente com a existência de vítimas. Medidas preliminares foram tomadas no Estádio Olímpico e consistiram numa avaliação clínico-laboratorial das pessoas lá alojadas, assim como na monitoração das mesmas seguida de descontaminação externa mediante banhos repetidos, com água e sabão neutro.

Em seguida, a referida equipe, acompanhada de técnicos em proteção radiológica, dirigiu-se ao Hospital Geral de Goiânia (HGG), onde em enfermaria previamente desocupada, foi providenciada a internação de 11 pacientes provenientes do Hospital de Doenças Tropicais (HDT) e do Hospital Santa Maria. Os trabalhos visando o atendimento às vítimas iniciaram-se com a preparação da equipe para a entrada na enfermaria (uso de gorros, máscaras, aventais, luvas, sapatilhas, bem como de filmes e canetas dosimétricas), assim como a delimitação das áreas quentes, mornas e frias no que se referia à intensidade da radiação hipoteticamente existente.

Na avaliação da gravidade da situação dos pacientes, considerou-se os seguintes indicadores:

- nível de envolvimento de cada paciente com a fonte de césio-137 e/ou com pessoas que a haviam manuseado (isto foi feito através da coleta de informações relativas ao acidente);
- levantamento de dados através da coleta de uma história clínica (anamnese);

- avaliação laboratorial, representada pela realização de hemograma completo e contagem de plaquetas; e
- monitoração da superfície corporal, em especial ao nível do tórax, abdôme, pescoço e extremidades, que informava sobre a existência de contaminação externa e/ou interna.

Tais indicadores, quando considerados isolados ou em um conjunto permitiram à equipe médica, ainda na noite do dia 30 de setembro, decidir pela transferência de seis pacientes para o Centro de Tratamento de Irradiados do Hospital Naval Marcílio Dias (Rio de Janeiro), ação que se efetivou nas primeiras horas do dia 1º de outubro. Esses mesmos critérios permitiram decidir pela transferência de mais 4 pacientes para aquele Hospital, no dia 3 de outubro.

Entre o dia provável da violação da fonte (13.09.87) e a data em que a mesma foi entregue à Divisão de Vigilância Sanitária (28.09.87), inúmeras pessoas manusearam a fonte e/ou o cilindro que a continha, obrigando a realização de uma laboriosa tarefa de identificação, processo que durou alguns dias. Isto determinou o internamento no HGG, de alguns pacientes nos dias que sucederam à descoberta do acidente pelas autoridades locais. Realmente, mais 9 pacientes vieram a ser hospitalizados naqueles dias, o que totalizou 20 vítimas mantidas em regime de hospitalização.

A decisão de internação dos pacientes prendeu-se a critérios desenvolvidos naquela ocasião pela equipe médica, em face da complexidade e do ineditismo da situação, sempre tendo em mente regras e normas adotadas, nacional e internacionalmente, referentes a triagem de pacientes em casos de acidentes envolvendo um número elevado de vítimas. Assim tem-se:

- gravidade das radiodermites; e
- intensidade da contaminação interna e externa.

Todos os pacientes hospitalizados no HGG e no HNMD apresentavam, em maior grau, todos esses fatores.

Outras 30 pessoas, que habitavam áreas vizinhas aos focos principais, ou identificadas como parentes das vítimas, permaneceram alojadas em uma unidade primária de atendimento (FEBEM), sob supervisão médica constante, com o objetivo de serem descontaminadas.

Com base em informações obtidas através dos responsáveis pela monitoração dos locais atingidos e da população que ocorreu ao Estádio Olímpico, foram incluídos mais 50 pacientes, em sua grande maioria provenientes da Divisão de Vigilância Sanitária, do Corpo de Bombeiros, da Polícia Militar e parentes das vítimas, num programa de acompanhamento ambulatorial, iniciado ainda na fase aguda.

Esses números, consolidados até o momento da elaboração deste relatório, permitem indicar que pelo menos 100 pessoas foram acidentalmente irradiadas.

2.2 - AVALIAÇÕES CLÍNICO-LABORATORIAIS REALIZADAS NO PERÍODO CRÍTICO

Foi considerado como período crítico aquele compreendido entre os dias 30 de setembro e 31 de dezembro de 1987, quando a quase totalidade dos pacientes receberam alta hospitalar do HGG e HNMD.

Um número expressivo de avaliações clínico-laboratoriais e radiométricas, algumas rotineiras e outras altamente especializadas, foram realizadas nos pacientes internados no HGG e no HNMD: avaliação hematológica completa do sangue periférico e da medula óssea; avaliação bioquímica envolvendo pelo menos duas dezenas de parâmetros representativos do metabolismo do organismo humano; avaliação da coagulação sanguínea; avaliação do "status" imunológico; análises microbiológicas seriadas nos pacientes imunodeprimidos ou com radiodermites; análise citogenética com vista à dosimetria biológica; exames eletroencefalográfico e eletrocardiográfico; exames cintilográficos; exames oftalmológicos; espermogramas; termografias; exames no contador de corpo inteiro e análises radioquímicas de urina, fezes e exames anátomo-patológicos. Os pacientes alojados na FEBEM e aqueles acompanhados ambulatoriamente se submeteram a parte destes exames, de acordo com a necessidade.

2.3 - MEDIDAS TERAPÊUTICAS ADOTADAS

Os procedimentos terapêuticos empregados durante a fase crítica do acidente, podem ser resumidos da seguinte maneira:

aqueles destinados a superar o período crítico da Síndrome Aguda da Radiação (SAR), representado pela fase de aplasia ou hipoplasia medular;

os destinados a acelerar o processo de recuperação das radiodermites;

os destinados a acelerar a eliminação do césio-137 do organismo humano (decorporação); e

medidas de suporte geral e psicoterapia.

a) MEDIDAS EMPREGADAS PARA SUPERAR A FASE CRÍTICA DA SAR

Podem ser divididas em gerais e específicas. As primeiras foram voltadas para prevenir as complicações infecciosas da SAR, assim como para manter as condições basais do indivíduo: isolamento em enfermaria individual e asséptica; repouso, dieta sem alimentos crus ou verdura; vitaminoterapia; nutrição parenteral em alguns casos; reposição de líquidos e sais minerais; prevenção e tratamento das infecções, por meio de anti-microbianos (antibióticos, anti-micóticos e antiviróticos). As medidas específicas se destinavam a compensar a redução dos elementos figurados do sangue mediante a transfusão de concentrados de hemácias e plaquetas, assim como de outros hemoderivados como plasma e albumina humana. A droga GM/CSF (fator estimulante de colônias e granulócitos macrófagos) foi empregada em 8 pacientes que apresentaram depressão medular severa. Nas vítimas desse acidente não houve indicação para a realização de transplante de medula óssea.

b) MEDIDAS PARA ACELERAR O PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DAS RADIODERMITES

Consistiram em balneações contínuas das lesões com soluções antissépticas e analgésicas; emprego de pomadas e cremes destinados a revitalizar as áreas atingidas e estimular a microcirculação local; emprego de preparados oficinais destinados a

realização de debridamento farmacológico; uso de drogas vasodilatadoras e, em última análise, debridamento cirúrgico (remoção de tecidos desvitalizados). Houve necessidade de se estabelecer uma terapêutica analgésica agressiva na fase dolorosa das lesões.

c) MEDIDAS DESTINADAS A ACELERAR A ELIMINAÇÃO DO CÉSIO-137.

A partir do dia 2 de outubro, iniciou-se o tratamento com "azul da Prússia" em doses recomendadas pela literatura científica (3 gramas/dia), até atingir a dose plena de 10g/dia. Durante um certo período associou-se um diurético, via oral, ao "azul da Prússia". Verificada a eliminação do césio pelo suor, adotou-se o emprego de luvas de látex, a realização de exercícios ergométricos e de sauna para estimular a sudorese.

A avaliação da efetividade desse tratamento era feita através de análises radioquímicas diárias de fezes e urina, bem como de avaliações seriadas dos pacientes no contador de corpo inteiro.

d) MEDIDAS DE SUPORTE E PSICOTERAPIA

Consistiram na compensação de doenças identificadas no transcurso do atendimento hospitalar, tais como a hipertensão arterial, a insuficiência e a arritmia cardíaca, as infecções urinárias, etc. Especial ênfase foi dada ao tratamento psicoterápico de suporte, não só no sentido de se minimizar as sequelas psicológicas decorrentes da internação prolongada e da agressão sofrida como decorrência do próprio acidente, como também para o efetivo tratamento psiquiátrico adotado para alguns pacientes, já anteriormente psicopatas.

2.4 - EVOLUÇÃO CLÍNICA DOS PACIENTES

No caso específico do acidente de Goiânia, o que determinou o prognóstico das vítimas foi o grau de comprometimento do sistema hematopoético, que depende não só da magnitude da dose como também de sua distribuição têmporo-espacial.

Cabe aqui ressaltar que a representação clínica clássica dos efeitos da radiação sobre o organismo humano e a Síndrome

Aguda da Radiação (SAR) é patologia complexa, caracterizada por distúrbios funcionais e orgânicos, com repercussão em praticamente todos os sistemas do organismo humano, mas predominantemente nos sistemas hematopoético, gastrointestinal e neurocerebral.

A gravidade da síndrome apresentada pelos pacientes internados pode ser correlacionada com a dose recebida, conforme demonstrado no Quadro I.

No período situado entre a 4ª e a 5ª semana pós-exposição, 4 pacientes vieram a falecer devido à complicações normalmente esperadas da SAR - hemorragia (2 pacientes) e infecção (2 pacientes). Os demais pacientes evoluíram com recuperação praticamente completa dos sistemas hematopoético. No relativo às radiodermites, o processo evolutivo obedeceu ao esperado, isto é, aparecimento de eritema (vermelhidão), desenvolvimento de vesículas e bolhas, ruptura das mesmas e progressão para a cura, nos casos de doses mais baixas; e para ulceração e necrose naqueles que receberam doses elevadas. Em 4 casos houve necessidade de intervenção cirúrgica (amputação de antebraço em 1 paciente e debridamento cirúrgico das necroses em outros 3 casos).

A contaminação interna foi reduzida a níveis significativamente baixos em relação aos níveis iniciais, mediante a terapêutica adotada, que se mostrou eficaz, apesar de iniciada alguns dias após a contaminação acidental.

2.5 - FILOSOFIA DOS NÍVEIS DE ATENDIMENTO: CONSIDERAÇÕES SOBRE ALTA HOSPITALAR E LIBERAÇÃO DOS PACIENTES PARA SUAS RESIDÊNCIAS

É conhecido e até hoje preconizado o sistema de níveis de atendimento para se fazer frente a um acidente radiológico de proporções significativas. Ele se caracteriza, em essência, pelo emprego de estruturas médico-hospitalar cada vez mais sofisticados a medida que a gravidade do acidente assim o exija. No caso do acidente de Goiânia, esse sistema foi implantado, ficando definidos os seguintes níveis:

- 1º nível de atendimento ou, atendimento primário - FEBEM;
- 2º nível de atendimento ou, atendimento secundário - HGG;
- 3º nível de atendimento ou, atendimento terciário - HNMD.

No nível de atendimento primário permaneceram apenas os pacientes que apresentavam contaminação externa e interna que justificassem medidas de descontaminação que não pudessem ser executadas em outro local. Cabe mencionar que a grande maioria dos pacientes alojados tiveram suas residências interditadas o que conferia, neste nível, um caráter médico-social.

No nível de atendimento secundário permaneceram os pacientes com comprometimento hematológico de leve a moderado (1 - 3 Gy), que não requeriam medidas especiais de isolamento nem terapêutica substitutiva (transfusão de plaquetas, por exemplo), além de radiodermites de moderadas a severas. Os pacientes com contaminação interna de moderada a severa foram mantidos nesse nível, onde puderam se beneficiar das medidas destinadas a decorporação do césio.

Para o nível de atendimento terciário foram transferidos os pacientes com moderado a muito severo comprometimento do sistema hematopoético, bem como aqueles que apresentavam radiodermites de severas a muito severas.

A transferência dos pacientes de um nível para outro ou então para sua residência (alta hospitalar) levou em consideração que a razão para sua não transferência já não mais existia. No entanto, alguns indicadores objetivos foram utilizados na liberação dos pacientes do HGG para a FEBEM ou então para suas residências:

- ausência de sintomas;
- recuperação completa do quadro hematológico;
- boa evolução das radiodermites;
- redução a nível aceitável da contaminação interna; e
- eliminação da contaminação externa.

2.6 - NECRÓPSIA, PREPARAÇÃO DOS CORPOS E SEPULTAMENTO

Das vítimas que receberam tratamento médico no HNMD, 4 vieram a falecer. Imediatamente após o falecimento foi feita

a monitoração radiológica dos corpos para servir de base para os trabalhos de necrópsia.

A equipe de médicos legistas, junto com os supervisores de Proteção Radiológica planejaram como fazer a necrópsia, minimizando dose ocupacional, tempo de exposição e valores de rejeitos. Foi estabelecido que a necrópsia seria seca e que os órgãos internos, após analisados, monitorados e retirada uma porção para análise microscópica, seriam devolvidos aos corpos. As amostras foram colocadas em formol e enviadas para o IRD onde serão trabalhadas e, posteriormente, analisadas.

Para minimizar o risco de contaminação a sala de necrópsia do HNMD, para ser utilizada, foi totalmente revestida com plástico.

Os corpos após a necrópsia eram novamente monitorados para ser avaliada a espessura do lençol de chumbo com que seriam envolvidos antes de colocados nas urnas especiais.

As urnas de madeira maciça, internamente revestidas de chumbo, contendo uma câmara de fibra, recebia o corpo, e era totalmente lacrada.

Após a selagem, a urna era monitorada para certificar que a dose próxima ao caixão estava abaixo dos limites recomendados para o público.

No traslado do HNMD até a cidade de Goiânia os 4 corpos foram sempre acompanhados por um dos médicos legistas (perito da Polícia Federal) e um técnico de Proteção Radiológica da CNEN.

No Cemitério Parque de Goiânia, foram preparadas 4 sepulturas individuais, em blocos de concreto monolítico, capazes de atenuar as radiações emitidas pelas vítimas e proteger de seus efeitos, visitantes e o ambiente.

QUADRO I

NÚMERO DE PACIENTES IRRADIADOS DE ACORDO
COM A GRAVIDADE DA SÍNDROME AGUDA DA
RADIÇÃO BASEADA NA DOSIMETRIA CITOGÊNÉTICA

GRAVIDADE DA SAR	TOTAL DE PACIENTES HOSPITALIZADOS	ÓBITOS	DOSE CITOGÊNÉTICA (Gy)
GRAU I	4	-	0,2 - 1
GRAU II	3	-	1 - 2
GRAU III	11	4	2 - 6
GRAU IV	2	-	> 6
TOTAL	20	4	-

CAPÍTULO 3

OPERAÇÃO DE DESCONTAMINAÇÃO

3.1 - PREPARAÇÃO PARA DESCONTAMINAÇÃO DOS FOCOS PRINCIPAIS

Na fase preparatória para descontaminação dos focos principais foram construídos barracões, com locais para: coordenação e recepção; vestiário; descontaminação e banho; controle das equipes de trabalho que entravam e saíam das áreas isoladas; almoxarifado; equipamentos; ferramentas; material de uso em radioproteção e nos serviços. Cada local tinha seu ponto de controle servido por um canal de comunicação, via rádio, ligado a uma rede da CNEN, dispondo, também, de veículos para agilização de meios.

Nessa fase, a maioria dos resultados das medidas realizadas no período de avaliação e o controle da situação foram detalhados com o objetivo de orientar a descontaminação dos locais.

Nas residências e nos logradouros públicos, as atividades de monitoração e rastreamento foram logo seguidas de descontaminação inicial, tendo como referência a radiação de fundo da região e os limites máximos permissíveis para indivíduos do público e a necessidade de reconstituição das condições anteriores ao acidente.

Na descontaminação, foram utilizados procedimentos técnicos que incluíam produtos químicos apropriados ou remoção mecânica da contaminação.

Nas áreas isoladas, os levantamentos radiométricos visaram o planejamento da fase de descontaminação que envolveria várias equipes e máquinas, atuando em pontos com elevadas taxas de exposição e diversidade de tarefas.

Para o levantamento radiométrico o tipo de detetor utilizado variou conforme o objetivo da medida. Assim, para residên-

2

cias e logradouros públicos foram utilizados detetores para medidas de contaminação superficial e cintilômetros mais sensíveis. Para as áreas isoladas foram utilizados inicialmente detetores "Geiger", do tipo "Teletector", que permitiam realizar medidas com o operador distante de até 4 m dos pontos contaminados.

No anexo 1, estão registrados os levantamentos radiométricos dos locais mais contaminados.

3.2 - DESCONTAMINAÇÃO DOS FOCOS PRINCIPAIS

A descontaminação dos locais diretamente atingidos foi efetivada após fase de preparação com a participação de técnicos especializados apoiados pela ESIE, pela Empresa Andrade Gutierrez e pelo Consórcio Rodoviário Intermunicipal S/A (CRISA).

Além das atividades desenvolvidas na área controlada, duas outras preocupações foram consideradas: o controle de outras áreas externas a fim de evitar sua contaminação, e o acompanhamento das equipes técnicas quanto à sua exposição externa, minimizando as possibilidades de contaminação.

Para a descontaminação dos locais, as principais operações executadas foram:

- limpeza da área afetada;
- remoção da camada de solo, cuja espessura foi definida em cada local pelas medidas de perfilagem;
- derrubada e remoção das casas e barracões com elevados níveis de contaminação generalizada;
- remoção de algumas árvores e obstáculos que dificultavam as operações;
- acondicionamento dos rejeitos em caixas e tambores;
- medição das taxas de exposição máxima e mínima de cada embalagem de rejeito e identificação com etiqueta apropriada;
- descontaminação externa das caixas e tambores; e
- transporte para o depósito transitório das caixas e tambores.

Após estas etapas, o solo foi substituído por outro semelhante, ou preenchido com brita e areia ou recoberto com camada de concreto. Além da reconstituição das condições anteriores ao acidente, outras benfeitorias foram realizadas como limpeza, construção de meio fio, passeio e desobstrução de galerias de águas pluviais.

Para verificação da eficácia de cada descontaminação, foi realizado um levantamento radiométrico, com a consequente retirada dos eventuais pontos residuais de contaminação.

Após descontaminação de cada área, foi iniciada a monitoração das residências e logradouros próximos, para verificar a necessidade de descontaminação complementar.

3.3 - DESCONTAMINAÇÃO DE RESIDÊNCIAS

De um total de 159 residências monitoradas, 42 apresentaram algum grau de contaminação. A maioria delas foi contaminada pelos moradores ou visitantes que, por motivos diversos, estiveram nas áreas dos focos principais. O material radioativo foi transferido para essas residências levados por sapatos, vestimentas, pelo próprio corpo (principalmente mãos), e trânsito de animais domésticos entre residenciais. Em nenhuma dessas situações houve o transporte intencional de material radioativo para o interior das residências, excetuando-se Ernesto Fabiano, que levou para casa uma fração de césio-137 presenteada por seu irmão, Edson Fabiano.

No anexo 2, Capítulo 2, são apresentados os endereços das residências onde foram realizados trabalhos de descontaminação.

A quase totalidade das residências eram construções modestas de alvenaria, com vários cômodos pouco espaçosos e cobertura de telhas sem qualquer forração. Os pisos, com poucas exceções eram de cimento com corante vermelho (óxido de ferro), popularmente conhecido como "vermelhão". O quintal das residências não apresentava, de modo geral, qualquer benfeitoria. A totalidade das residências era servida por eletricidade e apenas algumas pos-

suiam rêdes de esgoto e água tratada. Nesses casos os dejetos eram lançados em fossas sépticas (com profundidade de 6 a 8 metros e diâmetro de 1,5 metros) e a água para consumo doméstico obtida de poços com profundidades variando entre 2 e 10 metros.

A maioria das residências afetadas apresentava pisos contaminados, tendo-se observado que o césio-137 estava superficialmente distribuído na camada vermelha. Pelas características do piso, a remoção do material contaminado por meio de processos químicos ou raspagem não foi eficaz. Os níveis de contaminação observados estavam situados no intervalo de 0,01 a 10nCi/cm², sendo o valor mais frequente, 0,2nCi/cm². As partes que apresentaram os maiores valores eram em pequeno número e estavam circunscritas a pequenas áreas. As taxas médias, a 1 metro, eram de 0,1 mR/h e o limite superior não ultrapassava 1 mR/h. Em alguns banheiros houve migração de césio-137 a profundidades maiores, atingindo em alguns casos o solo.

Foi observado um grande número de portas, janelas e maçanetas ligeiramente contaminadas como também, com menor frequência, de paredes. A maioria dos tanques de lavagem de roupa se encontrava contaminada, tendo sido constatada a presença de particulados de césio-137 no solo da área externa de algumas residências.

Foram identificados, com graus variados de contaminação (0,01 a 10nCi/cm²), objetos, roupas, móveis, eletrodomésticos e utensílios. Moradores dessas residências apresentaram, níveis de incorporação de césio-137 mensuráveis no contador de corpo inteiro, instalado, pela CNEN, em Goiânia (Anexo 2).

Os trabalhos de descontaminação iniciaram-se após a transferência dos moradores e foram orientados com base em medidas realizadas por detetores de contaminação superficial e por cintilômetros calibrados com fontes de césio-137, respectivamente em "nCi/cm²" e "CPS" (contagem por segundo). Inicialmente o pó de todos os cômodos das casas foi aspirado de modo a diminuir a possibilidade de contaminação dos técnicos encarregados da execução dos trabalhos.

Vestuários e os objetos de uso pessoal que apresentavam

níveis de contaminação detetáveis foram considerados rejeitos. Não foi tentado qualquer procedimento de descontaminação de vestuários, pois já haviam sido lavados algumas vezes. Contudo, foi verificado que a imersão de peças confeccionadas com tecido de algodão em solução aquosa ligeiramente ácida, durante algumas horas, foi capaz de reduzir substancialmente os níveis inicialmente constatados.

Portas, janelas, mobiliários e aparelhos eletrodomésticos só foram descontaminados quando a tarefa era facilmente executada por processos químicos ou abrasivos. Caso contrário as partes contaminadas foram retiradas e, em alguns casos, a peça era inutilizada.

As paredes foram, na maioria dos casos, facilmente descontaminadas pela remoção da tinta que as revestia.

As partes dos pisos que apresentavam níveis de contaminação superiores a $0,3\text{nCi/cm}^2$ foram removidas e tratadas como rejeito; o restante do piso não contaminado, também foi retirado e considerado entulho. Em seguida, o piso foi totalmente reconstruído.

O solo das áreas externas das residências que apresentavam contaminação foi removido até profundidades que apresentassem atividade específica inferior a poucas dezenas de nCi/kg de solo. O solo foi recomposto com material novo e em alguns casos foi revestido com uma pequena camada de concreto.

Deve ser ressaltado que os moradores não aceitavam a permanência de qualquer parte estrutural da residência, móveis, utensílios ou vestimentas que apresentassem um nível de contaminação mensurável.

Em algumas residências foram observados pequenos níveis de contaminação em fossas sépticas. As que apresentavam situação precária de conservação, foram aterradas e outras foram construídas mais distantes dos poços que forneciam água às residências.

3.4 - DESCONTAMINAÇÃO DE LOGRADOUROS

O trânsito de pessoas e de carrinhos de catadores de

papel contaminados pelas ruas e calçadas da cidade, e resuspensão e dispersão de poeira contendo césio-137 pelo vento, bem como a disseminação pela chuva, permitiram que o material radioativo atingisse muitos logradouros, embora com baixa intensidade. Assim, calçadas, passeios, praças públicas, casas de comércio, ferro velnos e bares apresentaram pontos de contaminação, que foram removidos com produtos químicos ou meios mecânicos logo após constatação pelo trabalho de monitoração.

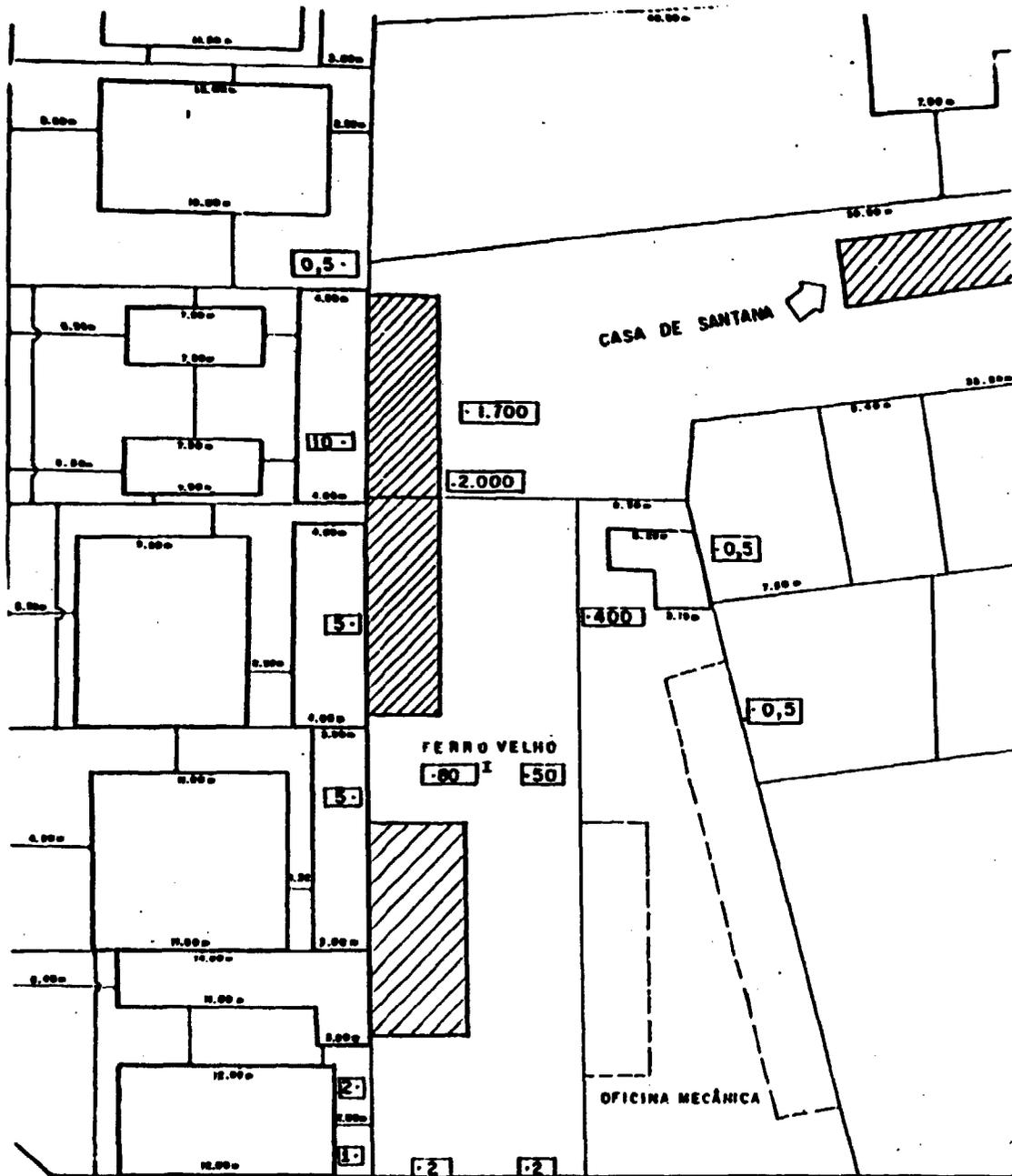
Em todos estes locais procedeu-se a restauração e teve-se a preocupação de deixar a taxa equivalente de dose de radiação residual, com valor abaixo de $1\mu\text{Sv/h}$.

No Anexo 4 do capítulo 1 é apresentada uma lista dos logradouros que estiveram contaminados e foram descontaminados.

3.5 - DESCONTAMINAÇÃO DE VEÍCULOS DIVERSOS

O trabalho de descontaminação atingiu mais de 50 veículos, incluindo-se caminhões, automóveis, motocicletas, carrinhos de catadores de papel, componentes diversos de mobília das residências, objetos de uso pessoal, jóias e porta-retratos.

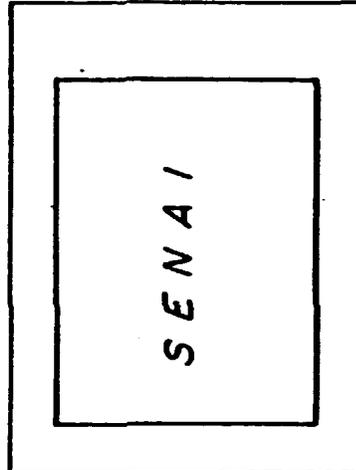
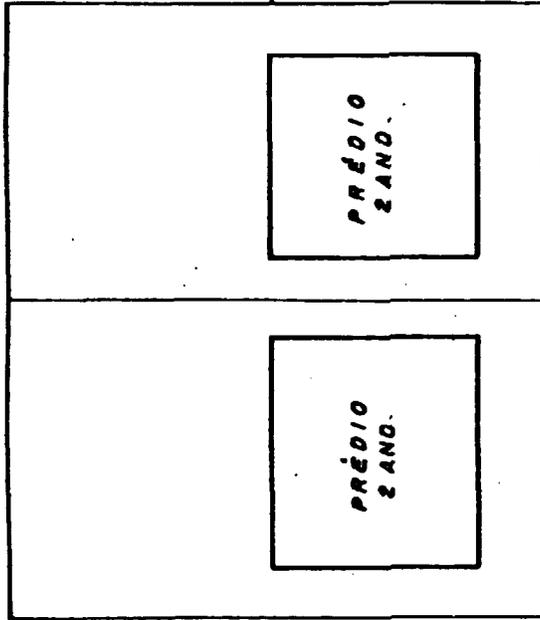
Além disso, foram descontaminadas máquinas e viaturas (ver Quadro 6.2) que participaram da operação de descontaminação dos focos principais: motoniveladoras, retroescavadeiras, guindastes, guinchos, empilhadeiras, motos-serras e caminhões.



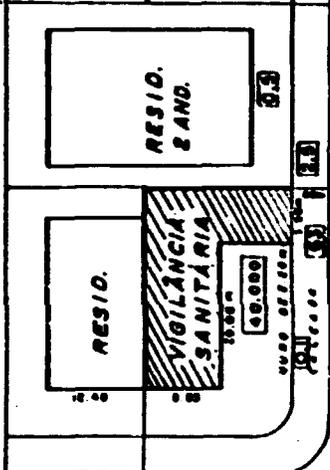
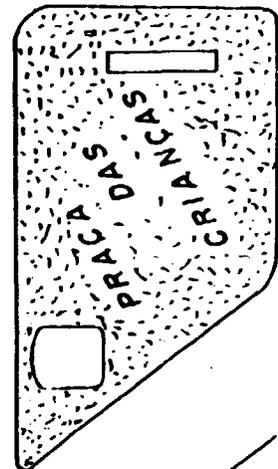
TAXA DE EXPOSIÇÃO EM mR / h
 RUA 26 - A

0,3	0,3	0,3	0,2
EDIFÍCIO MARIA CÉLIA			

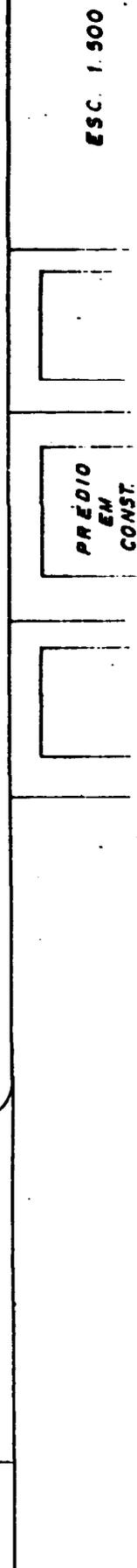
TAXA DE EXPOSIÇÃO
EM MR/h



RUA 16-A



RUA 16-A



ANEXO 2

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO INTERNA E EXPOSIÇÃO EXTERNA

As pessoas que tiveram contato direto com a fonte ou com os focos principais foram identificados pelas equipes da CNEN, durante o processo de busca ou por ocasião da monitoração no Estádio Olímpico.

Foi feita uma avaliação da exposição interna e externa que cada pessoa sofreu. Para a determinação da exposição externa foram coletadas amostras de sangue, para a dosimetria citogenética. Para a avaliação da contaminação interna foram utilizados dois métodos de medida: o contador de corpo inteiro e a análise de excreta.

Pelo contador de corpo inteiro foi medida em cada pessoa a atividade incorporada, interna e/ou superficial.

Nas análises de fezes e urina, conhecendo-se a taxa de eliminação do césio-137 na excreta em determinada época após a contaminação, foram determinadas as atividades inicialmente incorporadas por inalação ou ingestão. Com esta atividade incorporada, calculou-se a dose comprometida, por 70 anos, utilizando modelos matemáticos de dosimetria interna.

As tabelas 1, 2 e 3 mostram os resultados obtidos. As figuras 1, 2 e 3 ilustram esses resultados.

TABELA 1

RESULTADOS DAS MEDIDAS COM CONTADOR DE CORPO INTEIRO

Intervalo (μ Ci)	Número de Pessoas	Frequência Relativa (%)
LD	124	50,20
LD - 15	84	34,01
15 - 25	3	1,21
25 - 40	4	1,62
40 - 55	2	0,81
55 - 70	4	1,62
70 - 85	4	1,62
85	22	8,91
TOTAL	247	100,00

LD = Limite de Detecção

TABELA 2

DOSE COMPROMETIDA, EM 70 ANOS, DAS PESSOAS QUE,
NA SUA MAIORIA, TIVERAM CONTATO DIRETO COM O
CÉSIO - 137

Intervalo (Gy)	Número de Pessoas
10^{-4} - 10^{-3}	3
10^{-3} - 10^{-2}	7
10^{-2} - 10^{-1}	22
10^{-1} - 10^0	19
10^0 - 10^1	9
10^1 - 10^2	2
TOTAL	62

TABELA 3

EXPOSIÇÃO EXTERNA À RADIAÇÃO AVALIADA POR DOSIMETRIA
CITOGÊNÉTICA

<u>Intervalo (Sv)</u>	<u>Número de Pessoas</u>	<u>Frequência Relativa (%)</u>
0 - 0,5	43	61,43
0,5 - 1,0	8	11,43
1,0 - 2,0	6	8,57
2,0 - 3,0	5	7,14
3,0 - 4,0	0	0
4,0 - 5,0	3	4,29
5,0 - 6,0	3	4,29
6,0 - 7,0	2	2,58
TOTAL	70	100,00

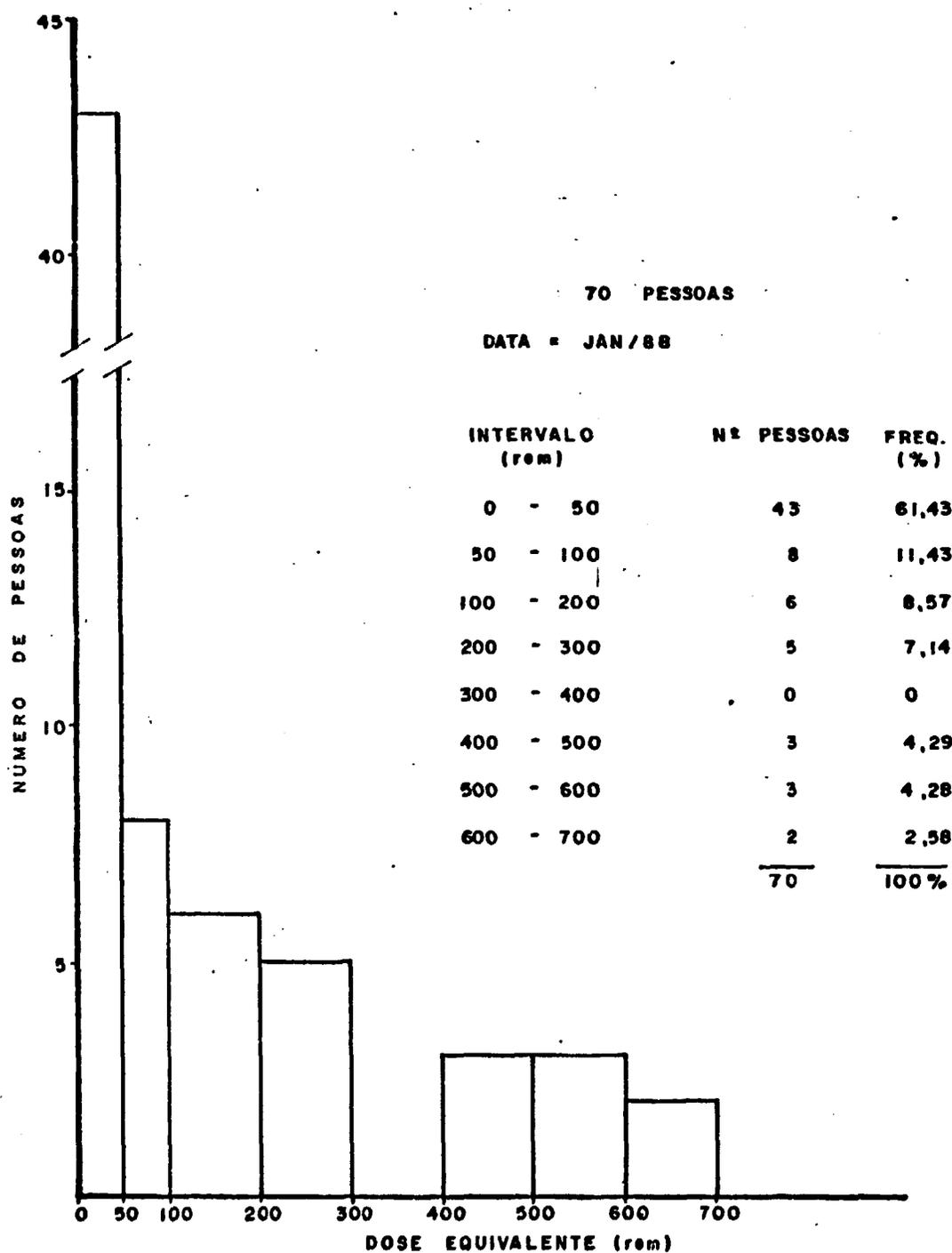


FIGURA 1 - EXPOSIÇÃO EXTERNA À RADIAÇÃO AVALIADO POR DOSIMETRIA CITOGÊNÉTICA

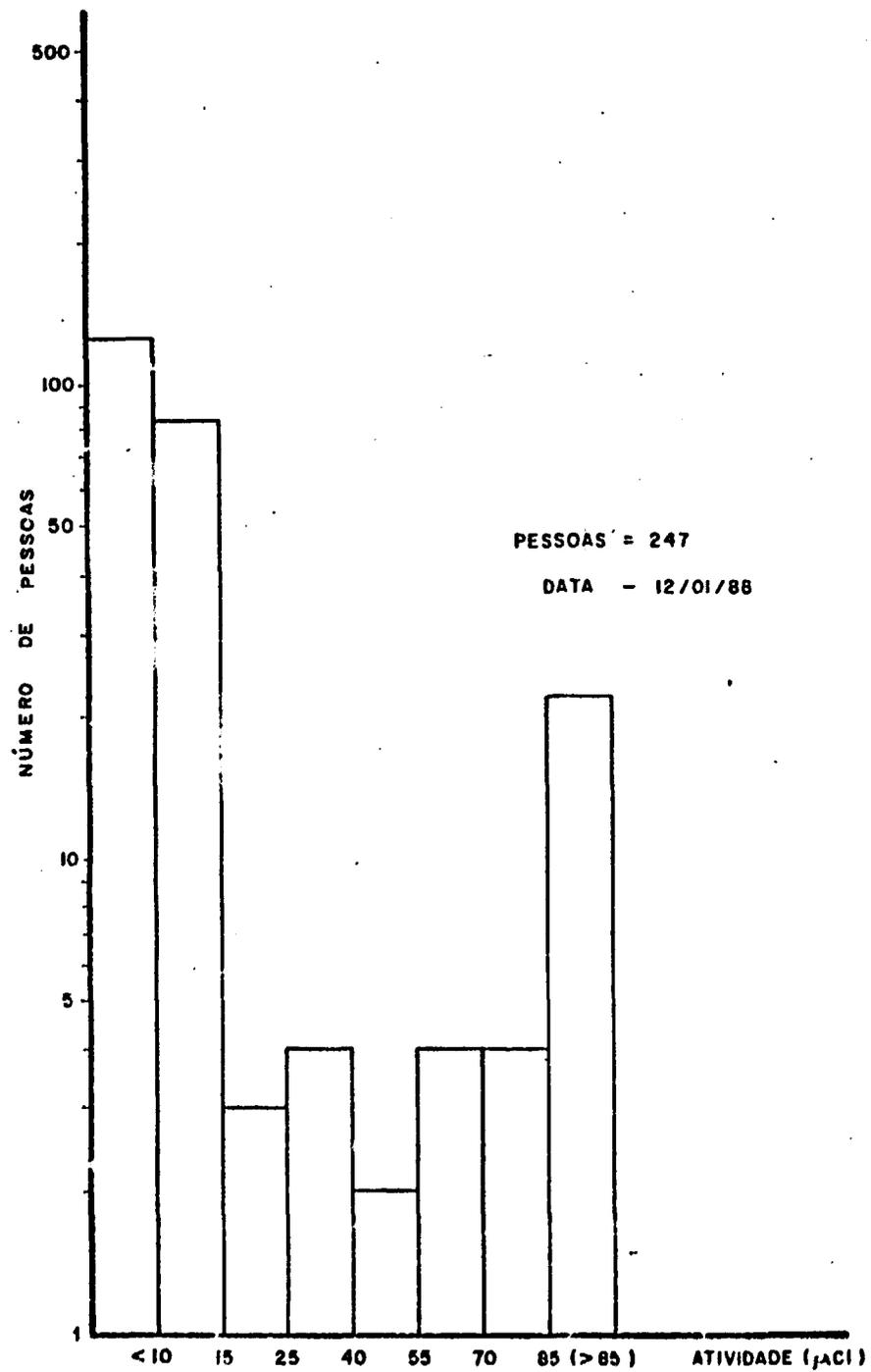


FIGURA 2 - RESULTADOS DAS MEDIDAS COM CONTADOR DE CORPO INTEIRO

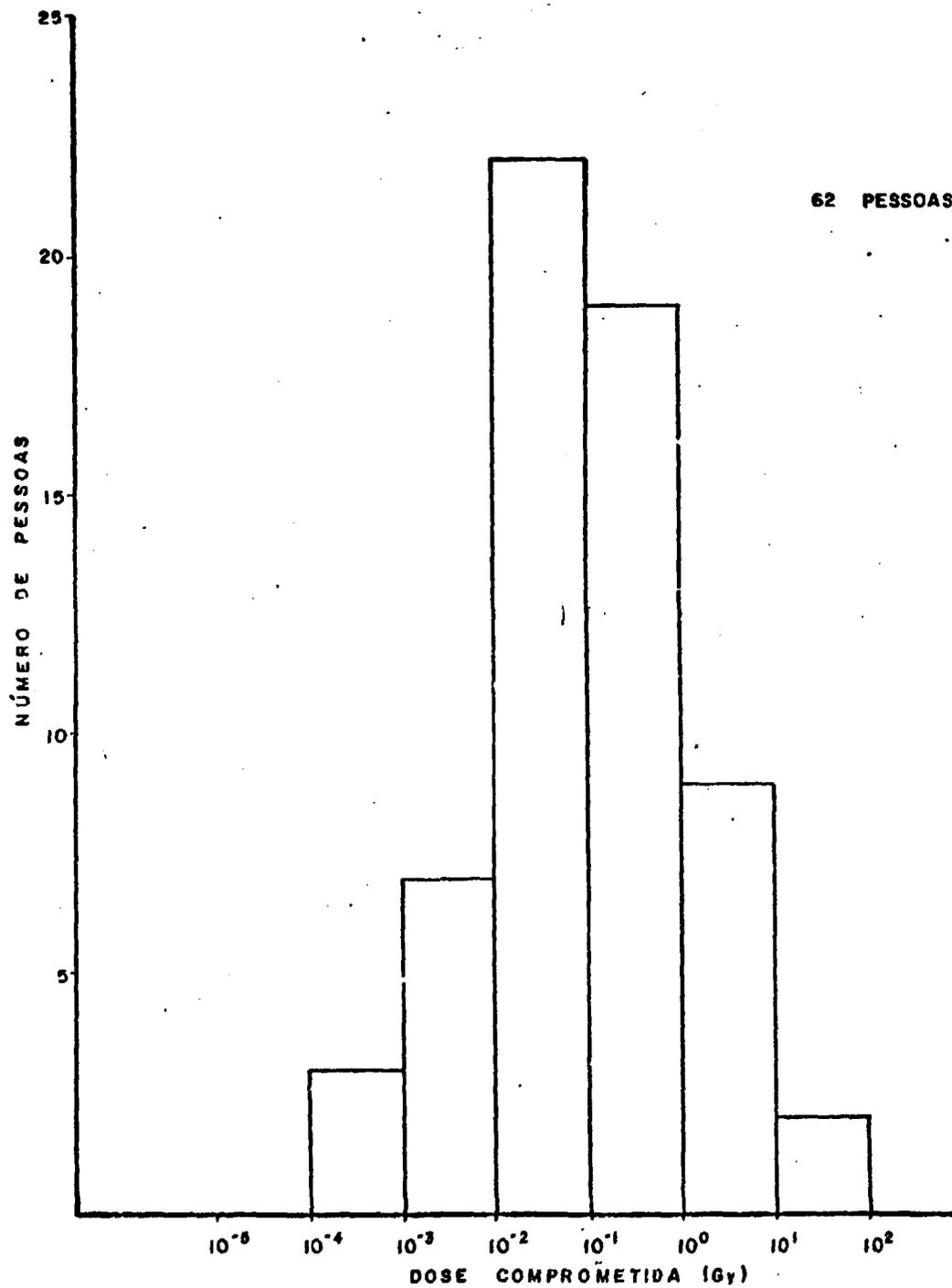


FIGURA 3 - DOSE COMPROMETIDA POR 70 ANOS DEVIDO À INCORPORAÇÃO DE CÉSIO-137

CAPÍTULO 4

REJEITOS RADIOATIVOS DECORRENTES DO ACIDENTE

4.1 - IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Os rejeitos gerados nos trabalhos de descontaminação de pessoas e locais foram classificados de acordo com as categorias estabelecidas na Norma experimental: "gerência de rejeitos radioativos em instalações radioativas" aprovada pela resolução CNEN-19/85, de 27.11.85 - D.O.U. - 17.12.85:

- a. SÓLIDOS NÃO RADIOATIVOS: aqueles que apresentavam atividade específica inferior a 2 nCi/g de material.
- b. SÓLIDOS DE BAIXO NÍVEL DE RADIAÇÃO: aqueles que apresentavam taxa de exposição menor ou igual a 200 mR/h na superfície da embalagem.
- c. SÓLIDOS DE MÉDIO NÍVEL DE RADIAÇÃO: aqueles que apresentavam taxas de exposição entre 200 mR/h até 2000 mR/h na superfície da embalagem.

Os rejeitos líquidos foram solidificados com cimento e classificados como rejeitos sólidos, obedecendo aos critérios acima descritos.

Os rejeitos sólidos foram também identificados para fins de tratamento posterior, levando em consideração as seguintes características:

- combustibilidade;
- compactabilidade; e
- putrescibilidade.

Durante a fase de acondicionamento, a segregação dos materiais foi feita levando-se em conta os critérios acima, muito embora a diversidade de material (metal, madeira, vidro,

plástico, tecido, papel, solo) que integravam objetos de uso pessoal, móveis, utensílios domésticos, tornou difícil a tarefa de segregação.

4.2 - EMBALAGENS DE REJEITO

As embalagens utilizadas foram tambores industriais de aço carbono (corpo, fundo e tampa em bitola 18 de capacidade, 40 L, 100 L e 200 L) e caixas metálicas. Os tambores de 40 L e 100 L foram encapsulados em tambores de 200 L ou em caixas metálicas.

As caixas metálicas, possuem as seguintes características:

- dimensões 1,2 x 1,2 x 1,2 m;
- capacidade de carga de 5 toneladas;
- espessura de fundo, costado e tampa de 6,35 mm, isto é; com sobre-espessura de corrosão;
- tratamento nas chapas ao "quase branco";
- isolamento de superfície com cromato de zinco;
- pintura externa acrílica, para resistência a corrosão; e
- fechamento por parafusos/porcas, no total de 20, com junta para garantia de estanqueidade.

Para assegurar que a taxa de exposição estivesse dentro dos limites estabelecidos, foram utilizadas embalagens construídas em concreto armado, com parede de 20 cm de espessura. Estas embalagens ("VBA's") receberam um tambor de 200 L previamente preparado, possuindo ferragem de espera para recebimento de armação metálica de forma a garantir que após o preenchimento com concreto, o recipiente se constituísse em uma estrutura monolítica.

Para o acondicionamento dos fardos de papel contaminados foram utilizados "containers" marítimos com capacidade de 32 m³ cada um.

Até o final de dezembro foram armazenados no depósito transitório cerca de 2500 tambores, 1200 caixas, 14 "containers" e 5 "VBA's", perfazendo aproximadamente o total

contendo rejeito radioativo. A equipe de proteção radiológica que acompanhou todas as operações de transporte isolou de imediato o local com auxílio da escolta e, apoiada por uma equipe de socorro, restabeleceu a normalidade do transporte.

No incidente, nenhuma das caixas foi rompida e em consequência, não houve contaminação do local.

Após as descargas no repositório, os caminhões eram inteiramente monitorados de forma a liberá-los imediatamente ou não para circulação. No caso de contaminação a viatura era descontaminada até nível permissível para transporte convencional.

4.4 - DEPÓSITO TRANSITÓRIO

Os rejeitos gerados durante o processo inicial de descontaminação tornou imperiosa a definição de um local para armazenamento fora da área afetada, a fim de evitar um aumento dos níveis de radiação locais, pelo acúmulo de embalagens estocadas nas áreas isoladas.

O assunto foi debatido pela CNEN, com o Governo do Estado, que indicou duas áreas alternativas, desde que o armazenamento fosse em caráter transitório.

As áreas indicadas foram: uma no Aterro Sanitário e outra próxima a Abadia de Goiânia: a segunda opção, com cerca de 2 hectares; distante 20 km do centro de Goiânia e 2,5 km da cidade de Abadia de Goiás foi selecionada por apresentar melhores condições técnicas.

O Grupo Técnico sob a coordenação da CNEN, em conjunto com a Secretaria de Transporte do Estado de Goiás, elaborou um projeto de engenharia para construção de 9 plataformas de concreto, com dimensões de 60m x 18m x 0,2m, para colocação das embalagens. Durante a construção foram considerados aspectos da garantia da qualidade da drenagem, proteção física, iluminação, infraestrutura, instalações sanitárias e acesso de veículos.

Um modelo matemático foi desenvolvido em computador para fornecer dados de níveis de exposição, inventário do ma-

terial recolhido e armazenado e garantir que a taxa de exposição externa, na cerca da área de exclusão, não ultrapasse a taxa limite para público de 300 mrem/ano (3mSv/ano).

Os tambres foram dispostos em duas camadas sobre bases metálicas ("pallets") e cobertos com lonas impermeáveis. Para que as atividades operacionais se processassem com segurança foram previstos corredores de circulação.

Usando o modelo matemático, foi possível distribuir as embalagens mais ativas no centro das bases e as menos ativas na periferia, resultando em uma minimização das taxas de exposição nas adjacências de cada plataforma.

Para garantir a segurança dos trabalhadores e a preservação do ambiente foram implantados programas de proteção radiológica ocupacional e ambiental.

Para isso foram coletadas amostras de solo, vegetação, sedimento, água de superfície, água de chuva e aerosol.

Além disso foram instaladas ao longo da cerca que delimita a área, cinco estações de dosímetros termoluminescentes e realizada a perfuração de um poço para coleta de água subterrânea dentro do programa regular de monitoração ambiental.

Nos locais onde foram instaladas as estações de "TLD", coletaram-se amostras de solo, numa área de $1m^2$ e até 5cm de profundidade.

4.4.1 - INVENTÁRIO DA FONTE

a) METODOLOGIA

O inventário da fonte foi realizado, fundamentalmente, a partir do conteúdo das caixas de rejeitos, recolhidas na cidade de Goiânia, pelo fato da dispersão de material radioativo ter sido restrita a poucos locais e manuseada por um grupo de pessoas identificadas.

Com efeito, a quantidade de material radioativo que se dispersou ou difundiu no solo, foi em parte recuperado por ocasião da retirada das camadas de solo e derrubada das casas contaminadas. A fração incorporada pelas pessoas foi também

em parte recuperada, através dos rejeitos hospitalares e das análises de excreta. A quantidade que se dispersou no ar ou para o ambiente, via aquática, corresponde a uma fração desprezível, conforme pode ser demonstrado pelas medidas realizadas no campo e em amostras.

b) MÉTODO DE CÁLCULO

Para a determinação da quantidade de material contido em cada recipiente de rejeito radioativo, foi utilizado o método do Ponto Kerne! (ref.1) supondo uma fonte uniformemente distribuída segundo uma geometria cilíndrica.

O fator de "build-up" foi calculado pela fórmula de Taylor, e as funções de Green G ($\mu sh, b5$) foram utilizadas após um ajuste pelo método dos mínimos quadrados, para facilidade de cálculo. Foram também consideradas a atenuação das blindagens adicionais, a heterogeneidade de conteúdo material e umidade, bem como as incertezas associadas.

Baseado nas hipóteses descritas anteriormente, foi desenvolvido um programa de computador, onde, estabelecida as dimensões das embalagens, podiam ser determinadas a densidade do meio, a atividade do conteúdo e a taxa de exposição na superfície de cada uma.

Como a taxa de exposição da superfície é linear com a atividade, fixando a geometria e a densidade do rejeito recolhido, podem ser obtidos gráficos para a determinação da atividade provável em cada embalagem, utilizando-se a taxa de exposição medida na superfície da mesma.

c) RESULTADOS

Somando-se a atividade do material contido nas 1400 caixas, 3800 tambores, 10 containers e 6 VBA's existentes no depósito transitório de rejeitos de Abadia de Goiânia, até fevereiro de 1988, com um total de 3461m³, e adicionando ainda o resultado do material dos rejeitos do HNMD, obteve-se:

valor mínimo mais provável: (1202 ± 261) Curies
valor máximo mais provável: (1266 ± 274) Curies

Ref. 1 - REACTOR SHIELDING DESIGN

ed. Theodore Rockwell
Mc Graw co. 1956 - USA

CAPÍTULO 5

EQUIPES DE TRABALHO E COOPERAÇÃO TÉCNICA

A CNEN utilizou em Goiânia no período de setembro a dezembro de 1987, 244 profissionais dos seus quadros, sendo 110 na área de proteção radiológica, 18 na área de rejeitos, 38 na área de descontaminação e monitoração ambiental e 69 na coordenação, manutenção e apoio. Foram utilizados mais de 130 mil homens hora, incluindo-se 125 profissionais de FURNAS, NUCLEBRAS, CDTN, NUCLEI, EsIE e MINISTÉRIO DA MARINHA.

As equipes na área biomédica, envolveram cerca de 80 profissionais especializados, sendo que 25 eram médicos.

As atividades em Goiânia, foram apoiadas, na Sede e institutos da CNEN, por equipes que realizaram:

- análises de fezes e urina dos pacientes internados nos hospitais do Rio de Janeiro e de Goiânia;
- dosimetria citogenética das pessoas que sofreram maior exposição e contaminação;
- avaliação da contaminação interna, utilizando o contador de corpo inteiro (técnicos e pacientes);
- avaliação das doses dos técnicos que atenderam em Goiânia, utilizando diversos tipos de dosímetros pessoais;
- cálculos de dose devida à contaminação interna dos pacientes, utilizando dados de análise de excreta;
- análise de amostras ambientais;
- radioproteção no Hospital Naval Marcílio Dias;
- Fornecimento de fontes radioativas padrões;
- calibração de equipamentos e manutenção;
- preparação de material para descontaminação;
- controle de rejeitos do HNMD;
- fabricação de equipamentos;
- controle e estoque de rejeitos; e
- inspeções de pessoas e veículos que saíram de Goiânia com material contaminado.

Colaboraram diretamente em atividades diversas de apoio, transporte, mão de obra e engenharia civil, cerca de 300 pessoas, oriundas das Forças Armadas, Secretarias de Estado de Goiás, Empresas contratadas, Universidade, Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro e voluntários locais.

O apoio de organizações internacionais e países estrangeiros, totalizou 13 peritos, sendo 8 médicos, 4 profissionais de proteção radiológica e um profissional na área de rejeitos. Os peritos estrangeiros voluntários foram 5 médicos (Quadro 5.1).

Colaboraram em diferentes atividades peritos brasileiros, oriundos de Universidades, Institutos de Pesquisa e Secretarias de Estado.

5.1 - EQUIPES TÉCNICAS

O acidente radioativo mobilizou equipes técnicas oriundas das cidades do Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte (CDTN), Resende (NUCLEI) e Goiânia.

No Rio de Janeiro, foram utilizados técnicos e laboratórios da CNEN/Sede, IEN, IRD, para acompanhamento dos pacientes e análise de amostras, controle de dose ocupacional, monitoração, tratamento e transporte de rejeitos provenientes do HNMD, radioproteção no HNMD, fornecimento e manutenção de equipamentos, gerenciamento, além do apoio administrativo, em especial comunicação, transporte e compras.

Em São Paulo, foram desenvolvidas outras atividades que se relacionaram com transporte e alocação de rejeitos, dosimetria de pessoal e inspeções de busca em materiais contaminados.

Na cidade de Goiânia, as equipes técnicas foram organizadas, variando o perfil profissional de seus integrantes conforme a natureza das tarefas. Estas tarefas foram realizadas em 2 fases:

- 1.^a fase - Triagem e atendimento médico-ambulatorial das vítimas;

- localização e controle das áreas contaminadas;
- controle da situação.

2ª fase - Planejamento das atividades de descontaminação;

- descontaminação dos focos principais;
- descontaminação dos focos secundários; e
- restabelecimento da normalidade.

1. FASE INICIAL

Logo após o reconhecimento da situação de emergência, com isolamento, triagem e monitoração das pessoas no Estádio Olímpico, foram constituídas 4 equipes com 21 técnicos que, posteriormente, se desmembraram em 8 equipes e envolveram 47 técnicos, cujas atividades básicas foram:

- Localizar locais e pessoas expostas ou contaminadas, por meio de investigações e denúncias;
- realizar o levantamento aeroradiométrico;
- monitorar, cadastrar e controlar as áreas contaminadas;
- monitorar o ambiente; e
- alocar e preparar o depósito transitório de rejeitos.

2. FASE COMPLEMENTAR

Foram iniciadas as atividades para descontaminação dos focos principais e secundários, uma vez que as vítimas já estavam sob o tratamento médico-hospitalar. Inicialmente, cerca de 150 técnicos e mais tarde cerca de outros 250 técnicos trabalharam organizado em equipes 12 horas por dia. A denominação era associada ao local de atuação ou ao tipo de tarefa a ser cumprida. Cada equipe tinha um coordenador e um substituto e atuava simultânea e coordenadamente com as demais.

As equipes técnicas que atuaram nesta fase receberam as denominações:

- a) Ferro Velho I;
- b) Ferro Velho II;
- c) Ferro Velho III;
- d) COPEL;
- e) Residências;
- f) Denúncias e Busca;

- g) Depósito Provisório de Rejeitos;
- h) Descontaminação;
- i) Controle e monitoração Ambiental;
- j) Perfilagem de Solo;
- l) Amostragem de Ar;
- m) Radioproteção em Hospitais;
- n) Equipe Médica;
- o) Calibração e Manutenção dos Instrumentos;
- p) Radioproteção (geral);
- q) Controle de Dose dos Técnicos e Trabalhadores; e
- r) Inventário da Fonte.

As Instituições, com seus respectivos números de técnicos e atividades, encontram-se mencionadas nos quadros 5.2 e 5.3.

A eficácia da operação de remoção de solo, objetos e casas contaminadas e entulhos foi avaliada pelos parâmetros: tempo de operação; quantidade de rejeito; exposição ocupacional; e radioatividade residual.

Com a maioria dos focos secundários descontaminados, a normalidade foi restabelecida com a volta dos moradores às respectivas residências, e as pessoas aos seus locais de trabalho.

5.2 - COOPERAÇÃO TÉCNICA

Durante todo o período de atividades em Goiânia, a CNEN manteve estreita cooperação técnica com organizações e peritos internacionais, estrangeiros, nacionais e locais. Os nomes dos peritos convidados pela CNEN, bem como os voluntários e respectivas informações pessoais estão referidas no Quadro 5.1.

Vários peritos brasileiros participaram das atividades, na qualidade de convidados ou membros observadores de instituições e organizações.

A nível local, a CNEN trabalhou em estreita colaboração com profissionais pertencentes a diversas Secretarias do Governo do Estado de Goiás, a CRISA, a SEMAGO, a OSEGO, a Universidade Federal de Goiás.

Quadro 5.1 - Relação dos Peritos Estrangeiros

NOME	PAIS DE ORIGEM	TIPO DE COLABORAÇÃO	DATA CHEGADA	ESPECIALIDADE	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM	ÁREA DE ATUAÇÃO	DATA DA PARTIDA
J. GIMENEZ.	ARGENTINA	BILATERAL	05.01.87	MEDICINA	COMISSÃO NACIONAL ENERGIA ATÔMICA DA REP. ARGENTINA	HNMD, GOIANIA	20.10.87
E. PALACIOS	ARGENTINA	BILATERAL	06.10.87	RADIOPROTEÇÃO/REJEITOS	COMISSÃO NACIONAL ENERGIA ATÔMICA DA REP. ARGENTINA	GOIÂNIA	13.10.87
G. DREXLER	RFA	BILATERAL	06.10.87	RADIOPROTEÇÃO	INSTITUT FUR STRAHLENSCHUTZ MUNCHEN	CNEN/SEDE, GOIÂNIA	19.10.87
G. HANSON	WHO	WHO	06.10.87	RADIOPROTEÇÃO	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE/GENEBRA	CNEN/SEDE, HNMD GOIÂNIA (8 OCT)	09.10.87
R. RICKS	USA	IAEA	07.10.87	RADIOPROTEÇÃO	RADIATION EMERGENCY ASSISTANCE OAK RIDGE	HNMD	13.10.87
G.D. SELIDOVKIN	URSS	BILATERAL	07.10.87	MEDICINA	HOSPITAL CENTRAL Nº 6 DE MOSCOU	HNMD, GOIÂNIA	24.11.87
C. LUSHBAUG	USA	IAEA	08.10.87	MEDICINA	RADIATION EMERGENCY ASSISTANCE OAK RIDGE	HNMD	13.10.87
R. GALE	USA	VOLUNTÁRIA	16.10.87	MEDICINA	UNIV. CALIFORNIA	HNMD	27.10.87
M. OBERHOFER	RFA	IAEA	21.10.87	RADIOPROTEÇÃO	CENTRO DE PESQUISA EM ISRA	GOIÂNIA 22-26 OCT	28.10.87
A. BUTTORINI	USA	VOLUNTÁRIA	22.10.87	MEDICINA	UNIV. CALIFORNIA	HNMD	10.11.87
ERWIN HIRSCH	USA	VOLUNTÁRIA	09.12.87	MEDICINA	BOSTON	GOIÂNIA	13.12.87
MICHIO HIROFUJI	JAPÃO	VOLUNTÁRIA	09.12.87	MEDICINA	INST. OF THERAPEUTICALLY DIFFICULT DISEASE	GOIÂNIA	30.12.87
ETSUKO KOGURE	JAPÃO	VOLUNTÁRIA	09.12.87	MEDICINA	INST. OF NEGATIVE ION RESEARCH	GOIÂNIA	30.12.87

Quadro 5.2 - Equipes da CNEN que participaram das operações de Goiânia.

ATIVIDADE PRINCIPAL	SEDE	IPEN	IRD	IEN	TOTAL
Proteção Radiológica	11	33	55	11	110
Rejeitos/Transporte	8	10	-	-	18
Monitoração Ambiental	-	3	13	-	16
Manutenção e Apoio	3	1	14	7	25
Biomédica	-	7	1	1	9
Coordenação	16	-	1	-	17
Administração	18	-	7	2	27
Descontaminação	-	3	13	-	16
TOTAIS	68	57	98	21	244

Quadro 5.3 - Equipes de outras instituições que participaram das operações de Goiânia.

INSTITUIÇÃO DE ORIGEM	NÚMERO DE TÉCNICOS
FURNAS	26
CDTN	21
NUCLEBRÁS	4
NUCLEI	5
EsIE	63
MINISTÉRIO DA MARINHA	3
TOTAL	125

CAPITULO 6

EQUIPAMENTOS

6.1 - TIPOS E FINALIDADES

Os equipamentos utilizados na Cidade de Goiânia foram de quatro tipos:

- radioproteção;
- mecânicos;
- informática; e
- comunicação.

Os aparelhos utilizados para medidas, rastreamento, análises de amostras ambientais, verificação da contaminação das pessoas e de locais estão listados segundo sua finalidade no Quadro 6.1. Os equipamentos mecânicos utilizados nas operações de descontaminação estão listados no Quadro 6.2. Os de informática foram constituídos principalmente por microcomputadores, sistemas de controle remoto e calculadoras programáveis. Para comunicação entre equipes, foram utilizados telex, rádios transmissores-receptores portáteis, linhas telefônicas direta e outra para teleprocessamento. Para o levantamento aeroradiométrico foram utilizados 3 espectrômetros com discriminador para césio, instalados em um helicóptero. Também foram instaladas três máquinas de lavar domésticas, e uma outra industrial de grande porte.

6.2 - CONTROLE DE QUALIDADE E RECOMENDAÇÕES DE USO

Os equipamentos utilizados no atendimento e emergência, em Goiânia, foram submetidos a testes de controle de qualidade, à verificação de seu bom desempenho e à manutenção.

O programa de controle de qualidade compreendeu vários procedimentos de medidas conforme o tipo de equipamento e finalidade de uso. Assim, foram adotados os seguintes procedimentos:

a) Detetores de campo e monitores de radiação:

- aferição freqüente com fonte calibrada de césio-137; e
- intercomparação, em campo, das leituras dos aparelhos com um detetor de referência, calibrado no Laboratório de Padronização Secundária da CNEN;

b) Detetores para medidas de contaminação superficial:

- aferição com fontes planares de $100 \times 100 \text{ mm}^2$ com atividades específicas de 0,1, 0,2 e 0,4 nCi/cm²; e
- intercomparação em campo e através de sua resposta com um pulsador de precisão;

c) Canetas dosimétricas:

- verificação diária de seu desempenho;
- comparação de suas leituras, após serem colocadas num irradiador apropriado; e
- controle de fuga.

Devido à multiplicidade de tipos de equipamento, diversidade de fabricantes e rotatividade de usuário, foram feitas recomendações para o uso adequado de cada aparelho. Tais recomendações levaram em conta: noções de distância; dependência energética e direcional; tipos de radiação que poderiam detetar; tempo de resposta; fator de calibração e condições de uso.

6.3 - AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS E TESTES

Os resultados das medidas tiveram a sua exatidão controlada, utilizando a técnica da repetição, da consistência com o campo de radiação e a comparação com medidas realizadas por outros aparelhos rastreados ao padrão nacional.

Foram feitos testes para a utilização de um robô e de uma retroescavadeira com controle remoto, que não chegaram a entrar em operação.

QUADRO 6.1 - EQUIPAMENTOS DE MONITORAÇÃO DE RADIAÇÃO, DOSÍMETROS E DE APOIO.

ORDEM	TIPO DE EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
01	Amostrador de ar	5
02	Canetas dosimétricas 0-200 mR	268
03	Canetas dosimétricas 0-500 mR	125
04	Canetas dosimétricas 0-5 R	52
05	Carregador e leitor de canetas dosimétricas	15
06	Irradiador de canetas dosimétricas	1
07	Detetores à cintilação para espectrometria	2
08	Dosímetro pessoal com alarme	5
09	Monitor com indicador sonoro de radiação	5
10	Dosímetro pessoal com alarme integrador	4
11	Medidor de taxa de contagem	2
12	Medidor de taxa de dose	45
13	Monitor de radiação tipo Telector	11
14	Monitor de superfície	20
15	Monitor tipo portal	1
16	Detetor de NaI com foco e colimador	1
17	Cintilômetros para rastreamento	11
18	Detetor de corpo inteiro 8"x4"	1
19	Contador de pulsos	3
20	Analisador monocanal	2
21	Analisador monocanal e contador	2
22	Analisador multicanal	2
23	Analisador de forma de pulsos	1
24	Fonte de alimentação de instrumentação nuclear	6
25	Fonte de alimentação	2
26	Fonte de alta tensão	7
27	Filtro de alta tensão	1
28	Amplificador de pulsos	7
29	Analisador de aerossóis	1
30	Amplificador atrasador de pulso	1
31	Preamplificadores para fotomultiplicadores	5

QUADRO 6.1 - "CONCLUSÃO"

ORDEM	TIPO DE EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
32	Estabilizador de tensão	1
33	Base para fotomultiplicadoras	2
34	Porta linear	1
35	Simulador de pulsos nucleares	1
36	Osciloscópio	1
37	Multímetro	1
38	Pulsador de precisão	1
39	Fontes planares padrões 10 x 10 cm ²	3
40	Fontes calibradas de césio-137	2
41	Gerador de pulsos	1
42	Castelo de chumbo	1
43	Agitador de solução	1
44	Extensão com 4 tomadas	1
TOTAL		631

QUADRO 6.2 - LISTA DOS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS E DE APOIO.

ORDEM	TIPO DE EQUIPAMENTO	QUANTIDADE
01	Guindaste marca Bantan mod-628 - 18 ton	2
02	Guindaste marca Galion mod-M150 - 15 ton	1
03	Retroescavadeira marca Massey-Perkins	3
04	Motoniveladora marca Michigan	1
05	Empilhadeira marca Hyster - Tipo Plataforma	6
06	Empilhadeira marca Hyster p/ fardos	1
07	Trator de esteira	1
08	Pá carregadeira marca Caterpillar	4
09	Empilhadeira marca Clark - 7 t	2
10	Retroescavadeira marca Case	1
11	Pá carregadeira marca Michigan	1
12	Guindaste tipo plataforma	1
13	Escavadeira mod-S90	1
14	Moto-serra	5
15	Aparafusadeira Pneumática	2
16	Aparafusadeira elétrica	1
17	Compressor - cap. 250 ft ³	2
18	Marteletes pneumáticos	2
19	Caminhões Scania mod-111	vários
20	Caminhões Mercedes-Benz - 1113/2013/2213	vários
21	Motoguinchos marca Munck	vários
22	Máquina de lavar roupa	4

CAPÍTULO 7

LIMITES E RECOMENDAÇÕES DE RADIOPROTEÇÃO

7.1 - METODOLOGIA DE ISOLAMENTO E LIBERAÇÃO DOS LOCAIS

Segundo a filosofia de proteção radiológica da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) a decisão de estabelecer o nível de ação quando ocorre um acidente radiológico envolve otimização, por análise de custos versus benefícios, contemplando não só os riscos e custos sociais envolvidos na medida corretiva, mas também requer justificar tal medida através da redução do risco dela resultante.

Algumas medidas corretivas são progressivas e, portanto, podem ser aplicadas de forma a reduzir sistematicamente os riscos envolvidos. O processo de decisão para limitar as ações corretivas, deve necessariamente considerar os riscos humanos e materiais otimizando os procedimentos de proteção radiológica. Isto significa que deve ser estabelecido um nível de dose (necessariamente inferior ao limite anual) com custo mínimo, em termos de recursos humanos e materiais.

Assim, limites são valores que não devem ser ultrapassados. Na Tabela 7.1 estão listados os limites anuais de dose para pessoas ocupacionalmente expostas e público em geral.

TABELA 7-1

TIPO DE LIMITE	OCUPACIONAL	PÚBLICO
Equivalente efetivo de dose (limite estocástico)	0,05 Sv/ano	0,005 Sv/ano
Equivalente de dose para tecido (limite não estocástico)		
- lente dos olhos	0.15 Sv/ano	0,015 Sv/ano
- pele e outros tecidos	0,5 Sv/ano	0,05 Sv/ano
Equivalente de dose para útero (mulheres com capacidade reprodutiva)	0,005 Sv/ano (nos 19^o e 29 meses)	

A partir desses limites, são obtidos limites secundários e derivados que garantam, na execução das atividades rotineiras, a observância dos limites primários.

É importante salientar a distinção entre limite e níveis de referência. O nível de referência é usado não como limite mas sim para determinar que tipo de ação deve ser tomada quando o valor da exposição ou dose ultrapassa um certo valor.

A ação pode variar desde uma simples anotação da informação (nível de registro), passando por uma investigação sobre as causas e conseqüências (nível de investigação) até chegar a medidas de intervenção (nível de intervenção).

A publicação 26 de 1977, ICRP, esclarece que não é possível recomendar níveis de intervenção apropriados em todas as circunstâncias. Isto deve ser definido na avaliação da situação, em função da análise custo-benefício.

No atendimento ao acidente de Goiânia os níveis de referência adotados para o público estão esquematizados na Figura 7.1.

7.3 - EXPOSIÇÕES ANORMAIS EM EMERGÊNCIAS OU ACIDENTES

Límites de dose geralmente não podem ser especificadas para exposições acidentais. Quando estas ocorrem, providências são definidas para limitar doses subsequentes. Em tais casos, a ação para remediar ou controlar a situação deve ser justificada pela redução do risco.

Para situações de emergência, existem limites e procedimentos internacionalmente recomendados. Utilizando tais recomendações e avaliando a situação de Goiânia, foram definidos, para as equipes diretamente envolvidas, os seguintes limites derivados de exposição à radiação.

Os procedimentos adotados internacionalmente em emergência, foram utilizados. Para as equipes diretamente envolvidas foram seguidos os seguintes limites derivados de exposição:

- limite diário - 1,5 mSv;
- limite semanal - 5,0 mSv;
- limite mensal - 10,0 mSv; e
- limite trimestral - 30,0 mSv;

É importante observar que os níveis de referência não devem substituir a otimização da proteção radiológica, mas apenas suplementá-la, tornando-a mais prática.

Uma constante preocupação, durante as atividades de socorro e descontaminação em Goiânia, foi o cuidado de não expor mais pessoas, além das vítimas do acidente.

Assim, nas residências e logradouros vizinhos aos focos principais, a referência constante aos limites máximos permissíveis de exposição à radiação, contidas em normas e recomendações nacionais e internacionais de proteção radiológica, norteou todas as ações, planejamento e atividades de controle.

Foram sempre controlado o tempo de permanência de técnicos nas áreas de operação, a ocupação ou não pelos moradores de suas residências e a circulação de pessoas nas circunvizinhanças, quer por recomendações, ou por restrições sobre a área, local ou pessoas.

Das 720 pessoas que participaram das operações para o controle e descontaminação em Goiânia, 81,2% receberam doses equivalentes menores que 0,2 mSv.

O número de pessoas expostas, por intervalo de dose, durante o período de 30/10 a 21/12/87, está relacionado na Tabela 7.2.

TABELA 7.2 - EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AVALIADA COM FILME DOSIMÉTRICO.

Intervalo (mSv)	nº de pessoas expostas	Frequência (%)
0 - 1,00	525	72,92
1,01 - 2,00	60	8,33
2,01 - 4,00	54	7,50
4,01 - 6,00	34	4,72
6,01 - 8,00	15	2,08
8,01 - 10,00	15	2,08
10,00	17	2,37
	720	100,00

Os técnicos que mais tempo permaneceram em Goiânia, ou que participaram da descontaminação dos focos principais, foram controlados no contador de corpo inteiro do IKD, para verificar possível contaminação interna. De 173 pessoas examinadas, somente 32 (18,5%) apresentavam atividade incorporada acima do limite de detecção. O valor máximo verificado foi correspondente a um valor desprezível de dose comprometida de 0,3 mSv (em 50 anos).

CONCLUSÃO

Os trabalhos de descontaminação realizados em Goiânia foram conduzidos com o propósito de reduzir os níveis de radiação, inicialmente encontrados, a valores de mesma magnitude que os encontrados em ambientes naturais.

A rigor, os trabalhos de descontaminação estão concluídos. Os principais fatos de contaminação foram todos removidos. O tempo envolvido neste processo dependeu do grau de contaminação e da complexidade das operações. Em particular foi considerada a redução de riscos adicionais para a população e para os técnicos que participaram dos trabalhos.

As taxas de exposição, medidas após a operação de descontaminação, são inferiores por exemplo as de Guarapari ou de Poços de Caldas.

O rastreamento radiométrico realizado de maneira sistemática, usando cintilômetros instalados em viatura especialmente projetada para tal fim, e a monitoração local permitem assegurar que as áreas anteriormente interditadas podem ser habitadas normalmente.

ABREVIATURAS E SIGLAS

- 01) AIEA - Agência Internacional de Energia Atômica, (Viena).
- 02) CDTN - Centro de Desenvolvimento e Tecnologia Nuclear, (MG).
- 03) CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, (SP).
- 04) CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear.
- 05) COPEL - Cooperativa de Papel, (Goiás).
- 06) CRISA - Consórcio Rodoviário Intermunicipal S/A, (Goiás).
- 07) DFMR - Diretoria de Fiscalização de Material Radioativo, (CNEN).
- 08) DIN - Departamento de Instalações Nucleares, (CNEN).
- 09) DVS - Divisão de Vigilância Sanitária, (Goiânia).
- 10) EsIE - Escola de Instrução Especializada, (Ministério do Exército).
- 11) ETAG - Empresa de Tratamento de Águas de Goiás.
- 12) FAB - Força Aérea Brasileira.
- 13) FEBEM - Fundação Estadual do Bem Estar do Menor.
- 14) FURNAS - Furnas Centrais Elétricas S/A.
- 15) HDT - Hospital de Doenças Tropicais, (Goiânia).
- 16) HGG - Hospital Geral de Goiânia, (INAMPS).
- 17) HNMD - Hospital Naval Marcílio Dias, (RJ).
- 18) IEN - Instituto de Engenharia Nuclear, (RJ).
- 19) ICRP - "International Commission on Radiation Protection".
- 20) IGR - Instituto Goiano de Radioterapia.
- 21) IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, (SP).
- 22) IRD - Instituto de Radioproteção e Dosimetria, (RJ).
- 23) NUCLEBRÁS - Empresas Nucleares Brasileiras S/A.
- 24) NUCLEI - Nuclebrás Enriquecimento Isotópico.
- 25) OSEGO - Organização de Saúde de Goiás.
- 26) RFA - República Federal da Alemanha.
- 27) SANEAGO - Saneamento de Águas de Goiás.
- 28) SEMAGO - Superintendência Estadual do Meio Ambiente de Goiás.
- 29) SAR - Síndrome Aguda da Radiação.
- 30) TLD - Detetor Termo Luminescente, ("Termoluminescent Detector")
- 31) UFGO - Universidade Federal de Goiás.

- 32) URSS - União das Repúblicas Socialistas Soviéticas.
- 33) USA - Estados Unidos da América do Norte.
- 34) VBA - Blindagem de concreto descartável,
("Verlorenbetonabschirmung").
- 35) WHO - Organização Mundial de Saúde, (Genebra).