

IPEN/GRR–REL– 02/19

CATEGORIA DISTRIB: A

**Caracterização de acidentes radiológicos industriais**

Relatório de Progresso

**Andressa de Jesus Rocha Dias**

**Andreia Vilela do Nascimento**

**Roberto Vicente**

**José Claudio Dellamano**

Fevereiro/2019

Gerência de Rejeitos Radioativos  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
São Paulo

**GRR – Gerência de  
Rejeitos Radioativos**





IPEN/GRR–REL– 02/19

CATEGORIA DISTRIB: A

**Caracterização de acidentes radiológicos industriais.**

**Andressa de Jesus Rocha Dias**

**Andreia Vilela do Nascimento**

**Roberto Vicente**

**José Claudio Dellamano**

Fevereiro/2019

Gerência de Rejeitos Radioativos  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Comissão Nacional de Energia Nuclear  
São Paulo

Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

Presidente: Paulo Roberto Pertusi

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Ipen-Cnen/SP

Superintendente: Wilson Aparecido Parejo Calvo

Gerência de Rejeitos Radioativos - GRR

Gerente: Júlio Takehiro Marumo

A Gerência de Rejeitos Radioativos é o departamento do Ipen-Cnen/SP que tem como Missão promover a gestão segura dos rejeitos radioativos gerados no Brasil, dentro dos princípios éticos de proteção ao homem e ao meio ambiente. O objetivo da gestão dos rejeitos radioativos é assegurar um nível adequado de proteção à população e às gerações futuras e a preservação do meio ambiente, protegendo, além do Homem, as outras espécies e os recursos naturais.

A GRR presta serviços de gestão de rejeitos aos usuários de materiais radioativos das áreas industrial, médica e outras. Desenvolve atividades de pesquisa e desenvolvimento conduzidas no sentido de se aprimorar os métodos, as técnicas e as estratégias de gestão para reduzir os custos e melhorar a segurança no tratamento dos rejeitos. As atividades de P&D estão voltadas para as áreas de caracterização, tratamento e deposição final. Além disso, a GRR participa das atividades de ensino, formação e treinamento nas diversas áreas de aplicação da tecnologia nuclear.

O presente relatório técnico foi preparado para divulgar, da forma mais ampla possível, as informações contidas nos resultados das atividades de pesquisa e desenvolvimento da GRR, para a administração do Estado, para a comunidade acadêmica, e para o público em geral.

Comentários e sugestões sobre este ou outros relatórios da GRR são bem vindos e devem ser dirigidos a

GRR – Ipen-Cnen/SP

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP

Fone: 11 3133-9745

Abril/2016

Página do Ipen-Cnen/SP na Internet: <http://www.ipen.br>

Página da CNEN na Internet: <http://www.cnen.gov.br>

Sugestão de referência deste relatório:

DIAS, Andressa; NASCIMENTO, Andreia; VICENTE, Roberto; DELLAMANO, José Claudio. Caracterização dos acidentes radiológicos industriais. Ipen-Cnen/SP, Fevereiro de 2019. (GRR-REL-02/19)

Palavras chave: radiological accidents, industrial accidents, orphan sources.

NOTA: Nem o Ipen-Cnen/SP nem a GRR dão garantias, expressas ou implícitas, da exatidão, completeza ou utilidade de quaisquer informações, produtos ou processos descritos neste relatório, ou de que seu uso não infrinja direitos privados. A referência neste relatório de qualquer produto comercial, processo ou serviço pelo nome comercial, marca ou fabricante não constitui nem implica necessariamente a recomendação ou favorecimento pelo GRR ou pelo Ipen-Cnen/SP.

As conclusões e pontos de vista apresentados neste relatório são do autor.

Para cópias deste documento, contatar:

Biblioteca Terezine Arantes Ferraz

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP. Fone: 11 3133-9094

[bibl@ipen.br](mailto:bibl@ipen.br)

Para contatos sobre o conteúdo:

Roberto Vicente

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária

CEP 05508-000 – São Paulo, SP. Fone: 11 3133-9758

[rvicente@ipen.br](mailto:rvicente@ipen.br)

---

## **RESUMO**

### **Caracterização de acidentes radiológicos industriais**

O presente trabalho descreve acidentes radiológicos industriais e apresenta dados estatísticos para classificá-los em relação às causas, tipo de equipamento e país de ocorrência. São apresentados em ordem cronológica e são detalhados para fins didáticos nos cursos de formação de técnicos e tecnólogos em radiologia ou para qualquer interessado na área.

## **ABSTRACT**

### **Characterization of industrial radiological accidents**

This study presents a description of accidents in industrial radiology and shows statistics about causes, type of equipment involved and country of occurrence. Accidents are presented in chronological order and are detailed for didactic purposes in radiological technology courses and in technician training, as well as for anyone who might be interested in this issue.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de acidente por continente e país.....	20
Gráfico 2 - Nº de acidentes com seus respectivos nº de vítimas fatais e totais.....	21
Gráfico 3 – Tipos de acidentes.....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Creme Tho-Radia, Creme para pele seca, Base em creme árabe, Pó, Sabão, Removedor de maquiagem, Batom, Pasta de dente.....	10
Figura 2 – Revigator, Estados Unidos .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3 – Gilbert’s Atomic Energy Lab, década de 50.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 4 – Verso da caixa do Atomic Energy Lab .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 5 –Equipamento de gamagrafia.....	15
Figura 6 – Esquematização de uma instalação de irradiador industrial	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

$^{137}\text{Cs}$	Radioisótopo Césio-137
$^{60}\text{Co}$	Radioisótopo Cobalto-60
$^{75}\text{Se}$	Radioisótopo Selênio-75
$^{192}\text{Ir}$	Radioisótopo Irídio-192
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
END	Ensaio não destrutivo
IOE	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
SAR	Síndrome Aguda da Radiação
$^{241}\text{Am}$	Radioisótopo Améicio-241

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
1.1	Considerações gerais .....	6
1.2	Breve história da radiologia .....	8
1.2.1	O fascínio da radioatividade .....	9
1.2.2	Aceitação dos efeitos biológicos .....	13
1.3	Indústria .....	14
1.3.1	Equipamento de gamagrafia .....	15
1.3.2	Irradiadores .....	16
1.3.3	Transporte de materiais radioativos.....	17
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
3.1	Causas .....	22
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>32</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>33</b>
	TABELA 1. ACIDENTES RADIOLÓGICOS INDUSTRIAIS .....	33
	<b>ANEXO.....</b>	<b>43</b>
	DESCRIÇÃO DOS CASOS.....	43
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações gerais

No setor industrial, há um campo grande nas aplicações das radiações ionizantes, sendo a aplicabilidade mais comum o uso dos raios-x e raios gamas como método de ensaios não destrutivos (END), muito utilizados no setor de petróleo e petroquímico, nuclear, alimentícia, farmacêutica, geração de energia para inspeção de soldas e fundidos, e ainda no setor bélico na inspeção de armamentos, explosivos e mísseis (Andreucci, 2014) <sup>[1]</sup>.

Com os avanços nesses setores o uso do END torna-se importantíssimo no controle de qualidade desses campos, já que o objetivo do ensaio é a investigação da condição dos materiais sem destruí-los ou alterá-los em sua composição, detectando então as variações de uma região que apresente uma diferença em espessura ou densidade comparada com uma região vizinha, ou seja, detectar defeitos volumétricos <sup>[1]</sup>.

Outras modalidades, como no setor alimentício, onde o emprego da radiação ionizante provém da radioscopia para assegurar que todos os itens estejam nas embalagens, a contagem correta de todos os itens, assegura o correto volume líquido das bebidas, inspecionar objetos estranhos, assegurar que a folha de alumínio de selagem envolva toda a bandeja de plástico. Ainda no setor alimentício pode ser usado irradiadores para a sua preservação, matando pragas e prolongando a vida útil do alimento. Os irradiadores podem ser usados também para preservação de obras de artes como métodos de eliminação de fungos, e os radioscópicos podem ser usados ainda no setor de papel para verificação da gramatura <sup>[1]</sup>.

Existem ainda outras aplicações, como a de traçadores radioativos na determinação de vazamentos e tempo de trânsito em estações de tratamento de esgotos, barragens, represas, lagoas; detectores de fumaça; irradiação de semicondutores; tratamento de efluentes industriais e lixo hospitalar; modificação de materiais poliméricos, entre outros.

Acidentes radiológicos são caracterizados como eventos com consequências consideradas relevantes do ponto de vista da saúde e da segurança, provenientes de erro humano, erro de operação e/ou falha dos equipamentos (IAEA, 1969) <sup>[2]</sup>. Os acidentes radiológicos podem trazer consequências fatais para as vítimas e comprometimento do meio ambiente, isto claro, dependendo do grau de exposição, dose de radiação dispersa e conduta dos profissionais e setores envolvidos no acidente. Estes componentes caracterizam um

acidente como grave ou não, e conseqüentemente caracterizam a dificuldade na administração dos protocolos necessários para reverter tal evento.

O estudo das causas torna-se relevante para a prevenção, principalmente por indicar um fator geral em comum nos acidentes (SKELET, 2002) <sup>[3]</sup>, fazendo com que os registros nacionais e internacionais com a descrição dos casos, onde a identificação clara e objetiva da causa e as conseqüências sejam de suma importância na prevenção dos mesmos. Até os acidentes com níveis baixos de radiação devem ser relatados e nunca considerados irrelevantes <sup>[2]</sup>.

As vítimas variam entre indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) – trabalhadores, a indivíduos do público. No caso dos acidentes radiológicos industriais, a ocorrência mais preocupante seria a perda de uma fonte radioativa, como o Iridio-192 (<sup>192</sup>Ir). As chances de contaminação devido à fonte órfã são grandes e podem ser catastróficas em um cenário ambiental e de saúde pública.

No Brasil, a autoridade competente na regulamentação do setor da tecnologia nuclear industrial é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que junto a seus institutos espalhados ao redor do país, fiscalizam e normatizam as instalações de energia nuclear.

Já em uma instalação radioativa é de responsabilidade do titular da instalação o cumprimento das normas estabelecidas pela comissão, garantindo a segurança dos trabalhadores e do local <sup>[2]</sup>.

É comum que o titular delegue suas responsabilidades através dos níveis da hierarquia do trabalho, contudo na contratação destes profissionais, a capacitação, por meio de treinamento, deveria ser prioridade para que caso um acidente ocorra o mesmo seja administrado corretamente, seguindo as leis vigentes do país <sup>[2]</sup>.

O presente trabalho busca por meio de informações literárias oficiais, extrair informações suficientes para apresentar as causas e conseqüências de uma amostragem de 232 acidentes no setor industrial, ainda em processo de contabilização. Com essas informações, foram gerados dados estatísticos para que seja possível enxergar suas causas sob uma nova perspectiva, gerando a criação de novos métodos de prevenções. Busca-se ainda, incitar a discussão sobre o tema abrangendo os profissionais diretamente ligados a tecnologia nuclear de maneira a conscientizar e buscar novas ideias sobre o tema abordado.

Existem outros trabalhos com a temática muito parecida, entretanto, não houve uma separação por área destes eventos. Acidentes com irradiadores eram relatados junto a

acidentes nucleares, como o de *Chernobyl*. A usina de Chernobyl, embora possa ser classificada como uma área da indústria, já que fornecia energia elétrica para União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) [4], se comparada com acidentes como irradiadores, acaba por sempre ser mais catastrófico no sentido de dispersão de radiação e número de vítimas. Casos como estes estão mais voltados para o setor de acidente nuclear.

A proposta deste trabalho foi selecionar ocorrências anormais ou que possuam risco real de tornarem-se um acidente catastrófico na área industrial, como é o caso dos acidentes com transporte de material radioativo, frequentemente com irídio e cobalto, onde em suma estão relacionados a roubo de carga.

Embora não tenham sido contabilizados, foram achados registros com roubos de fontes, como plutônio e urânio. Estes roubos, assim como acidentes envolvendo fontes do ciclo de combustível, não foram contabilizados por não serem o foco deste trabalho, e por possuírem consequências maiores e mais graves. Trabalhos com essa temática serão e devem ser abordados em pesquisas futuras.

## 1.2 Breve história da radiologia

A área radiológica e nuclear que conhecemos hoje se dá devido à descoberta pioneira de William Konrad Roentgen, em 1895. Físico alemão, ele acabou por descobrir com seus experimentos de descargas elétricas em gases sob baixa pressão, um tipo de raio capaz de tornar fluorescente ou fosforescente certas substâncias. Devido à natureza desconhecida, ele batizou essa energia de raios-x [5].

Em paralelo, outros pesquisadores também faziam descobertas incríveis sobre outros tipos de radiações. Henri Becquerel descobriu a radioatividade, em 1896, ao estudar a relação dos raios-x e as substâncias fosforescentes. Os raios de Becquerel foram estudados por Kelvin, Beattie, Smoluchwski, Elster, Geitel, Schmidt e o célebre casal Curie. Madame Marie Curie e seu marido, Pierre Curie, foram responsáveis, principalmente, pelas descobertas do material radioativo: polônio (1898). Já madame Curie descobriu, em 1910, o elemento rádio. Os estudos de Marie foram amplamente usados principalmente na área médica como o tratamento para câncer. Por seus trabalhos, o casal recebeu o Prêmio Nobel de Física, em

1902, junto a Henri Becquerel. Com bases nesses estudos sobre radioatividade natural, pôde-se comprovar a existência de três tipos de radiação: raios gama, partículas alfa e beta [5].

### 1.2.1 O fascínio da radioatividade

Com a divulgação dos estudos de Roentgen e do casal Curie, a radioatividade virou fascínio público. Andando em uma rua, uma pessoa normal, poderia fazer uma radiografia de seu corpo tranquilamente. Os raios-x foram amplamente utilizados por sapateiros e dentistas.

Naquela época, ainda não haviam sido estabelecidas diretrizes sobre seu uso ou sobre habilitações profissionais.

Já os materiais radioativos, foram utilizados em grande escala pela indústria, na confecção de cosméticos prometendo juventude e em elixires com a promessa de uma saúde perfeita, por exemplo.

Na década de 30, na França, foi lançado uma marca cosmética com os radioisótopos rádio e tório em sua composição (FIGURA 1). A radioatividade de *Tho-Radia* era fornecida por 0,5g de cloreto de tório e 0,25mg de brometo de rádio para cada 100g de creme, e era anunciado como uma criação do Dr. Alfred Curie, que nada tinha a ver com o casal Curie e que provavelmente nunca existiu [6].

Já no ano de 1912, os Estados Unidos, começou a comercialização de um dos mais bem-sucedidos sistemas para radiar a água, o *The Revigator* (FIGURA 2); feito com uma jarra de cerâmica comum a época. No folheto trazia informações como: “Os resultados superam as dúvidas.” “Os milhões de raios penetram a água para formar esse saudável elemento que é a radioatividade. No dia seguinte, toda a família dispõe de 6 litros da autêntica e saudável água radioativa” [7].

Durante as décadas de 40 e 50 as crianças eram incentivadas a aprenderem sobre a energia atômica. Com isso em mente, muitos fabricantes de brinquedos se aproveitaram do tema para a comercialização de seus produtos. Alguns apenas usavam o nome como marketing, outros, no entanto, utilizam materiais radioativos autênticos com a intenção de criar autenticidade na hora da brincadeira e aprendizado. Foi o caso do fabricante de brinquedos Gilbert Toys, com sua réplica de laboratório nuclear o “Atomic Energy Lab” (FIGURA 3 e 4) [8].

O brinquedo vinha com pequenas amostras de minério com radiação alfa, beta e gama, como o Urânio-238; um Geiger Müller, um mini detector chamado de câmara de Wilson ou câmara de nuvens, um eletroscópio, um espintariscópio, e um livro em quadrinho educativo chamado “Learn How Dagwood Splits the Atom! ” [8].

As crianças conseguiam aprender e brincar produzindo uma energia atômica “limpa e segura”. O governo ainda disponibilizou junto ao brinquedo um manual que ajudava as crianças a acharem novas fontes de urânio e a trocarem com o governo americano por \$10.000,00. O brinquedo foi comercializado durante dois anos (1951-1952) por \$50 [8].

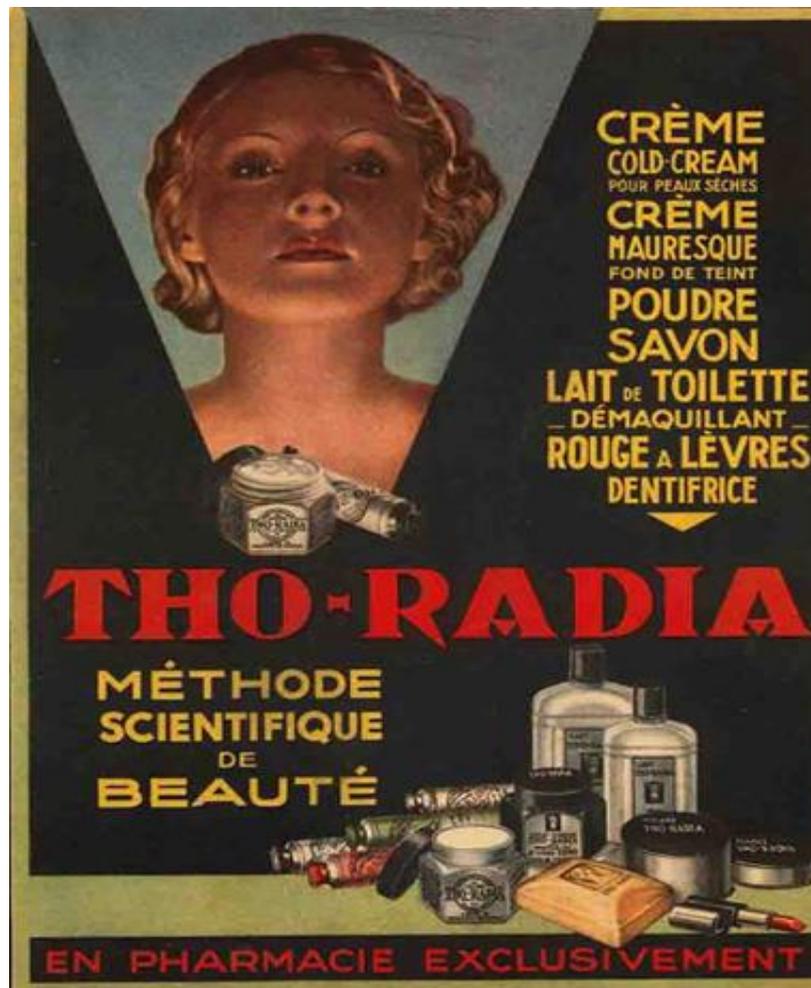


Figura 1: Creme Tho-Radia, Creme para pele seca, Base em creme árabe, Pó, Sabão, Removedor de maquiagem, Batom, Pasta de dente.

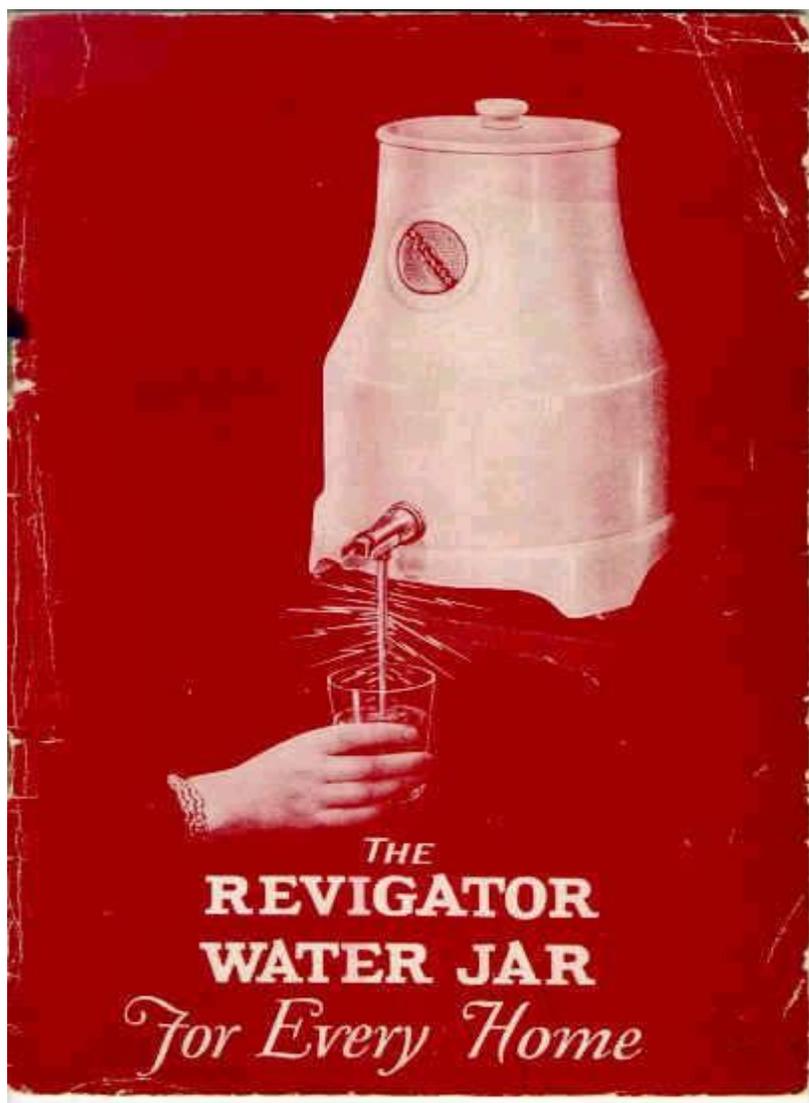


Figura 1 – Revigator, Estados Unidos



Figura 2– Gilbert's Atomic Energy Lab, década de 50.

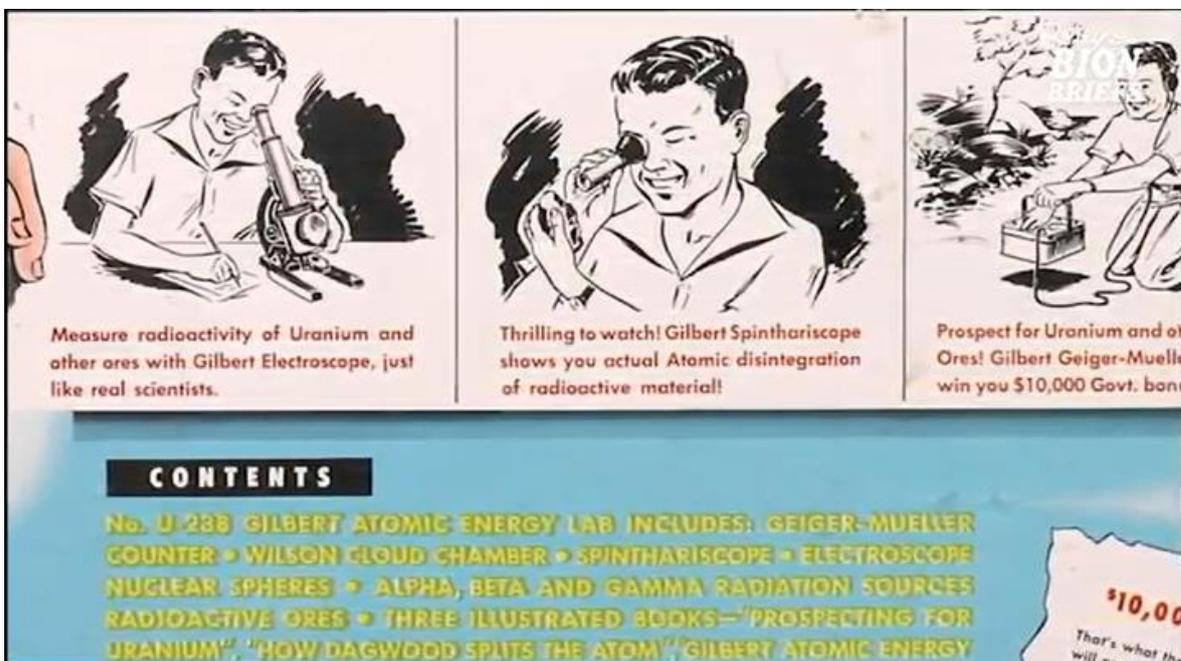


Figura 3 – Verso da caixa do Atomic Energy Lab

### 1.2.2 Aceitação dos efeitos biológicos

Com a popularidade da radiação e o comércio rentável que esta proporcionava, a possibilidade de a mesma trazer malefícios aos usuários era impensável.

Marie Curie morreu de câncer aos 30 anos após dar início a suas pesquisas, assim como outros pesquisadores que tiveram efeitos biológicos mais nítidos como, queimaduras e úlceras. Os efeitos nocivos da radiação eram mais perceptivos nos estudiosos. Clarence Dally foi a primeira fatalidade associada à radiação (raios-x). O assistente de Thomas A. Edson, estudou os raios-x durante oito anos e morreu, em 1904, com 34 anos por um carcinoma metastático [8].

Contudo, antes de Dally, outros efeitos biológicos foram percebidos, entretanto, devido ao frenesi da nova descoberta, estes eram ignorados ou não associados à radiação, como é o caso de William Levy em 1896. William, vítima da violência, levou um tiro durante um assalto ao banco, em 1886. Decidido, ele procurou o Professor Jones para fazer uma radiografia e retirar a bala de sua cabeça. Depois de 2 horas de exposição foram notados efeitos biológicos dias depois, como: dor de cabeça, feridas e sangramento nos lábios, inchaço na orelha direita, e a parte direita de sua cabeça se desfez. Contudo, Jones concluiu que felizmente foi possível a visualização da bala na cabeça de Levy.

Mais estudiosos morreram ao longo dos anos devido à falta de proteção radiológica nas práticas exercidas; os “mártires da radiologia”, como ficaram conhecidos na época: Elizabeth F. Ascheim (1859-1905, San Francisco) pioneira na área de raios-x, foi responsável por introduzir medidas de segurança para os operadores de máquinas de raios-x, em 1904. Houve outras mortes, como: Wolfram C. Fuchs (1865-1907) o primeiro a fazer uma radiografia de um tumor no crânio, Dr. William Carl Egelhoff (1872-1907), e Dr. Walter James Dodd (1872-1916), entre outros. Walter talvez tenha sido a vítima que mais tenha sofrido, ele foi operado 32 vezes antes de morrer de carcinoma pulmonar metastático [8].

Deve-se entender que nos primórdios da radiologia não existia nenhum tipo de controle ou proteção radiológico. A calibração dos raios-x, por exemplo, era feita baseada na quantidade de pele avermelhada produzida quando um operador de raios-x colocava sua mão diretamente na saída da radiação.

Somente em 1924, época que coincide com o escândalo do caso de envenenamento por Rádio-226 das trabalhadoras de uma fábrica de relógio, nos Estados Unidos (ANEXO 1:

*versão em português; ANEXO 2: versão em inglês*) é que Arthur Mutscheller recomendou, pela primeira vez na área acadêmica, uma linha de dose com tolerância. Ele estimou que os trabalhadores que recebiam uma dose estimada de 60 rem (600 mSv) por mês não apresentavam lesões decorrentes da radiação. Ele concluiu que embora fosse uma dose segura, o melhor era usar um fator de proteção de dez e recomendou uma dose limite de 70 rem (700 mSv) por ano. A dose limite foi considerada “uma dose de radiação a qual o corpo pode conter-se sem prejuízo de efeitos nocivos”<sup>[9]</sup>. A recomendação foi publicada em um artigo em 1925, chamado “Physical Standards of Protection Against Roentgen Ray Dangers.”<sup>[9]</sup>.

A dose limite de uma exposição a fontes radioativas (radioisótopos) foi discutida em 1941, comparando com o limite de dose de um rádio que uma pessoa consegue tolerar no corpo. O uso do elemento rádio foi escolhido devido seu longo tempo de meia vida e por se tratar de um elemento que fica retido no corpo, principalmente nos ossos<sup>[9]</sup>.

Em 1950, foram feitas reduções nas doses padronizadas, com base no ocorrido no Japão e as duas armas nucleares. Em 1957, a ICRP recomendou uma dose limite anual de 5 rem por ano. Já em 1961, foi notado o risco que doses baixas podiam provocar no corpo; câncer. O estudo feito com os sobreviventes do Japão mostrou um aumento no número de taxas de câncer na população afetada, colocando em foco a possibilidade de que mesmo doses baixas de exposição à radiação podem desenvolver cânceres no corpo<sup>[9]</sup>.

Com isto, uma filosofia de cultura de segurança surgiu e é defendida até hoje com os princípios de proteção radiológicos estabelecidos pela ICRP.

### **1.3 Indústria**

Para a melhor compreensão das causas de falha mecânica dos eventos que ocorreram ao longo dos anos, primeiramente, é necessário compreender o funcionamento correto dos sistemas. Este tópico visa uma revisão sobre equipamentos de gamagrafia e irradiadores apontando os locais mais suscetíveis a dano; revisa ainda, protocolos de segurança na área de transporte recomendadas pela CNEN, pela norma 5.01<sup>[10]</sup>.

### 1.3.1 Equipamento de gamagrafia

O equipamento de gamagrafia (Figura 5) utiliza-se de um isótopo radioativo como, Cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), Césio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), Selênio-75 ( $^{75}\text{Se}$ ) e Irídio-192 ( $^{192}\text{Ir}$ ) para radiografar soldas, fissuras e deformações no objeto a ser estudado. O  $^{192}\text{Ir}$  é o isótopo mais utilizado devido ao seu custo-benefício, e por isto, é o isótopo mais envolvido nos acidentes com gamagrafia [11].

Os irradiadores podem ser portáteis, móveis ou fixos. Podendo ainda, serem direcionais, onde a irradiação é feita abrindo um obturador ou movendo a fonte dentro do irradiador (Categoria I), ou, irradiadores panorâmicos onde a fonte é removida da blindagem por meio de um tubo guia (Categoria II). Em geral a atividade da fonte varia de 0,74 a 1,85 TBq ou 20 a 50 Ci nos irradiadores de categoria II [11].

Há ainda, equipamentos que auxiliam no procedimento de gamagrafia, são eles: monitor de alarme – monitora a radiação emitida durante o processo, Detector de Geiger Muller – certifica o retorno da fonte para a posição de blindagem, e os equipamentos de emergência (calhas, placas, container de chumbo e pinça) – utilizados caso a fonte fique fora de controle. [12].

Os acidentes classificados como falha técnica tem como principal defeito o dispositivo que move a fonte dentro do irradiador, no caso de categoria I ou problemas com o tubo guia, categoria II.

Figura 4 –Equipamento de gamagrafia



### 1.3.2 Irradiadores

Os irradiadores industriais são muito utilizados para esterilização de suprimentos médicos, e irradiação de comida e obras de artes com intuito de prolongar a vida útil desses produtos [11].

Estes equipamentos usam como fonte o material radioativo  $^{60}\text{Co}$  em grande quantidade, sendo sua atividade total de  $3,7^{16}$  Bq. Essas fontes são encontradas dentro de cilindros metálicos, “encapsulados em varetas de aço inox, dispostas verticalmente numa armação retangular, semelhante a um secador de roupa”. (TAUHATA, L *et al*, 2015) [11].

A instalação de um irradiador (Figura 6) possui um sistema de transporte por correia, chamado de esteira, que move as caixas, containers ou caixotes do lado externo para o interno, onde será exposta a fonte. Essa esteira rola em uma velocidade pré-determinada e cada caixa passa duas vezes diante a fonte, expondo os dois lados do produto. Um sistema eletromecânico suspende a fonte do fundo da piscina com água pura até a posição de operação. Quando a máquina não está operando a fonte deve permanecer no fundo da mesma como modo de proteção a radiação. A máquina contém ainda, um conjunto de sistema de segurança constituído por uma espessa blindagem de concreto que a envolve, fazendo com que seja proibida a entrada de qualquer indivíduo na sala de irradiação. As doses de um irradiador variam de 0,2 kGy a 25 kGy [11].

Acidentes neste setor tem como causa principal mau funcionamento da esteira onde a caixa fica presa, fazendo com que a esteira deixe de operar, em outros casos, o problema encontra-se na alavanca que suspende a fonte. Depois de alavancada a fonte, o sistema, por mau funcionamento, não a recolhe para dentro da piscina.

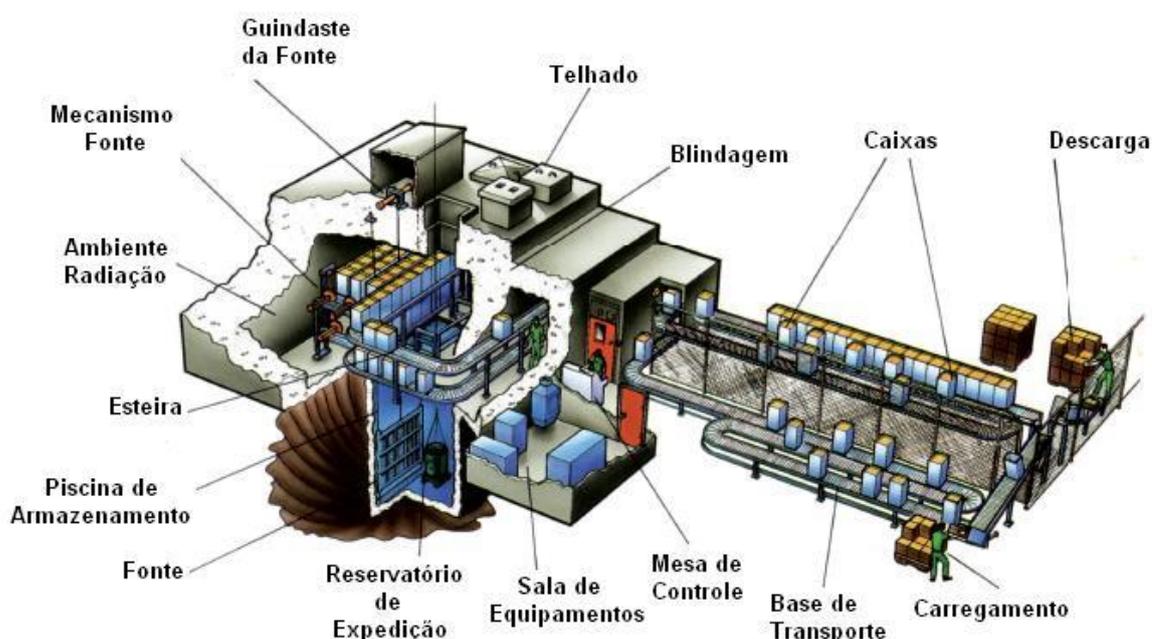


Figura 5 – Esquematização de uma instalação de irradiador industrial

### 1.3.3 Transporte de materiais radioativos

Segundo a CNEN-NN-5.01 <sup>[10]</sup>, este transporte pode ser por terra, ar ou água. Acidentes neste setor caracterizam-se como um “evento inesperado durante um transporte de cargas, envolvendo dano a pessoas, bens, meio ambiente, meios de transporte ou cargas.”.

No transporte da fonte radioativa existem protocolos a serem seguidos referentes ao tipo de embalado, tanques ou container. As fontes transportadas devem possuir atividade específica superior a 70 KBq/Kg e precisam respeitar um limite de radiação que cada embalado permiti ter, além de: respeitar o limite de conteúdo radioativo, número específico de embalados permitidos em um container, sistema de contenção, entre outros critérios que devem ser assegurados durante a garantia de qualidade.

É de responsabilidade do expedidor assegurar a colocação de placas de aviso rotulagem e marcação do embalado; fornecer informações, documentos e instruções ao transportador pertinentes a operação; entre outros. Já o transportador, tem o dever de relatar a equipe envolvida no transporte sobre o itinerário a ser seguido, instruções sobre estacionamento e paradas noturnas e as providencias a serem tomadas em caso de uma situação de emergência.

No setor de transporte, casos envolvendo embalados são comuns, contudo, em sua maioria são detidos antes mesmo de serem despachados. Durante a pesquisa bibliográfica foram encontrados casos envolvendo embalados, mas como não ser relatado consequências e por serem de caráter rotineiro a notificação dessas ocorrências, estes casos não foram incluídos na catalogação do estudo. Apenas foram selecionados acidentes com roubo de carga para, quem sabe, chamar a atenção para um evento que, por falta de conhecimento por parte das pessoas que cometeram o ato, possam desencadear um acidente grave com fonte órfã. Todavia, não se deve descartar a possibilidade de o roubo ter sido algo premeditado, sabendo-se dos riscos da carga, o que levanta a questão: “Por que estariam roubando fontes radiativas?”.

Esta questão deve ser averiguada pelos órgãos competentes, assim como discutidos em congressos e assembleias nacionais e internacionais. Não podendo esquecer que, não é só porque uma fonte foi roubada em um país como, Brasil, por exemplo, ela não irá aparecer como uma fonte órfã em outro país como, Estados Unidos. “A radiação não respeita fronteiras.” (LEITE).

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

A realização da catalogação da amostragem, dos 232 acidentes radiológicos, foi feita por uma análise no banco de dados da IAEA e UNSCEAR, além de uma varredura em publicações técnico-científicas na web e no catálogo coletivo de bibliotecas do IPEN; constituindo a primeira fase de análise literária. Para a pesquisa na web foram utilizadas palavras-chaves em inglês, como: ‘radiological accidents; industrial accidents; radiation accidents; exposure to source; lost source; gammagraphy source’.

Os dados foram inseridos num arquivo Word com a descrição individual de cada caso, junto às suas referências, localização, data e consequências (ANEXO). Paralelo a este arquivo, foi criada uma tabela em Excel. Inicialmente, a tabela foi uma ferramenta de apoio para o controle quantitativo dos acidentes e referências, e posteriormente como uma ferramenta de fácil e rápida visualização de todos os casos coletados, e por isso foi acoplada ao trabalho (APÊNDICE).

Depois da identificação das informações necessárias na formação do banco de dados dos acidentes, foi realizada uma busca na literatura especializada para acrescentar informações pertinentes à formação do presente relatório.

Os dados dos acidentes classificados foram transformados em análises estatísticas por meio de tabelas e gráficos, sintetizando as informações de modo a permitir aos interessados analisar os dados por aspectos específicos, como: país e região, ordem cronológica, causas dos acidentes, e número de pessoas envolvidas nos mesmos.

### 3 RESULTADOS

A classificação de acidentes é necessária para um melhor desenvolvimento de planejamentos no manuseio dessas ocorrências. As formas de classificação são diversas e dependendo do propósito estabelecido, algumas são mais convenientes do que outras (IAEA, 1969) [2].

Este é um relatório em progresso, fazendo com que os dados aqui relatados possam sofrer mudanças futuras. Até o momento a amostragem conta com 232 acidentes, sendo destes 123 casos já lidos, catalogados e classificados. Todos os acidentes são datados no período de 1920 a 2018. Não foram realizadas limitações territoriais, ou seja, foram catalogados acidentes nacionais e internacionais.

Com o intuito de demonstrar a disposição geográfica ao longo dos anos dessa amostragem, foi realizado o Gráfico 1. Para uma melhor percepção geográfica dos eventos, foi dada ênfase nos países com maior número de casos do seu continente, são estes: Estados Unidos (24 acidentes – 10%) na América do Norte; Brasil (12 acidentes - 5%) na América do Sul; Rússia (17 acidentes – 7%) na Europa; e China (20 acidentes – 9%) na Ásia. Os casos coletados dos países que compunham a antiga URSS também foram separados (82 acidentes – 35%), com isto, o fato da Rússia ser o país com maior número de casos na Europa, não deve ser associado ao passado soviético da mesma, mas sim com fatores de desenvolvimento do próprio país, justificativa esta que se aplica ao grande número de acidentes nos Estados Unidos.

Gráfico 1 – Porcentagem de acidente por continente e país

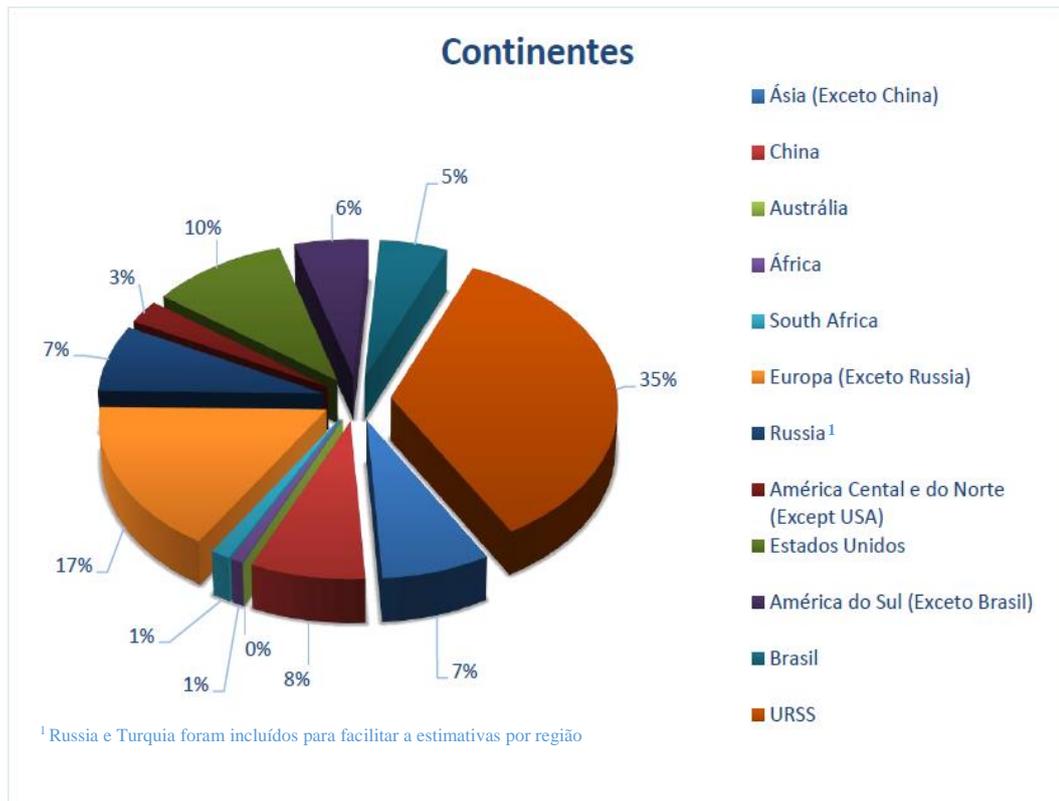
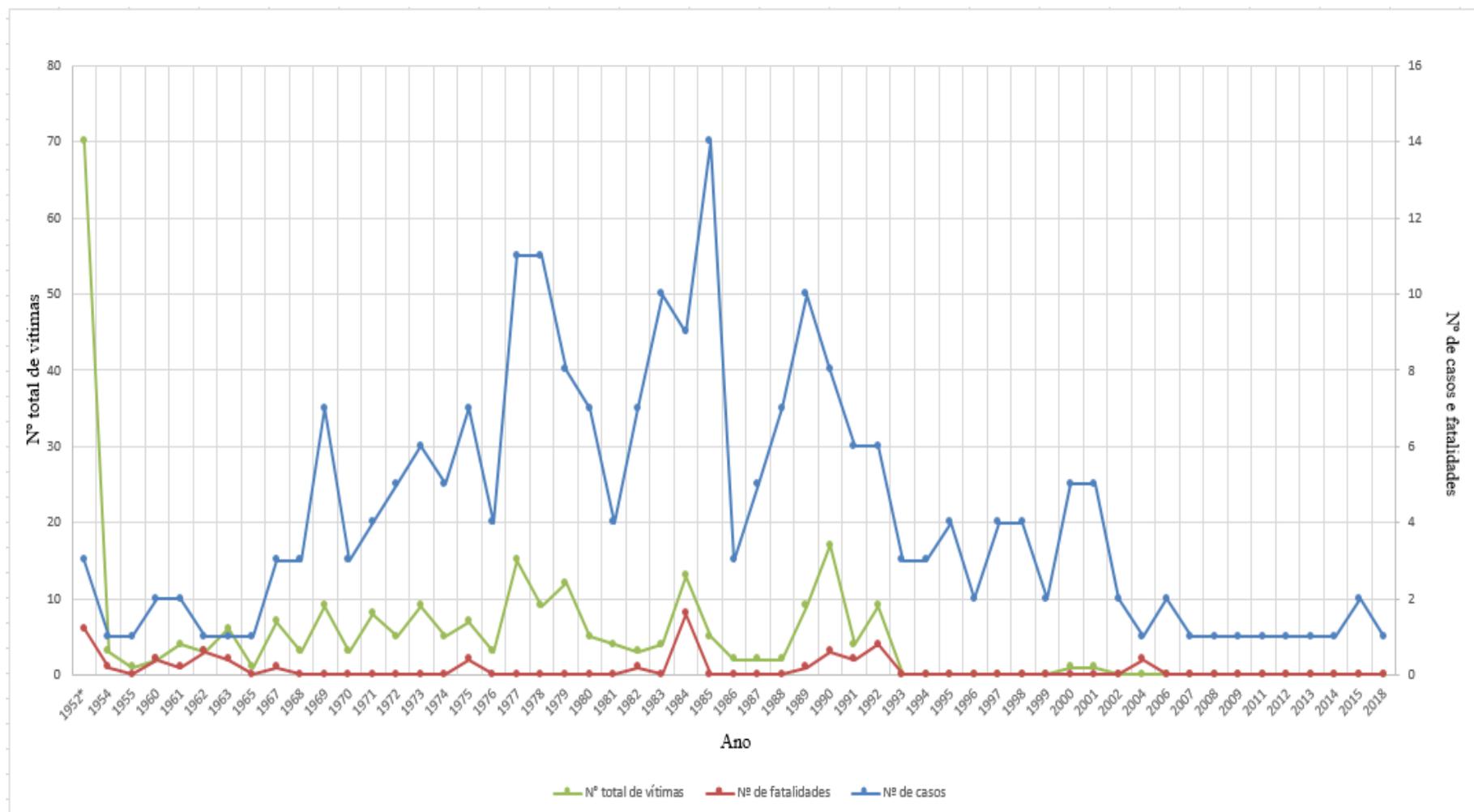


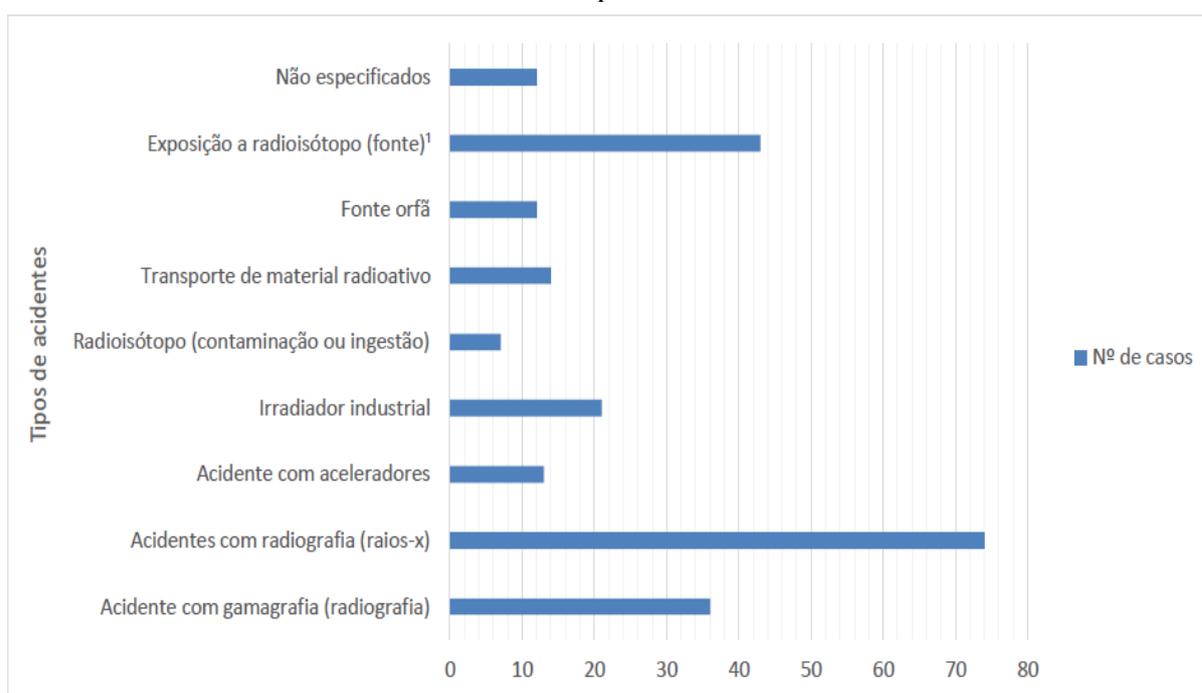
Gráfico 2 - Nº de acidentes com seus respectivos nº de vítimas fatais e totais.



Os fatores de desenvolvimentos são notórios quando analisamos o Gráfico 2. Nele temos uma classificação cronológica, que nos permite avaliar os picos ocorridos nas décadas de 70 e 80, que coincide com a Guerra Fria entre os Estados Unidos e a URSS, por exemplo.

No Gráfico 3, temos os tipos de acidentes, sendo o tipo mais comum proveniente da área de gamagrafia. Acidentes descritos como ‘exposição a radioisótopo’ são eventos, muitos com  $^{60}\text{Co}$  e  $^{192}\text{Ir}$ , onde não foi possível identificar o tipo de instalação ou são acidentes em instalações de instrumentação de processos e controle de qualidade, como caso de fonte utilizadas na fabricação de lápis, papel, e detectores de fumaça.

Gráfico 3 – Tipos de acidentes



### 3.1 Causas

Foi criada uma tabela (Tabela 1) onde os fatores responsáveis pelos acidentes analisados, foram classificados, de modo a demonstrar o índice de falha humana e/ou falha mecânica. Com o intuito de identificar a necessidade de melhorias no treinamento e qualificação de pessoal ou melhoria na qualidade dos equipamentos, respectivamente.

A tabela é dividida em cinco colunas, são elas: *casos*, onde os mesmos encontram-se enumerados de acordo com as suas descrições cronológica (Anexo 1 e 2); *falta de conhecimento*; *falha humana*, onde foi dividido em sub tópicos (*imperícia*, *imprudência*, *falha na manutenção*, *negligência* e *quebra de protocolo*); *falha técnica*, dividida em dois sub tópicos: *falha no dispositivo de elevação da fonte* e *defeito no equipamento*; e o último tópico destinado aos eventos *não especificados*.

Deve-se ressaltar que a classificação dos acidentes não pode ser considerada precisa devido à falta de dados mais específicos nas referências coletadas; estas pautadas junto a seus respectivos acidentes na *Tabela de Acidentes Industriais* (Apêndice 1).

Tabela 1: Causas dos acidentes radiológicos.

Casos	Falha humana				Falha Técnica		Não especificado	
	Imperícia	Imprudência	Falha na manutenção	Negligência	Quebra de protocolo	Falha no despositivo de elevação da fonte		Defeito no equipamento
1	x			x				
2								
3								
4							x	
5							x	
6							x	
7							x	
8							x	
9							x	
10				x				
11								
12							x	
13							x	
14						x	x	
15							x	
16				x				
17							x	
18							x	
19							x	
20	x			x				
21							x	
22							x	
23							x	
24							x	
25							x	
26							x	
27							x	
28							x	
29				x	x		x(?)	
30							x	
31							x	
32				x				
33	<i>Em progresso</i>							
34							x	
35							x	
36							x	
37							x	
38							x	
39							x	
40							x	

Casos	Falha humana				Falha Técnica		Não especificado	
	Imperícia	Imprudência	Falha na manutenção	Negligência	Quebra de protocolo	Falha no despositivo de elevação da fonte		Defeito no equipamento
41								X
42								X
43								X
44								X
45				X			x(?)	
46								
47								X
48								X
49								X
50								X
51			X	X			X	
52				X			X	
53								X
54								X
55		x(?)		X	X	X	x(?)	
56	X			X				
57								X
58								X
59			X					X
60		x(?)		x(?)	X	X		
61							X	
62	X	x(?)		X				
63				x(?)			X	
64				X				
65								X
66				X			X	
67				X	X			
68				X		X		
69								X
70								X
71								X
72								
73								X
74								
75								X
76								X
77				X	X			
78								X
79				x(?)				
80								X

Casos	Falha humana					Falha Técnica		Não especificado
	Imperícia	Imprudência	Falha na manutenção	Negligência	Quebra de protocolo	Falha no despositivo de elevação da fonte	Defeito no equipamento	
81				x			x	
82								x
83				x				x
84				x				
85				x				
86								x
87								x
88	x(?)	x(?)		x(?)				
89								
90								x
91								
92							x	
93								
94							x	
95				x				
96							x	
97				x				
98								x
99								
100								
101				x			x	
102								
103				x	x			
104			x					
105				x				
106								
107								
108								
109								
110								
111								
112								
113							x	
114				x	x	x		
115	x			x(?)				
116								x
117								
118								
119								
120								

Casos	Falha humana				Falha Técnica		Não especificado									
	Imperícia	Imprudência	Falha na manutenção	Negligência	Quebra de protocolo	Falha no despositivo de elevação da fonte		Defeito no equipamento								
121				x												
122				x												
123				x	x		x									
124																
125																
126																
127																
128																
129																
130																
131																
132												x				
133												x	x			
134				x	x											
135																
136																
137																
138																
139																
140								x								
141																
142																
143																
144																
145																
146											x	x				
147				x	x											
148																
149																
150				x												
151																
152												x	x			
153																
154																
155								x								
156								x								
157								x								
158								x								
159				x			x									
160				x												

Casos	Falha humana					Falha Técnica		Não especificado
	Imperícia	Imprudência	Falha na manutenção	Negligência	Quebra de protocolo	Falha no despositivo de elevação da fonte	Defeito no equipamento	
161								
162								
163								
164								
165								
166								
167				x	x			
168				x			x	
169								
170								
171				x	x			
172			x	x				
173				x	x			
174								
175								x
176								x
177								
178								
179								
180								
181				x				
182				x	x			
183				x				
184								
185								
186								
187								
188								
189								
190								
191								
192								
193								
194								
195								
196		x		x			x(?)	
197								
198								
199								
200								

*Em progresso*

Casos	Falha humana				Falha Técnica		Não especificado	
	Imperícia	Imprudência	Falha na manutenção	Negligência	Quebra de protocolo	Falha no despositivo de elevação da fonte		Defeito no equipamento
200	<i>Em progresso</i>							
201								
202								
203								
204								
205								
206								
207				x				
208								
209								
210								
211								
212								
213								
214								
215				x	x		x	
216								
217								
218								
219								
220								
221								
222								
223								
224								
225								
226	x(?)	x(?)		x(?)				
227	x(?)	x(?)		x(?)				
228	x(?)	x(?)		x(?)				
229	x(?)	x(?)		x(?)				
230	x(?)	x(?)		x(?)				
231	x(?)	x(?)		x(?)				
232	x(?)	x(?)		x(?)				

## 4 DISCUSSÃO

Como o esperado, ao analisar os resultados, observa-se uma correlação dos países de maior desenvolvimento econômico com o número de acidentes na área industrial. A indústria é um dos setores que alavanca a economia de um país, pois eleva a produtividade e proporciona oportunidades de empregos internamente.

Os acidentes mais comuns são nos setores de END com gamagrafia e radiografia. No setor de gamagrafia temos como causa principal o defeito no dispositivo de recolhimento da fonte, que acaba por levar o operador a uma negligência de protocolo, seja por falta de conhecimento (imperícia), instinto de pegar algo que caiu ou por falta de equipamentos adequados para a situação (negligência – ou do operador ou do estabelecimento).

Até o momento, a classificação das causas não pôde satisfazer completamente o estudo, já que devido à falta de informação mais específica um caso identificado como negligência não tem dados o suficiente para afirmar se a negligência foi por parte do trabalhador ou do empregador.

A própria classificação de imperícia, imprudência ou negligência compromete-se devido a essa falta de dados. Para exemplificar podemos analisar o caso 68 (Argentina, 1977) [13], onde dois trabalhadores utilizavam um equipamento de gamagrafia com  $^{192}\text{Ir}$ . Os mesmos não perceberam que a fonte se despreendeu do compartimento blindado e continuaram a trabalhar normalmente já que não fizeram o uso de monitores de radiação. Na tabela 1, este caso foi classificado como falha nos dispositivos de blindagem da fonte e como negligência, contudo não apontamos de quem esta negligência seria. Seria dos operadores? Ou dos supervisores?

A clareza deste fato permitiria uma análise completa da situação, acordando assim, uma prevenção mais específica para este caso. No caso de uma negligência da instalação ou do supervisor caberia uma ação preventiva para os mesmos, para que assim o evento não ocorresse. No caso, dos trabalhadores se for comprovada a negligência as medidas preventivas mudariam o foco e se adequariam a estes profissionais.

Uma ressalva é que a formação destes trabalhadores deveria estar claramente descrita. Estes trabalhadores eram estagiários ou já haviam experiência no ambiente de trabalho? Dados como este são importantes na classificação de uma negligência ou uma imperícia. Caso

os operários sejam estagiários, a causa do acidente caracterizar-se-ia como imperícia, porém negligência de seus superiores.

Outro caso interessante que se pode mencionar é o caso 79 (Reino Unido, 1978), onde um trabalhador se expos deliberadamente a uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  (UNSCEAR 2000) [14]. A falta de dados não deixa claro os motivos que o levaram a tal ato. Com apenas essa informação a causa do acidente pode ser explicada como um transtorno momentâneo que este operador teve ou mesmo doenças psicológicas mais graves. Pode ainda, ter sido uma exposição programada a fonte em um ato programado de controle da fonte, e neste caso os protocolos de emergências poderiam ter sido falhos e acabaram por expor este trabalhador indesejavelmente.

Nota-se que para uma classificação adequada das causas dos acidentes deve-se ter relatado o máximo de informação possível sobre o evento. Alguns dados são cruciais para rotulá-lo como imperícia, imprudência ou negligência.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa propõe-se, como objetivo geral, a catalogação e classificação dos acidentes radiológicos no setor industrial, por meio de informações bibliográficas.

Mesmo com o projeto em andamento, pode-se chegar à conclusão de que: Os acidentes não são descritos com toda a sua riqueza de detalhes, impossibilitando uma classificação fidedigna dos mesmos; não há um banco de dados específico onde todos os acidentes sejam relatados; e não há informações posteriores nos casos de roubo de transporte.

A falta de informação detalhada impossibilita a radioproteção de realizar uma prevenção abrangente e específica. Por exemplo, se a maioria dos casos mostra que a causa principal é a falta de treinamento do operador, mas por não terem sido mais detalhados na descrição e, com isso, omitissem que há um número maior de falha nas etapas de confecção do equipamento ou um plano de manutenção fraco, a prevenção acaba não sendo tão específica nestes setores.

Com o intuito de assegurar o uso correto e seguro das radiações ionizantes, a radioproteção tem a possibilidade de aprender e melhorar-se com o estudo dos acidentes. Contudo, como não há um banco de dados homogêneo e completo esse estudo pode ser prejudicado.

Já para os órgãos competentes que enfrentam dificuldade na aceitação da população local sobre o uso da energia nuclear, a falta de informação sobre o paradeiro das fontes mostra certa desorganização e/ou falta de iniciativa em não divulgar informações pertinentes. Cabe aos órgãos competentes maior controle e transparência com as aplicações nucleares.

## APÊNDICE

TABELA 1. ACIDENTES RADIOLÓGICOS INDUSTRIAIS

Caso	Data	Localização	Tipo de acidente	Fatalidades	Lesões	Vítimas totais	Indivíduo	Fonte	Causa	Referência
1	1920 - 1926	New Jersey, EUA	Ingestão de radioisótopo	6	64	70	IOE	Ra-226	FC; NG	15,16,17
2	1920-1930	EUA	<i>Em progresso</i>							
3	1920 - 1930	EUA								
4	1954 - 06-28	Arzamas-16, Sarov, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	1	1	2	-	Po-210	NE	17,18
5	1955-01-24	Moscov, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	Sb-124	NE	17,18
6	1960	URSS	Ingestão de radioisótopo	1	0	1	-	Ra	NE	17,19
7	1960	Kazakhstan, URSS	Ingestão de radioisótopo	1	0	1	-	γ	NE	18
8	1961-09-30	Moscov, Rússia, USSR	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	γ	NE	17,18
9	1961	Suíça	Exposição acidental à fonte	1	2	3	IOE	H-3	NE	17,18
10	1962-03-21 1962-08-??	México	Fonte órfã	3	0	3	P	Co-60	NG	17,20,21
11	1963-01-11	Sanlian, China	<i>Em progresso</i>							
12	1965	Illinois, EUA	Acelerador	0	1	1		-	NE	17,22
13	1967	Pittsburg, EUA	Acelerador	0	3	3		-	NE	22
14	1967-10-04	Harmarville, Pensilvania, EUA	Irradiador	0	3	3	IOE	-	DE; FF	17,22
15	1967-12-22	Moscov, Rússia, URSS	Acelerador	1	0	1	-	Sc-45	NE	17,18
16	1968-05-03 to 1968-06-??	La Plata, Argentina	Fonte órfã (exposição)	0	1	1	-	Cs-137	NG	13,17,19,22
17	1968-12-07	Moscov, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
18	1968	URSS	Irradiador	0	1	1	IOE	Co-60	NE	19
19	1969-02-11	Moscov, Rússia, URSS	Acelerador	0	1	1	-		NE	17,18
20	1969-09-20	Escócia, Reino Unido	Gamagrafia (exposição)	0	1	1		Ir-192	IE; NG	17,23
21	1969-10-13	Moscov, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
22	1969-10-13	Rússia, URSS	Gamagrafia	0	1	1	-	Ir-192	NE	17,18
23	1969-11-24	Novomoskovsk, Rússia, URSS	Gamagrafia	0	3	3	-	Cs-137	NE	17,18
24	1969-12-20	Moscov, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18

25	1969	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
26	1970-02-13	Rússia, URSS	Gamagrafia	0	1	1	-	Co-60	NE	17,18
27	1970-04-15	Moscou, Rússia, URSS	Acelerador	0	1	1	-		NE	17,18
28	1970-09-??	Chelyabinsk, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	Cs-137	NE	17,18
29	1971-02-04	EUA	Irradiador	0	1	1		Co-60	NG; QP; DE	17
30	1971-03-??	Tula, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	Cs-137	NE	17,18
31	1971-12-05	Região da Arkhangelsk, URSS	Exposição acidental à fonte	0	3	3	-	Cs-137	NE	17,18
32	1971	Chiba, Japão	Fonte órfã (exposição)	0	3	3	T	Ir-192	NG	17,22
33	1972-02-29	Sichuan, China	Irradiador	<i>Em progresso</i>						
34	1972-03-31	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
35	1972-06-??	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
36	1972-10-04	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
37	1972-12-22	Irkutsk, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
38	1973-01-11	Moscou, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	Co-60	NE	17,18
39	1973-03-??	Kaliningrad, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
40	1973-04-??	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
41	1973-07-26	Elektrogorsk, Moscou, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	Co-60	NE	17,18
42	1973-09-05	Khokhol, Região de Vladimir, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	4	4	-	Cs-137	NE	17,18
43	1973-12-??	Donetsk, Ucrânia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	1	1	-	Cs-137	NE	17,18
44	1974-01-09	Novosibirsk, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
45	1974-06-??	Parsippany, Nova Jersey, EUA	Irradiador	0	1	1		Co-60	DE	17,22

46	1974-08-09	Índia	Exposição a raios-x	<i>Em progresso</i>						
47	1974-10-24	Perm', Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte							
48	1974	Sverdlovsk, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
49	1975-06-20	Kazan', Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	0	2	2	-	Co-60	NE	17,18
50	1975-07-11	Sverdlovsk, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	1	2	3	-	Co-60	NE	17,18
51	1975	Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1	T		FM; NG; DE	14,17
52	1975	Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1			NG; DE	14,17
53	1975	Iraque	Gamagrafia	0	1	1	-	Ir-192	NE	14,17
54	1975	URSS	Exposição acidental à fonte	0	2	2	-	Ir-192	NE	14
55	1975-05-13	Brescia, Lombardia, Itália	Irradiador	1	0	1	IOE	Co-60	IU; NG; QP; FF; DE	14,17,20, 24
56	1976	Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1	IOE		IE; NG	14
57	1976-03-??	Moscú, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	17,18
58	1976-07-12	Moscú, Rússia, URSS	Irradiador	0	1	1	-	Co-60	NE	14,17,18
59	1977	La Plata, Argentina	Exposição a raios-x	0	1	1	-		NE	14,17
60	1977	Pardubice, Checoslováquia, URSS	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	IU;NG; QP;FF	14,17
61	1977	Gyor, Hungria	Exposição acidental à fonte	0	1	1	IOE		DE	14,17
62	1977	Zona del Oleoducto, Peru	Exposição acidental à fonte	0	3	3	IOE	Ir-192	IE;IU; NG	13,14, 17
63	1977	Reino Unido	Exposição acidental à fonte	0	2	2	IOE	H-3	NG;DE	14,17
64	1977	Reino Unido	Exposição acidental à fonte	0	1	1	IOE	Ir-192	NG	14
65	1977	Rockaway, Nova Jersey, EUA	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Co-60	NE	14,17,22
66	1977	Trasvaal, África do Sul	Exposição a raios-x	0	1	1	IOE		NG;DE	14

67	1977	Reino Unido	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	NG; QP	14,17
68	1977-12-04	Buenos Aires, Argentina	Gamagrafia	0	1	2	IOE	Ir-192	NG; FF	13
69	1977	Kiev, Ucrânia, URSS	Acelerador	0	1	1	IOE		NE	14,17,18
70	1978-03-07	Primorsky, Rússia, URSS	Gamagrafia	0	1	1	-	Ir-192	NE	17,18
71	1978-04-04	Primorsky, Rússia, URSS	Gamagrafia	0	1	1	-	Ir-192	NE	17,18
72	1978-05-05	Setif, Algéria	Fonte órfã (exposição)	<i>Em progresso</i>						
73	1978-06-03	Protvino, Kaluga, Rússia, URSS	Acelerador	0	1	1			NE	17,18
74	1978-07-17	West Monroe, Louisiana, EUA	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>						
75	1978-09-21	Moscú, Rússia, URSS	Acelerador	0	1	1			NE	14,17,18
76	1978-11-25	Udmurtia, Rússia, URSS	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NE	17,18
77	1978	Buenos Aires, Argentina	Exposição acidental à fonte	0	1	1	IOE	Ir-192	NG; QP	14,17
78	1978	Nancy, França	Exposição a raios-x	0	1	1	IOE		NE	14,17
79	1978	Reino Unido	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	NG	14,17
80	1978	Louisiana, EUA	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	NE	14
81	1979	Sokolov, Checoslováquia, URSS	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	NE	14
82	1979	Montpellier, França	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	NE	14,17, 25
83	1979	Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1	IOE		NE	14,17
84	1979	Freiberg, Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1			NG	14,17
85	1979	Los Angeles, EUA	Fonte órfã (exposição)	0	5	5			NG	14
86	1979	Leningrad, Rússia, URSS	Acelerador	0	2	2	-	electron beam	NE	17,18
87	1979-09-20	Frunze, Quirguistão, URSS	Gamagrafia	0	1	1	-	Ir-192	NE	17,18
88	1979-12-18	Curitiba, Brasil	Transporte	-	-	-	-		IE;IU;NG	13
89	1980-09-01	Leningrad, Rússia, URSS	Irradiador	<i>Em progresso</i>						

90	1980	URSS	Não especificado	0	1	1	-	Co-60	NE	14,17
91	1980-09-19	Yuzhno-Sakhalinsk, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	<i>Em progresso</i>						
92	1980-09-??	Shanghai, China	Irradiador	0	1	1	IOE	Co-60	DE/ED	14
93	1980-12-03	Vladivostok, Rússia, URSS	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>						
94	1980	Alemanha	Exposição a raios-x	0	2	2			DE	14
95	1980	Bohlen, Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1			NG	14
96	1981	Buenos Aires, Argentina	Exposição acidental à fonte	0	2	2		Ir-192	DE	14
97	1981	Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1			NG	14
98	1981	Oklahoma, EUA	Não especificado	0	1	1			NE	14
99	1981	Berlin, Alemanha	Exposição a raios-x	<i>Em progresso</i>						
100	1982-05-19	Smolensk, Rússia, URSS	Gamagrafia							
101	1982-09-02	Kjeller, Noruega	Irradiador	1	0	1		Co-60	NG	14,17,20,24
102	1982-12-18	Uregoy, Rússia, URSS	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>						
103	1982	Prague, Checoslováquia, URSS	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NG; QP	14
104	1982	Badak, Indonésia	Gamagrafia (fábrica de lápis)	0	1	1		Ir-192	FM	14
105	1982	Mumbai, Índia	Transporte	0	1	1	T	Ir-192	NG	14
106	1982-12-16	Rio de Janeiro, Brasil	Transporte	<i>Em progresso</i>						
107	1983-01-27	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x							
108	1983-04-28	Kharkov, Ucrânia, URSS	Gamagrafia							
109	1983-04-17	Volgograd, Rússia, URSS	Gamagrafia							
110	1983-06-11	Ufa, Rússia, URSS	Gamagrafia							
111	1983-07-12	São Paulo, Brasil	Fonte órfã							
112	1983-12-07	Ufa, Rússia, URSS	Gamagrafia							

113	1983	Alemanha	Exposição a raios-x	0	1	1			DE	14
114	1983	Schwarze Pumpe, Alemanha	Exposição acidental à fonte	0	1	1		Ir-192	NG;QP; FF	14
115	1983	Mulund, Munvai, Índia	Exposição acidental à fonte	0	1	1		Ir-192	IE;NG	14
116	1983	Reino Unido	Gamagrafia	0	1	1		-	NE	14
117	1984-02-07	Perm', Rússia, URSS	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>						
118	1984-06-12	Ufa, Rússia, URSS	Gamagrafia							
119	1984-06-15	Gorky, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte							
120	1984-10-24	Rússia, URSS	Gamagrafia							
121	1984	Casablanca, Marrocos	Fonte órfã (exposição)	8	3	11		Ir-192	NG	20,21,26
122	1984	Mendoza, Argentina	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NG	14
123	1984	Tiszafured, Hungary	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NG;QP	14
124	1984	Lima, Peru	Exposição a raios-x	<i>Em progresso</i>						
125	1984-12-03	São Paulo, Brasil	Transporte							
126	1985-02-09	Salvador, Brasil	Transporte							
127	1985-03-03	Norilsk, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte							
128	1985-09-26	Ignalinskaya, Lituânia, URSS	Gamagrafia							
129	1985-09-??	Shanghai, China	Acelerador							
130	1985-10-16	Podolsk, Moscou, Rússia, URSS	Não especificado							
131	1985	China	Não especificado							
132	1985	Petrvald, Checoslováquia, URSS	Absorção de radioisótopo	0	1	1		Am-241	NG	14,17
133	1985	Yamuananagar, Índia	Exposição acidental à fonte	0	2	2		Ir-192	NG; QP	14,17
134	1985	Visakhapatnam, Índia	Exposição acidental à fonte	-	-	2		Co-60	NG; FM; QP	14
135	1985	Odessa, Texas, EUA	Radiografia	<i>Em progresso</i>						
136	1985	Reino Unido	Ingestão de radioisótopo							
137	1985	Brasil	Fonte							
138	1985	Brasil	Fonte órfã							
139	1985	Pequim, China	Exposição acidental à fonte							

140	1986-05-??	Kaifeng City, China	Irradiador	0	2	2		Co-60	NE	14,17
141	1986-08-05	Kalinin, Rússia, URSS	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>						
142	1986-08-22	São Caetano, Brasil	Fonte							
143	1987-01-??	Argentina, Partido de Esteban Echeverría	Transporte						NG	13
144	1987-01-01	Guaratinguetá, São Paulo, Brasil	Não especificado	<i>Em progresso</i>						
145	1987-02-19	Moscú, Rússia, URSS	Exposição a raios-x							
146	1987	Cirebon, West Java, Indonésia	Exposição a raios-x	0	1	1			FM; NG	14
147	1987	Cidade de Zhengzhou, China	Irradiador	0	1	1		Co-60	NG; QP	14
148	1988-03-22	Sverdlovsk, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte	<i>Em progresso</i>						
149	1988-04-05	Tashkent, Uzbequistão, URSS	Gamagrafia							
150	1988	Prague, Checoslováquia, URSS	Inalação de radioisótopo	0	1	1		Am 241	NG	14
151	1988-07-02	São Paulo, Brasil	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>						
152	1988	Zhao Xian, China	Irradiador	0	1	1		Co-60	NG; QP	14
153	1988	Jena, Alemanha	Exposição a raios-x	<i>Em progresso</i>						
154	1988	Trustetal, Alemanha	Exposição a raios-x							
155	1989	Bangladesh	Exposição acidental à fonte	0	1	1		Ir-192	NE	14
156	1989	Pequim, China	Exposição acidental à fonte	0	2	2		Co-60	NE	14
157	1989	China	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NE	14
158	1989	Hazira, Gujarat, Índia	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NE	14
159	1989	Witbank, Transvaal, África do Sul	Gamagrafia	0	1	1		Ir-192	NE	14
160	1989-02-05	San Salvador, El Salvador	Irradiador	1	2	3		Co-60	NG; DE	14,17,20,21,27

161	1989-03-20	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x	<i>Em progresso</i>						
162	1989-09-04	Rússia, URSS	Gamagrafia							
163	1989-08-14	Zagorsk, Sergiev Posad, Rússia, URSS	Acelerador							
164	1989-10-30	Moscou, Rússia, URSS	Exposição a raios-x							
165	1990-02-27	Kalinin, Rússia, URSS	Exposição acidental à fonte							
166	1990-03-13	Moscou, Rússia, URSS	Acelerador							
167	1990-06-21	Soreq, Israel	Irradiador	1	0	1		Co-60	NG; QP	20,28
168	1990-06-25	Shanghai, China	Irradiador	2	5	7		Co-60	NG; DE	14
169	1990-09-13	Kharkov, Ucrânia, URSS	Exposição acidental à fonte	<i>Em progresso</i>						
170	1990-11-01	Komsomolsk-on-Amur, Rússia, URSS	Gamagrafia							
171	1990	Transvaal, Sasolburg, África do Sul	Fonte órfã	0	4	6		Co-60	NG; QP	14
172	1991-08-13	Forbach, França	Irradiador	0	3	3			FM; NG	14,21
173	1991-10-26	Nesvizh, Bielorrússia	Irradiador	1	0	1		Co-60	NG; QP	14
174	1991-12-11	Maryland, EUA	Irradiador	<i>Em progresso</i>						
175	1977 - 1991	Reino Unido	Gamagrafia	1	0	1		Ir-192	NE	14
176	1991	EUA	Irradiador	0	1	1	IOE	-	NE	14
177	1991-04-??	Arauco, Chile	Gamagrafia (fonte)	<i>Em progresso</i>						
178	1992-01-09	Riazan', Rússia	Gamagrafia							
179	1992-05-25	Axay, Cazaquistão, URSS	Gamagrafia							
180	1992-11-17	Hanoi, Vietnã	Irradiador							
181	1992-11-01	Jilin, Xinzhou, China	Fonte órfã	3	5	8		Co-60	NG	17
182	1992	Suíça	Gamagrafia	0	1	1	-	Ir-192	NG;QP	14
183	1992	China	Irradiador	1	3	4	-	-	NG	14

184	1993-07-12	Vologda, Rússia	Exposição acidental à fonte	<i>Em progresso</i>											
185	1993-11-09	Tula region, Rússia	Exposição acidental à fonte												
186	1993	Reino Unido	Radiografia												
187	1994	Cidade do Texas, Texas, EUA	Radiografia												
188	1994-04-28	Tokyo, Japão	Exposição a raios-x												
189	1994-11-28	Voronezh, Rússia	Gamagrafia												
190	1995	França	Gamagrafia												
191	1995-03-18	Pervouralsk, Rússia	Gamagrafia												
192	1995-05-23	Smolensk, Rússia	Exposição acidental à fonte												
193	1995-10-03	Nizhny, Novgorod, Rússia	Gamagrafia												
194	1996-02-23	Moscov, Rússia	Acelerador												
195	1996-06-08	Nizhny Novgorod, Rússia	Gamagrafia												
196	1997-09-??	Campinas, São Paulo, Brasil	Gamagrafia						-	-	-	IOE	Ir-192	IU;NG	13
197	1997-09-30	Itália	Gamagrafia						<i>Em progresso</i>						
198	1997-11-29	Grozny, Rússia	Exposição acidental à fonte												
199	1997-12-02	Volgograd, Rússia	Exposição acidental à fonte												
200	1998	Instabul, Turquia	Não especificado												
201	1998-03-21	Moscov, Rússia	Exposição acidental à fonte												
202	1998-04-??	São Paulo, Brasil	Não especificado												
203	1998-12-31	Aransas Pass, Texas, EUA	Gamagrafia												
204	1999-03-16	Trujillo, Peru	Transporte												
205	1999-02-20	Yanango, Peru	Fonte órfã												
206	2000-06-??	Egito	Exposição acidental à fonte												
207	2000-06-??	Illinois, EUA	Gamagrafia	0	1	1	IOE	Ir-192	NG	29					
208	2000-09-11	Lima, Peru	Não especificado	<i>Em progresso</i>											
209	2000-10-13	Dubna, Rússia	Acelerador												
210	2000-11-??	França	Não especificado												
211	2001-02-06	Nizhny Novgorod, Rússia	Exposição a raios-x												
212	2001-06-??	Stavropolskij Kraj, Rússia	Gamagrafia												
213	2001-06-??	França	Não especificado												
214	2001-08-01	Salavat, Rússia	Gamagrafia												
215	2001-09-??	Baltimore, EUA	Gamagrafia								0	1	1	IOE	Ir-192

216	2002-09-01	Nizhny Novgorod, Rússia	Gamagrafia	<i>Em progresso</i>							
217	2002-10-??	Kentucky, EUA	Gamagrafia								
218	2004-10-21	Shandong Jining, P.R. China	Irradiador								
219	2006-03-11	Fleurus, Bélgica	Irradiador								
220	2006-03-??	North kingstown, Rhode Island, EUA	Gamagrafia								
221	2007-10-22	Tecnos, Espanha	Gamagrafia								
222	2008-04-08	Taiyuan, Shanxi, China	Irradiador								
223	2009-03-03	Jinju, Argus, Republic of Korea	Gamagrafia								
224	2011-09-12	Texas, EUA	Gamagrafia								
225	2012-03-24	Pasadena, Texas, EUA	Gamagrafia								
226	2013-12-??	Hidalgo, México	Transporte	-	-	-	-	Co-60	IE;IU; NG	13	
227	2014-07-??	Zaragoza, México	Transporte	-	-	-	-	-	IE;IU; NG	13	
228	2015-02-??	Guanajo, México	Transporte	-	-	-	-	-	IE;IU; NG	13	
229	2015-04-??	México, Tabasco	Transporte	-	-	-	-	Ir-192	IE;IU; NG	13	
231	2016	San Juan del Rio, México	Transporte	-	-	-	-	Ir-192	IE;IU; NG	30	
230	2017-03-??	Texas, EUA	Transporte	-	-	-	-	Pu-239; Cs-137	IE;IU; NG	31	
232	2018-07-06	Mexico City, México	Transporte	-	-	-	-	Ir-192	IE;IU; NG	32	

## ANEXO

### DESCRIÇÃO DOS CASOS

Notas: <sup>1</sup>Os acidentes foram padronizados conforme o ISO 8601 (AAAA-MM-DD).

<sup>2</sup>A localização dos acidentes foram padronizados em cidade, estado, país.

#### 1 Estados Unidos, 1920

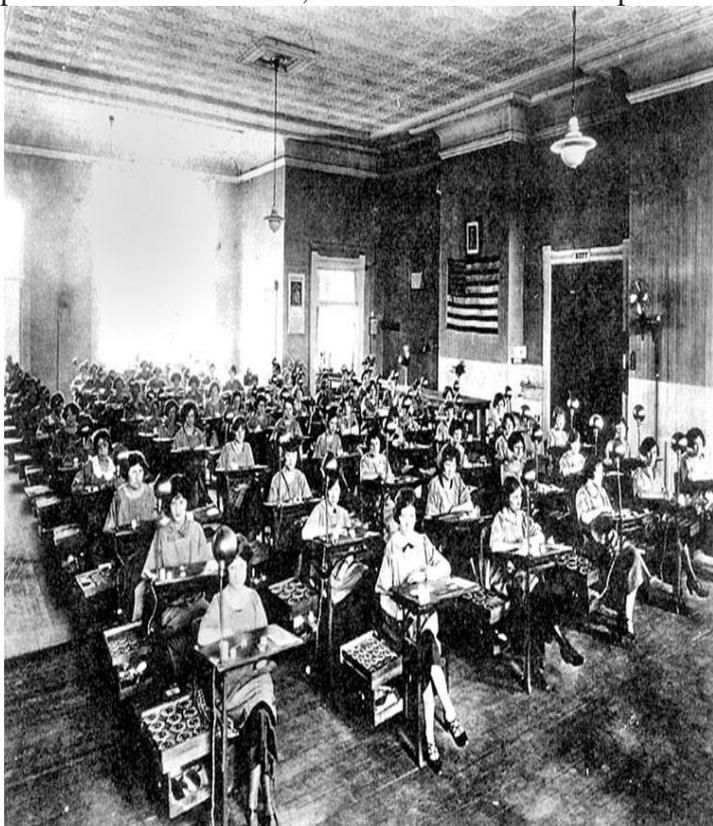
**Data:** Década de 20

**Localização:** Nova Jersey, EUA.

**Tipo de acidente:** Ingestão de radioisotopo (“*radium girls- meninas do rádio*”)

**Descrição:** A invenção da tinta radioluminescente pode ser datada em 1902, contudo, naquela época, nos EUA, esse tipo de tinta não era lucrativo. No entanto, em 1914, a Radium Luminous Material Corporation foi fundada como a primeira empresa a produzir tintas radioluminescentes em Nova Jersey. Eles ficaram famosos quando os Estados Unidos entraram na Primeira Guerra Mundial <sup>[15]</sup>. Em 1921, eles mudaram o nome da empresa para U.S. Radium Corporation.

Grace Fryer foi um dos funcionários que trabalhava naquela empresa, em 1917. Ela e mais 70 mulheres foram contratadas para pintar os números dos relógios com uma mistura de cola, água e pó de Rádio-226. Depois de algumas pinceladas, os pincéis perdiam a forma e, para facilitar o trabalho, elas eram instruídas a apontar os mesmos com os lábios <sup>[16]</sup>.



Grace deixou o emprego em 1920 e dois anos depois descobriu uma séria de deterioração óssea. Quando ela começou a investigar a causa, um especialista da Universidade de Columbia (quem mais tarde foi descoberto ser contratado como um meio para uma campanha de desinformação), pediu para examiná-la. O plano funcionaria se não fosse pela Liga dos Consumidores. O órgão lutava por locais de trabalho adequados e seguros da época. Eles tinham suspeitas sobre a tinta devido as misteriosas mortes de quatro pessoas ocorridas entre 1922 e 1924. Essas mortes foram listadas como envenenamento por fósforo, úlceras na boca e sífilis <sup>[16]</sup>.

Grace e mais quatro mulheres entraram em uma ação contra a empresa em 1927. A liga junto com

o jornalista de Nova York forçaram o tribunal a julgar o caso mais rapidamente. Enquanto o

tribunal prosseguia médicos legistas para investigavam as mortes anteriores. Estes estudos mostraram que Amelia Maggia, dada como morte por sífilis, na verdade morreu de necrose de rádio <sup>[16]</sup>.

Infelizmente, a saúde mental das “meninas do rádio”, bem como saúde física, eram muito fracas, o que as obrigou a fazer um acordo com a empresa. O acordo se estabeleceu em um pagamento de US \$ 10.000, muito menos do que os US \$ 250.000 esperados. A mediação foi feita pelo juiz Clark, então acionista da U.S. Radium Corporation <sup>[16]</sup>.

As cinco meninas: Grace Fryer, Edna Hussman, Katherine Scaub e as irmãs Quinta McDonal e Albina Larice morreram nas décadas de 20 e 30, e os outros pintores sobreviveram <sup>[16]</sup>.

Um estudo com 1.346 indivíduos demonstrou 44 deles com exposição superior a 100 Sv ao esqueleto <sup>[17]</sup>.

**Consequências:** 06 mortes e 64 lesões.

## 2 Em progresso

## 3 Em progresso

## 4 Rússia (URSS), 1954

**Data:** 1954-06-28

**Localização:** Arzamas-16, Sarov, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acidente por exposição à fonte.

**Descrição:** O caso é relatado como uma exposição acidental ao Polônio-210 <sup>[17,18]</sup>. Não há mais informações na literatura.

**Consequências:** 1 morte e 1 lesão.

## 5 Rússia (URSS), 1955

**Data:** 1955-01-24

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acidente por exposição à fonte.

**Descrição:** A exposição acidental a uma fonte de antimônio-124 causou uma lesão. A vítima desenvolveu doença aguda da radiação <sup>[17,18]</sup>. Não há mais informações na literatura.

**Consequências:** 1 lesão.

## 6 URSS, 1960

**Data:** 1960-??-??

**Localização:** União das Repúblicas Socialistas Soviéticas.

**Tipo de acidente:** Ingestão de radioisótopo.

**Descrição:** Indivíduo recebeu 74 x 10 (2 milicuries) <sup>[19]</sup> de brometo de rádio por ingestão, resultando, posteriormente, na morte de uma pessoa <sup>[17,19]</sup>. Não há mais informações na literatura.

**Consequência:** 1 morte.

## 7 Kazakhstan (URSS), 1960

**Data:** 1960-??-??

**Localização:** Kazakhstan, URSS.

**Tipo de acidente:** Ingestão de radioisótopo.

**Descrição:** O acidente envolveu uma fonte de gama <sup>[18]</sup>. Não há mais informações na literatura.

**Consequência:** 1 morte.

## 8 Rússia (URSS), 1961

**Data:** 1961-??-??

**Localização:** Moscou, Rússia (URSS)

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a fonte.

**Descrição:** Acidente envolvendo uma fonte gama <sup>[18]</sup>. Não há mais informações na literatura.

**Consequência:** 1 morte.

## 9 Suíça, 1961

**Data:** 1961-??-??

**Localização:** Suíça

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a fonte.

**Descrição:** Um evento envolvendo exposição a trítio na fabricação de lâmpadas causou uma morte. A dose foi estimada em 300 rem. Houve ainda mais duas lesões.

**Consequência:** 1 morte, 2 lesões.

## 10 México, 1962

**Date:** 1962-08-21 a 1962-08-??

**Localização:** México, Cidade do México.

**Tipo de acidente:** Fonte órfã.

**Descrição:** Acidente envolvendo uma família inteira e uma fonte de <sup>60</sup>Co. A fonte foi achada em um lixão e o caso só foi descoberto quando o menino de 10 anos morreu um mês depois do achado, seguido da morte da mãe e da irmã de três anos de idade, meses depois. O pai foi o único que sobreviveu devido ao pouco tempo que passava na casa. <sup>[17],[20],[21]</sup>

**Consequência:** 3 mortes.

## 11 Em progresso

## 12 EUA, 1965

**Data:** 1965-??-??

**Localização:** Illinois, Estados Unidos.

**Tipo de acidente:** Acidente com acelerador industrial.

**Descrição:** Uma pessoa sofreu uma exposição localizada acidental de 290-240Gy resultando em uma lesão. Foi necessária a amputação de um braço e uma perna. <sup>[17,22]</sup>

**Consequências:** 1 morte.

## 13 EUA, 1965

**Data:** 1965-??-??

**Localização:** Pittsburg, Estados Unidos.

**Tipo de acidente:** Acelerador.

**Descrição:** Exposição de três pessoas a uma dose de corpo todo de 1-6 Gy, e a exposição localizada de 5, 9 nas mãos, devido a falha nos travamentos internos. O evento resultou em amputação. <sup>[22]</sup>

**Consequências:** 3 lesões.

## 14 EUA, 1967

**Data:** 1967-10-04

**Localização:** Harmorville, Pensilvânia, Estados Unidos.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** A falha no travamento interno de um irradiador industrial expôs três pessoas a uma dose de 125-600 rem. Um trabalhador recebeu uma dose de corpo todo de 600 rem,

doses localizadas de 6600 rad nos pés e pernas, e 8800 rad nas mãos e antebraços. Foi necessária a amputação dos pés e pernas, e um transplante de medula de seu irmão, o que fez com que a vítima tivesse uma sobrevida alta.

As doses dos outros trabalhadores foram de 300 rad e 25 rad.<sup>[17],[22]</sup>

**Consequências:** 3 lesões.

## 15 Rússia (URSS), 1967

**Data:** 1967-12-22

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a fonte.

**Descrição:** Exposição a uma fonte <sup>45</sup>Sc resultou em uma lesão. Não há mais informações na literatura.<sup>[17,18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

## 16 Argentina, 1968

**Data:** 1968-05-03

**Localização:** La Plata, Argentina.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a fonte órfã.

**Descrição:** A fonte de <sup>137</sup>Cs de um irradiador de gamagrafia caiu causando uma exposição localizada de 0,5 Gy ao indivíduo<sup>[22]</sup>. A vítima teve as duas pernas amputadas e esterilidade permanente<sup>[13,17]</sup>.

**Consequências:** 1 morte.

## 17 Rússia (URSS), 1968

**Data:** 1968-??-??

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Exposição acidental a raios-X resultou em uma lesão. Não há mais detalhes sobre o ocorrido.<sup>[17,18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

## 18 URSS, 1968

**Data:** 1968-??-??

**Localização:** União das Republicas Socialistas Soviéticas.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Exposição a fonte de <sup>60</sup>Co de um irradiador causou uma exposição localizada no crânio, com dose de 1,5 Gy<sup>[19]</sup>. Não há mais detalhes sobre o caso na literatura.

**Consequências:** 1 morte.

## 19 Rússia (URSS), 1969

**Data:** 1969-02-11

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acelerador.

**Descrição:** Um indivíduo foi exposto a feixes de elétron<sup>[18]</sup>. Não há mais detalhes na literatura.

**Consequência:** 1 morte.

## 20 Reino Unido, 1969

**Data:** 1969-09-20

**Localização:** Escócia, Reino Unido.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

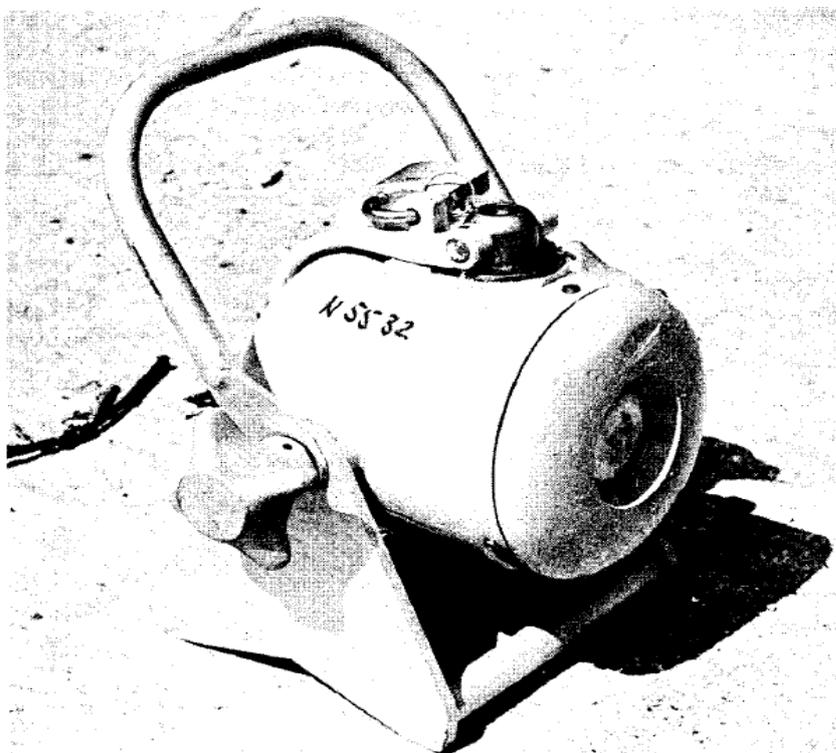
**Descrição:** A ocorrência envolve um estagiário de radiologia de 20 anos de idade que trabalhava em uma companhia de ensaios não destrutivos (END) [17,23].

Contratado no dia 25 de agosto de 1969, ele teve apenas uma orientação com o trabalhador mais antigo durante duas semanas, onde no final da primeira semana, ele já realizava os procedimentos de exposição e da segunda semana em diante, realizava esporadicamente os procedimentos sem supervisão [23].

No dia 20 de setembro, dia do acidente, ele tinha uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  com 25 curies, contidos em uma caixa de proteção industrial [17,23], projetada pela própria empresa, com o intuito de radiografar um gasoduto de 24 polegadas. O alojamento da fonte tinha os requisitos de

blindagem especificados pela British Standard, BS. 4097, 1996 [23].

Ele foi deixado sozinho para realizar os procedimentos e foi o último operador a terminar o trabalho. Ao terminar, colocou os filmes expostos no banco de trás do carro e colocou a fonte no banco da frente do carona [23]. Um colega observou que o alojamento da fonte estava em "posição aberta". Estimou-se que ele foi exposto por três horas, durante esse período, seu dosímetro de radiação estava em uma carteira. No final, foi estimada uma dose de corpo inteiro de 45 rads e 215 rads para o



quadril esquerdo.

Os sintomas clínicos tornaram-se aparentes no dia 2 de outubro, como: um pequeno retalho branco no peito que se torna inchaço, avermelhamento e finalmente a mancha branca central se espalhou em tamanho e uma bolha se formou em torno de sua borda. Outras lesões foram notadas como uma lesão sobre o esterno, uma pequena lesão no interior do punho esquerdo e bolhas nas pontas dos dedos da mão esquerda. [23]

**Consequências:** 1 lesão.

## 21 Rússia (URSS), 1969

**Data:** 1969-10-13

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição à fonte de raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou uma lesão [17,18]. Não há mais informações sobre o acidente.

**Consequências:** 1 lesão.

## 22 Rússia (URSS), 1969

**Data:** 1969-10-13

**Localização:** Rússia Extremo Oriente, URSS.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Acidente de gamagrafia envolvendo uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  [17, 18]. Não há mais informações sobre o acidente.

**Consequências:** 1 lesão.

## 23 Rússia (USSR), 1969

**Data:** 1969-11-24

**Localização:** Novomoskvs, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Acidente de gamagrafia envolvendo uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$  [17, 18]. Não há mais informações sobre o acidente.

**Consequências:** 3 lesões.

## 24 Russia (URSS), 1969

**Data:** 1969-12-20

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental aos raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou uma lesão [17, 18]. Não há mais informações na literatura.

**Consequências:** 1 lesão.

## 25 Rússia (URSS), 1969

**Data:** 1969 - ??-??

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental aos raios-x.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento [17, 18]. Não há mais informações na literatura.

**Consequências:** 1 lesão.

## 26 Rússia (URSS), 1970

**Data:** 1970-02-13

**Localização:** Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** acidente de gamagrafia.

**Descrição:** A literatura [18] sugere que houve uma exposição a fonte de  $^{60}\text{Co}$  que causou uma lesão e conseqüentemente uma “doença de radiação”. Não há mais informações sobre o acidente na literatura [17, 18].

**Consequências:** 1 lesão.

## 27 Rússia (URSS), 1970

**Data:** 1970-04-15

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acelerador.

**Descrição:** Exposição acidental a um acelerador de feixe de elétrons causou uma lesão [18]. Não há mais informações sobre o acidente. [17, 18]

**Consequências:** 1 lesão.

## 28 Rússia (URSS), 1970

**Data:** 1970-09-??

**Localização:** Chelyabinsk, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte.

**Descrição:** Exposição acidental ao  $^{137}\text{Cs}$  causou uma lesão <sup>[17, 18]</sup>. Não há mais informações na literatura.

**Consequências:** 1 lesão.

## 29 Estados Unidos, 1971

**Data:** 1971-02-04

**Localização:** Estados Unidos da América.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Em uma instalação de irradiação de sementes, um trabalhador foi exposto acidentalmente a uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  com 7.700 curie, sem saber que estava desprotegida. Só foi percebido o ocorrido quando ele saiu da sala de irradiação. Sua dose de corpo inteiro foi estimada em 50-400 rad, seu dosímetro indicava 260 rad e a dose na mão de 600-1200 rad<sup>[17]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

## 30 Rússia (URSS), 1971

**Data:** 1971-03-??

**Localização:** Tula, Rússia (URSS).

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte.

**Descrição:** Exposição a uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$  causou um ferimento. Não há mais informações sobre a causa na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

## 31 Rússia (URSS), 1971

**Data:** 1971-12-05

**Localização:** Região de Arkhangelsk, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte.

**Descrição:** Uma exposição acidental envolvendo uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$  causa três ferimentos. Não há mais informações sobre a causa na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 3 lesões.

## 32 Japão, 1971

**Data:** 1971-??-??

**Local:** Chiba, Japão.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte órfã.

**Descrição:** Exposição a fonte de  $^{192}\text{Ir}$  de uma instalação industrial (gamagrafia) a seis trabalhadores da construção civil. Três deles tiveram síndrome aguda da radiação <sup>[17, 22]</sup>.

**Consequências:** 3 lesões.

## 33 Em progresso

## 34 Rússia (URSS), 1972

**Data:** 1972-03-31

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura <sup>[17, 18]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

### **35 Rússia (URSS), 1972**

**Data:** 1972-06-??

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

### **36 Rússia (URSS), 1972**

**Data:** 1972-10-04

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à radiografia.

**Descrição:** Exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

### **37 Rússia (URSS), 1972**

**Data:** 1972-10-04

**Localização:** Irktsuki, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-x.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

### **38 Rússia (URSS), 1973**

**Data:** 1973-01-11

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Um acidente envolvendo <sup>60</sup>Co causou uma lesão. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

### **39 Rússia (URSS), 1973**

**Data:** 1973-03-??

**Localização:** Kaliningrado, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

### **40 Rússia (URSS), 1973**

**Data:** 1973-04-??

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-x.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. <sup>[17, 18]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

#### **41 Rússia (URSS), 1973**

**Data:** 1973-07-26

**Localização:** Elektrogorsk, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte.

**Descrição:** Um acidente envolvendo fonte de  $^{60}\text{Co}$  resultou em uma lesão com doença de radiação aguda. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. [17, 18]

**Consequências:** 1 lesão.

#### **42 Rússia (URSS), 1973**

**Data:** 1973-09-05

**Localização:** Khokhol, região de Vladimir, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Exposição a uma fonte de  $^{137}\text{Cs}$  causou quatro ferimentos. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. [17, 18]

**Consequências:** 4 lesões.

#### **43 Ucrânia (URSS), 1973**

**Data:** 1973-12-?

**Localização:** Donetsk, Ucrânia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à radioisótopo.

**Descrição:** Exposição acidental ao  $^{137}\text{Cs}$  causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. [17, 18]

**Consequências:** 1 lesão.

#### **44 Rússia (URSS), 1974**

**Data:** 1974-01-09

**Localização:** Novosibirsk, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. [17, 18]

**Consequências:** 1 lesão.

#### **45 Estados Unidos, 1974**

**Data:** 1974-06-??

**Localização:** Nova Jersey, EUA.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Uma pessoa foi exposta a fonte de  $^{60}\text{Co}$  por 5-10 segundos enquanto irradiava suprimentos médicos. Ao perceber que a fonte estava desprotegida, saiu imediatamente do local. Ele recebeu uma dose de 4 Gy e desenvolveu síndrome aguda da radiação (SAR). Embora tenha realizado um transplante de medula mal sucedido, a vítima se recuperou do ocorrido. [17, 22]

**Consequências:** 1 lesão.

#### **46 Em progresso**

#### **47 Rússia (URSS), 1974**

**Data:** 1974-10-24

**Localização:** Perm', Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Exposição acidental a uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura. [17, 18]

**Consequências:** 1 lesão.

#### **48 Rússia (URSS), 1974**

**Data:** 1974 - ??-??

**Localização:** Sverdlovsk (antiga Ecaterimburgo), Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à raios-X.

**Descrição:** Exposição acidental a raios-X causou um ferimento. Não há mais informações sobre o acidente na literatura [17,18].

**Consequências:** 1 lesão.

#### **49 Russia (USSR), 1975**

**Data:** 1975-06-20

**Localização:** Kazan, Rússia, USSR.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Uma exposição acidental a uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  causou dois ferimentos. Não há mais informações sobre o acidente na literatura [17, 18].

**Consequências:** 2 lesões.

#### **50 Rússia (URSS), 1975**

**Data:** 1975-07-11

**Localização:** Sverdlovsk (antiga Ecaterimburgo), Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Exposição a uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  causou três lesões resultando em síndrome aguda da radiação, decorrido de uma morte. Na literatura é descrito a causa do acidente, ou há informações sobre as outras duas vítimas [17,18].

**Consequências:** 2 feridos, 1 fatalidade.

#### **51 Alemanha, 1975**

**Data:** 1972-??-??

**Localização:** Alemanha.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Este caso foi relatado como falhas técnicas e descuidadas durante o reparo (UNSCEAR, 2000) [14]. O indivíduo foi exposto a uma dose estimada de 30 Gy nos dedos, que após 10 dias apresentou aspecto avermelhado. Não há registro de tratamento médico na literatura. [14,17]

**Consequências:** 1 lesão.

#### **52 Alemanha, 1975**

**Data:** 1975-??-??

**Localização:** Alemanha.

**Tipo de acidente:** Exposição a raios-x.

**Descrição:** Segundo a UNSCEAR (2000) [14], a causa do acidente foi "descuido e defeitos técnicos" no teste de solda de equipamentos de raios-x, o que causou uma dose localizada de 2 Gy na região do estômago.

**Consequência:** 1 lesão.

#### **53 Iraque, 1975**

**Data:** 1975-??-??

**Localização:** Iraque.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Não há descrição do caso <sup>[14]</sup>. O conhecimento deste se resume a um acidente com a fonte <sup>192</sup>Ir. Sabe-se que a vítima recebeu exposição do corpo todo de 0,3 Gy além de exposição localizada da mão.

**Consequência:** 1 lesão.

#### 54 URSS, 1975

**Data:** 1975-??-??

**Localização:** União das Repúblicas Socialistas Soviéticas.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte.

**Descrição:** Não há descrição deste caso na literatura <sup>[14]</sup>. Os indivíduos envolvidos receberam dose total de 3 e 5 Gy e exposição localizada das mãos de aproximadamente 30 Gy.

**Consequências:** 2 lesões.

#### 55 Itália, 1975

**Data:** 1975-05-13

**Localização:** Brescia, Itália.

**Tipo de acidente:** Acidente com irradiador de alimentos.

**Descrição:** Em uma instalação de irradiação de cereais com quatro fontes de <sup>60</sup>Co, um trabalhador entrou na sala de irradiação e subiu na esteira rolante. As primeiras reações à radiação foram atribuídas à intoxicação (vômitos, dor de cabeça, náusea e eritema). <sup>[14]</sup>, <sup>[20]</sup>. A vítima morreu após 12 dias <sup>[24]</sup> devido a dose de 12 Gy <sup>[14]</sup>.

**Consequência:** 1 fatalidade.

#### 56 Alemanha, 1976

**Data:** 1976-??-??

**Localização:** Alemanha.

**Tipo de acidente:** Acidente de radiografia industrial.

**Descrição:** De acordo com UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, o uso de equipamentos por um trabalhador inexperiente resultou em uma exposição de corpo inteiro de 1Gy.

**Consequência:** 1 lesão.

#### 57 Rússia (URSS), 1976

**Data:** 1976-03-??

**Localização:** Moscou, Rússia (URSS).

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Exposição ao raios-X causou em uma lesão. Não há mais informações na literatura <sup>[17,18]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

#### 58 Rússia (URSS), 1976

**Data:** 1976-07-12

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Radioisótopo.

**Descrição:** Não há descrição detalhada na literatura <sup>[14]</sup>, <sup>[17]</sup>, <sup>[18]</sup>. A vítima recebeu uma dose de corpo inteiro de 4 Gy. O acidente envolveu uma fonte de <sup>60</sup>Co.

**Consequência:** 1 lesão.

### **59 Argentina, 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** La Plata, Argentina

**Tipo de acidente:** Acidente com raios-X.

**Descrição:** Um obturador removido do conjunto de cristalografia causou exposição de 10 Gy as mãos de um trabalhador e conseqüentemente queimaduras. A dose para o outro operador não foi citada <sup>[14], [17]</sup>. Pode-se concluir que o outro operador não recebeu doses prejudiciais à saúde.

**Consequência:** 1 lesões.

### **60 Checoslováquia (URSS), 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** Pardubice, Checoslováquia, antiga URSS.

**Tipo de acidente:** Acidente de gamagrafia.

**Descrição:** Um acidente envolvendo fonte de <sup>192</sup>Ir foi causado por falha técnica do equipamento e procedimento inadequado na tentativa de trazer a fonte de volta ao controle. Isso resultou em uma exposição de um trabalhador. Embora não houvesse informação suficiente para calcular a dose, estimou-se uma dose de 5 mSv. A vítima tinha dermatite no polegar direito, dois anos depois foi submetida a uma cirurgia <sup>[14], [17]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **61 Hungria, 1977**

**Dados:** 1977-??-??

**Localização:** Gyor, Hungria.

**Tipo de acidente:** Defectoscópio industrial (raios-x).

**Descrição:** Uma falha no equipamento que retira as fontes do recipiente causou uma exposição de corpo inteiro de 1,2 Gy. A vítima apresentou náuseas e alterações no sangue e aumento na frequência de aberrações cromossômicas. Ele ficou em observação e realizou terapia sedativa. <sup>[14], [17]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **62 Peru, 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** Zona del Oleoducto, Peru.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte

**Descrição:** Operários não treinados operavam equipamentos industriais sem supervisão, autorização e registro de equipamentos. Três pessoas foram acidentalmente expostas. As doses variam de 164 Gy nas mãos a 0.9 Gy no cristalino. Dos envolvidos, dois tiveram os dedos amputados e o outro teve efeitos na mão esquerda. <sup>[14], [17]</sup>. Mais detalhes do tratamento não foram encontrados na literatura, contudo é relatado que um dos trabalhadores morreu por causas desconhecidas <sup>[13]</sup>.

**Consequência:** 3 lesões.

### **63 Reino Unido, 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** Reino Unido.

**Tipo de acidente:** Radioisótopo (inalação).

**Descrição:** Em uma instalação de fontes de luz de trítio gasoso, o coletor de admissão foi quebrado, atingindo 11-15 TBq. Duas pessoas foram expostas, uma delas recebeu dose total de 0,62 e a outra 0,64 Sv <sup>[14], [17]</sup>.

**Consequência:** 3 lesões.

#### **64 Reino Unido, 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** Reino Unido.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Um trabalhador segurou uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  por cerca de 90 segundos, enquanto trabalhava na radiografia de uma solda. A dosimetria citogenética observou que a dose total do corpo foi equivalente a 1.52 <sup>[14]</sup>. Não houve exposição localizada.

**Consequência:** 1 lesão.

#### **65 Estados Unidos, 1977**

**Data:** 1977-09-??

**Localização:** Rockaway, Nova Jersey, EUA.

**Tipo de acidente:** Exposição da fonte de gamagrafia.

**Descrição:** Houve uma irradiação acidental para uma fonte de  $^{60}\text{Co}$ , o que levou a uma exposição de corpo inteiro de 2 Gy <sup>[14],[17]</sup> e a vítima teve síndrome aguda <sup>[22]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

#### **66 África do Sul, 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** Sasolburg, Transvaal, África do Sul.

**Tipo de acidente:** Acidente com raios-x.

**Descrição:** Segundo UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup> o caso foi causado por “Operação defeituosa do sistema pneumático do recipiente e monitor; Negligência do operador”, resultou em uma exposição de 1.16 Gy de todo o corpo, o que levou o trabalhador a amputação de dois dedos, a remoção da costela e a realização de enxertos de pele.

**Consequência:** 1 lesão.

#### **67 Reino Unido, 1977**

**Data:** 1977-??-??

**Localização:** Reino Unido.

**Tipo de acidentes:** Gamagrafia.

**Descrição:** Operador trabalhando em uma área confinada segurou um  $^{192}\text{Ir}$  por 90 segundos enquanto radiografava uma solda. Isso ocasionou uma dose de corpo inteiro de <0.1 Gy. O acidente causou queimaduras nos três dedos do trabalhador. <sup>[14],[17]</sup>. Detalhes sobre o tratamento deste trabalhador não foram encontrados na literatura.

**Consequência:** 1 lesão.

#### **68 Argentina, 1977**

**Data:** 1977-12-04

**Localização:** Enseada, Buenos Aires, Argentina.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Em uma destilaria, era realizado a verificação de soldagem com um equipamento de gamagrafia com fonte de  $^{192}\text{Ir}$ , a mesma desprende-se da blindagem. Os dois trabalhadores não perceberam o ocorrido e continuaram a exposição devido ao não uso do monitor de radiação que indica se a fonte está no lugar correto.

Quando foi perceberam, as autoridades foram informadas (CNEA). O operador tinha radiodermatite na mão esquerda do primeiro e segundo dedos. Realizou tratamento local com antissépticos e dermatoprotetores creme corticoide <sup>[13]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **69 Ucrânia (URSS), 1977**

**Data:** 1977-03-05

**Localização:** Kiev, Ucrânia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acelerador.

**Descrição:** Um acidente com acelerador com feixe de prótons causou uma lesão. Não há mais informações sobre o caso na literatura <sup>[17],[18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **70 Rússia (URSS), 1978**

**Data:** 1978-03-07

**Localização:** Primorsky, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Um acidente envolvendo uma fonte de <sup>192</sup>Ir causou uma lesão. Não há mais informações sobre o caso na literatura <sup>[17],[18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **71 Rússia (URSS), 1978**

**Data:** 1978-03-07

**Localização:** Região de Primorsky, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Um acidente envolvendo uma fonte de <sup>192</sup>Ir causou uma lesão. Não há mais informações sobre o caso na literatura <sup>[17],[18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **72 Em progresso**

### **73 Rússia (URSS), 1978**

**Data:** 1978-06-03

**Localização:** Kaluga, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acelerador.

**Descrição:** Um acidente com acelerador envolvendo exposição a um feixe de prótons causou uma lesão. Não há mais informações na literatura <sup>[17],[18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **74 Em progresso**

### **75 Rússia (USSR), 1978**

**Data:** 1978-09-21

**Localização:** Moscou, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Acelerador.

**Descrição:** Um acidente com acelerador envolvendo exposição a feixe de elétrons causou uma lesão, com dose localizada de 2.000 rad nas mãos <sup>[14],[17],[18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

### **76 Rússia (URSS), 1978**

**Data:** 1978-11-25

**Localização:** Udmurtia, Rússia, URSS.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Um acidente de radiografia industrial envolvendo uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  causou uma lesão. Não há mais informação na literatura <sup>[17], [18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## 77 Argentina, 1978

**Data:** 1978-??-??

**Localização:** Buenos Aires, Argentina.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** De acordo com a UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, este acidente teve como principal causa o "manuseio manual da fonte". Isso resultou em uma dose de 12 Gy para 16 Gy, causando queimaduras nos dois dedos da mão esquerda do indivíduo. Não há detalhes na literatura sobre onde ocorreu o evento, por que houve o manuseio manual ou os procedimentos realizados posteriormente, bem como, o tratamento realizado a vítima.

**Consequência:** 1 lesão.

## 78 França, 1978

**Data:** 1978-??-??

**Localização:** Nancy, França.

**Tipo de acidente:** Acidente com equipamento de raios-X.

**Descrição:** Segundo a UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, havia uma "exposição localizada nas mãos; amputação do dedo". Sabe-se que esse acidente envolveu equipamentos de raios-X, mas a dose individual recebida, o que causou essa exposição e os cuidados recebidos pela vítima após o evento são desconhecidos.

**Consequência:** 1 lesão.

## 79 Reino Unido, 1978

**Data:** 1978-??-??

**Localização:** Reino Unido.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** O radiologista foi exposto a uma dose de corpo inteiro de 1,52 Gy deliberadamente. Não houve sintomas localizados na pele <sup>[14]</sup>. O motivo por trás dessa exposição é desconhecido.

**Consequência:** 1 lesão.

## 80 Estados Unidos, 1978

**Data:** 1978-??-??

**Localização:** West Monroe, Louisiana, EUA.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** O acidente aconteceu quando um trabalhador teve exposição localizada às mãos. Foi necessária a amputação de um dedo <sup>[14]</sup>. Não há mais detalhes na literatura.

**Consequência:** 1 lesão.

## 81 Checoslováquia, 1979

**Data:** 1979-??-??

**Localização:** Sokolov, Checoslováquia.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** A ocorrência foi devido a uma falha técnica do equipamento e monitoramento inadequado durante e após o trabalho. Foi estimada uma dose total do corpo de 5mSv. O trabalhador envolvido apresentava dermatite no terceiro dedo da mão esquerda e áreas adjacentes. O indivíduo foi submetido a cirurgia plástica dois anos após o evento <sup>[14], [17], [25]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## **82 France, 1979**

**Data:** 1979-??-??

**Localização:** Montpellier, França.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia

**Descrição:** Exposição localizada e corporal total a fonte de  $^{192}\text{Ir}$ ; amputação do braço esquerdo <sup>[14]</sup>. Não há relato da causa do acidente ou mais detalhes na literatura <sup>[14], [17], [25]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## **83 Alemanha, 1979**

**Data:** 1979-??-??

**Localização:** Alemanha Ocidental.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-X.

**Descrição:** Uma exposição acidental a raios-x causou uma lesão. Não há mais informações sobre o acidente na literatura <sup>[17, 18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## **84 República Democrática Alemã, 1979**

**Data:** 1979- ??-??

**Localização:** Freiberg, Alemanha

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a raios-x.

**Descrição:** Relatado como “descuido” <sup>[14]</sup>, resultou em doses de 10 a 30 Gy à mão direita e dose total de 0,2-0,5 Gy; radiodermatite aguda e crônica (segundo e terceiro grau) <sup>[14],[17]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## **85 Estados Unidos, 1979**

**Data:** 1979-06-05

**Localização:** Los Angeles, EUA

**Tipo de acidente:** Fonte perdida.

**Descrição:** Um trabalhador encontrou uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  e colocou no bolso por 45 minutos. Ele teve exposição corporal total de 1 Gy e exposição localizada na mão, mais quatro pessoas também tiveram exposição localizada nas mãos <sup>[14]</sup>. Não há nenhuma medida de dose na literatura, nem os efeitos sofridos pelas vítimas.

**Consequências:** 5 lesões.

## **86 Rússia (URSS), 1979**

**Data:** 1979 - ??-??

**Localização:** Leningrad, Rússia (URSS).

**Tipo de acidente:** Accelerator.

**Descrição:** Uma exposição acidental a um feixe de elétrons causou dois ferimentos. Não há mais informações sobre o acidente na literatura <sup>[17, 18]</sup>.

**Consequências:** 2 lesões.

## **87 Quirguistão (URSS), 1979**

**Data:** 1979-??-??

**Localização:** Frunze, Quirguistão, URSS.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Uma exposição acidental a uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  causou uma lesão. Não há mais informações sobre o acidente na literatura <sup>[17, 18]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## **88 Brasil, 1979**

**Data:** 1979-12-18.

**Localização:** Curitiba, Brasil.

**Tipo de acidente:** Transporte.

**Descrição:** Roubo de carga. O veículo estava transportando um irradiador com fonte. A fonte foi encontrada mais tarde <sup>[13]</sup>.

**Consequência:** Desconhecida.

## **89 Em progresso**

## **90 URSS, 1980**

**Data:** 1980-??-??

**Localização:** União das Repúblicas Socialistas Soviéticas.

**Tipo de acidente:** fonte de <sup>60</sup>Co.

**Descrição:** Não há descrição do caso na literatura <sup>[14]</sup>. Sabe-se que a vítima envolvida no acidente recebeu uma dose de corpo inteiro de 50 Gy.

**Consequência:** 1 lesão.

## **91 Em progresso**

## **92 China, 1980**

**Data:** 1980-09-??

**Localização:** Shangai, China.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Um trabalhador entrou na câmara de irradiação durante uma falta de energia e com os travamentos defeituosos. O ocorrido resultou em uma exposição total do corpo de 5 Gy e exposição localizada <sup>[14]</sup>. Não foi encontrado na literatura o que causou o defeito nos bloqueios ou os efeitos da exposição, bem como o tratamento realizado.

**Consequência:** 1 lesão.

## **93 Em progresso**

## **94 Alemanha, 1980**

**Data:** 1980-??-??

**Localização:** República Federal Alemã.

**Tipo de acidente:** Unidade de radiografia.

**Descrição:** “Equipamento defeituoso” <sup>[14]</sup> resultou em uma dose efetiva de 0,2 Sv e dose estimada de 23 Gy na mão <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 2 lesões.

## **95 Alemanha, 1980**

**Data:** 1980-??-??

**Localização:** Bohlen, República Democrática Alemã.

**Tipo de acidente:** Acidente do técnico de radiologia.

**Descrição:** "Negligenciada" <sup>[14]</sup>. Segundo a literatura, o trabalhador recebeu doses de 15-30 Sv na mão esquerda, radiodermatites agudas e crônicas (segundo e terceiro graus).

**Consequência:** 1 lesão.

## 96 Argentina, 1981

**Data:** 1981-??-??

**Localização:** Buenos Aires, Argentina.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$  ficou presa no tubo de força. Não há relatos das consequências do acidente, apenas que duas pessoas sofreram exposição (queimaduras na ponta dos dedos), mas as doses não foram quantificadas <sup>[14]</sup>.

**Consequência:** 2 lesões.

## 97 Alemanha, 1981

**Data:** 1981-??-??

**Localização:** República Federal Alemã.

**Tipo de acidente:** equipamento de fluorescência de raios-x.

**Descrição:** “Descuido” <sup>[14]</sup>. Levou a exposição parcial do corpo de 20 a 30 Gy no hálux direito; dano extensivo no desenvolvimento através dos meses.

**Consequências:** 1 lesão.

## 98 Estados Unidos, 1981

**Data:** 1981-??-??

**Local:** Oklahoma, EUA.

**Tipo de acidente:** fonte de gamagrafia  $^{192}\text{Ir}$ .

**Descrição:** Não há descrição na literatura. A única informação é sobre uma “exposição corporal e localizada” <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

## 99 Em progresso

## 100 Em progresso

## 101 Noruega, 1982

**Data:** 1982-09-02

**Localização:** Kjeller, Noruega.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental ao irradiador fonte  $^{60}\text{Co}$ .

**Descrição:** Ocorreu no Instituto for Energy Technology <sup>[24]</sup> em Kjeller, Noruega. Falha do equipamento combinada com erro nos produtores subsequentes <sup>[14]</sup> resultou em uma exposição a um trabalhador de 65 anos de idade <sup>[20]</sup>.

Às 03h38min de 2 de setembro o alarme foi acionado devido a um defeito no sistema de transporte e o engenheiro de plantão resolveu adiar o regulamento até a manhã do mesmo dia. Talvez, a falta de comunicação entre os setores resultou no descuido do trabalhador em não ver que, até pensei, a luz verde estava acesa (luz de aviso), mostrando que a fonte está blindada; o mostrador digital não mostrou a mesma informação. O sistema eletrícista do parafuso de travamento falhou quando o alarme foi ativado, este sistema foi responsável por proteger a fonte. A dose do trabalhador foi de 22 Gy <sup>[14]</sup>.

Primeiramente, suspeitou-se como "doença do coração" à sua doença claramente então depois da observação adicional a exposição diagnosticou-se. O trabalhador morreu 13 dias após o acidente devido a insuficiência renal aguda subjacente à aplasia da medula óssea.

**Consequências:** 1 fatalidade.

## 102 Em progresso

### 103 Checoslováquia, 1982

**Data:** 1982-??-??

**Local:** Praga, Checoslováquia.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Um contêiner de transporte com  $^{192}\text{Ir}$  foi declarado vazio na entrega ainda no lado de fora e manipulado como se estivesse inativo. Isso resultou em uma dose de aproximadamente 2mSv de todo o corpo, não foi possível calcular as doses localizadas devido à falta de informação; a vítima apresentou dermatite no polegar direito e adotou-se tratamento conservador <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

### 104 Indonésia, 1982

**Data:** 1982-??-??

**Localização:** Badak, Indonésia.

**Tipo de acidente:** Instalação da fonte de lápis  $^{192}\text{Ir}$

**Descrição:** Segundo UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup> um reparo na fonte pelo operador resultou em uma dose estimada de 0,77 Gy em todo o corpo, 0,64 Gy nas gônadas e 11, 6 Gy nas mãos, a vítima sofreu com edema e supuração das mãos.

**Consequência:** 1 lesão.

### 105 Índia, 1982

**Data:** 1982-??-??

**Localização:** Mumbai, Índia.

**Tipo de acidente:** Evento de transporte em uma fábrica de lápis.

**Descrição:** A causa principal do acidente é descrita como um erro de segurança durante o transporte da fonte. Foi perdido uma fonte de gamagrafia ( $^{192}\text{Ir}$ ) na manufatura de lápis e posteriormente encontrado por operador ferroviário resultou em doses equivalentes a 1,5-35 Gy na pele da região pélvica e dose de corpo inteiro equivalente a 0,4-0,6 Gy, severa queima na região pélvica a partir da radiação adicionada à dor na excreção <sup>[14]</sup>.

**Consequência:** 1 lesão.

## 106 Em progresso

## 107 Em progresso

## 108 Em progresso

## 109 Em progresso

## 110 Em progresso

## 111 Em progresso

## 112 Em progresso

### 113 Alemanha, 1983

**Data:** 1983-??-??

**Localização:** República Federal Alemã.

**Tipo de acidente:** Equipamento de raios-x.

**Descrição:** Descrito como um "equipamento defeituoso" [14], resultando de uma exposição corporal parcial variando de 6-12 Gy; mudanças físicas localizadas.

**Consequências:** 1 lesão.

#### **114 Alemanha, 1983**

**Data:** 1983-??-??

**Localização:** Schwarze, Pumpe, República Democrática Alemã.

**Tipo de acidente:** Exposição a fonte de <sup>192</sup>Ir.

**Descrição:** Ocorreu quando uma pessoa foi acidentalmente exposta devido a defeito técnico e manuseio inadequado da fonte. A vítima recebeu aproximadamente 5 Gy na mão direita e teve radiodermatite aguda e crônica (primeiro grau) [14].

**Consequências:** 1 lesão.

#### **115 Índia, 1983**

**Data:** 1983-??-??

**Localização:** Mumbai, Índia

**Tipo de acidente:** Projetor <sup>192</sup>Ir.

**Descrição:** Segundo UNSCEAR (2000) [14], a principal causa deste acidente foi "operação por pessoal não treinado", resultando em doses na pele de 20 Gy e dose de corpo inteiro de 0.6 Gy. A vítima teve quatro dedos amputados.

**Consequências:** 1 lesão.

#### **116 Reino Unido, 1983**

**Data:** 1983-??-??

**Localização:** Reino Unido.

**Tipo de acidente:** Exposição da fonte gamagrafia.

**Descrição:** Este caso é descrito como uma exposição inadvertida de um profissional de radiologia. Exposição de todo o corpo estimada em 0,56 Gy [14].

**Consequência:** 1 lesão.

#### **117 Em progresso**

#### **118 Em progresso**

#### **119 Em progresso**

#### **120 Em progresso**

#### **121 Marrocos, 1984**

**Data:** 1984-03-19

**Local:** Casablanca, Marrocos.

**Tipo de acidente:** Fonte perdida.

**Descrição:** Uma fonte de <sup>192</sup>Ir com atividade de 600 GBq usada para fotografar soldas de metal [26] foi descartada e encontrada por uma família. O acidente causou oito mortes: um casal e quatro filhos, e afetou vários parentes que tinham decaimento hematológico. O acidente só foi revelado por acaso quando um médico identificou a etiologia dos sintomas. O diagnóstico foi feito somente após 80 dias [20]. [21].

**Consequências:** 8 mortes, 3 ferimentos.

## 122 Argentina, 1984

**Data:** 1984-??-??

**Localização:** Mendoza, Argentina.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental a uma fonte de  $^{192}\text{Ir}$ .

**Descrição:** Um operador empurrou a fonte para a câmara com os dedos causando uma exposição localizada de 18 Gy no dedo e 0,11 Gy em todo o corpo <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

## 123 Hungria, 1984

**Data:** 1984-??-??

**Localização:** Tiszafured, Hungria.

**Tipo de acidente:** Exposição à fonte  $^{192}\text{Ir}$ .

**Descrição:** A principal causa é a falha do equipamento e a manipulação descuidada da fonte. O acidente resultou em uma exposição de corpo inteiro de 46 mGy e foi estimado 20-30 Gy nos dedos da mão esquerda. Isso causou queimaduras e necrose em um dos dedos, onde a amputação tinha que ser feita. A vítima também apresentou uma pequena elevação na taxa de aberração cromossômica <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

124 Em progresso

125 Em progresso

126 Em progresso

127 Em progresso

128 Em progresso

129 Em progresso

130 Em progresso

131 Em progresso

## 132 Tchecoslováquia. 1985

**Data:** 1985-??-??

**Localização:** Petrvald, Tchecoslováquia.

**Tipo de acidente:** Ingestão de radioisótopo.

**Descrição:** Em uma instalação que usava diluição com uma agulha de solução de  $^{241}\text{Am}$  em um porta-luvas <sup>[14]</sup>, uma pessoa foi ferida por descuido e equipamento inadequado para o trabalho. Isto resultou na absorção de 600 Bq de amerício através de ferida e foi necessária uma excisão cirúrgica da ferida e administração de DTPA.

**Consequências:** 1 pessoa lesionada.

## 133 Índia, 1985

**Data:** 1985-??-??

**Localização:** Yamunager, Índia.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** A violação de produtores de segurança associada à falta de energia resultou na exposição acidental de dois indivíduos <sup>[14]</sup>. Cada operador teve dois dedos amputados. A dose foi estimada de 800 a 2000 rad para as mãos <sup>[14],[17]</sup>.

**Consequências:** 2 lesões.

### **134 Índia, 1985**

**Data:** 1985-??-??

**Local:** Visakhapatnam, Índia.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Segundo UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, esse caso ocorreu devido à violação de práticas seguras de trabalho e falta de manutenção.

**Consequências:** 2 lesões.

### **135 Em progresso**

### **136 Em progresso**

### **137 Em progresso**

### **138 Em progresso**

### **139 Em progresso**

### **140 China, 1986**

**Data:** 1986-??-??

**Localização:** Cidade de Kaifeng, China.

**Tipo de acidente:** Exposição à fonte gamagrafia.

**Descrição:** Este acidente é descrito como uma exposição acidental durante cerca de 3 minutos, resultando em doses para todo o corpo de 2,6 e 3,5 Gy <sup>[14],[17]</sup>.

**Consequência:** 2 lesões.

### **141 Em progresso**

### **142 Em progresso**

### **143 Argentina, 1987**

**Data:** 1987-01-??

**Localização:** Argentina.

**Tipo de acidente:** Roubo de material radioativo (avião).

**Descrição:** Alguns tambores contendo "bolo amarelo" caíram aproximadamente seis metros, durante uma operação de carregamento do Boeing 747 no Aeroporto Internacional de Ezeiza. Durante o outono, cerca de 50% dos 38 contêineres perderam suas tampas e uma certa fração do material radioativo, expandido em uma área de 200 metros quadrados. Alguns valores de "amarelo bolo" foram observados após a dispersão pelo vento, em cerca de 100 metros quadrados. Ações imediatas foram tomadas, cuidando da descontaminação e avaliação de problemas radiológicos <sup>[13]</sup>.

**Consequências:** Desconhecido.

**144 Em progresso**

**145 Em progresso**

**146 Indonésia, 1987**

**Data:** 1987-??-??

**Localização:** Cirebon, Java Ocidental, Indonésia

**Tipo de acidente:** Exposição a raios-x.

**Descrição:** Um indivíduo foi acidentalmente exposto a raios-x após realizar um reparo na blindagem da máquina durante a operação. A dose localizada das mãos foi de 10 Gy [14].

**Consequência:** 1 lesão.

**147 China, 1987**

**Data:** 1987-??-??

**Localização:** Zhengzhou, China.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Exposição a  $^{60}\text{Co}$  ao entrar na sala de irradiação por aproximadamente de 10 a 15 segundos. A dose de corpo inteiro desse indivíduo foi de 1,35Gy. Ele mostrou sintomas como náusea e anorexia 4 horas após o acidente e danos severos no sistema hematopoiético [14].

**Consequências:** 1 lesão.

**148 Em progresso**

**149 Em progresso**

**150 Checoslováquia, 1988**

**Data:** 1988-??-??

**Localização:** Praga, Checoslováquia.

**Tipo de acidente:** Acidente com  $^{241}\text{Am}$ .

**Descrição:** Uma fábrica de lâminas com amerício para uso em alarmes de incêndio utilizou um novo método não testado previamente, que com a falta de práticas de proteção contra radiação causou a inalação de 50 KBq do elemento radioativo [14].

**Consequência:** 1 lesão.

**151 Em progresso**

**152 China, 1988**

**Data:** 1988-??-??

**Local:** Zhao Xian, China.

**Tipo de acidente:** Exposição a uma fonte.

**Descrição:** Exposição acidental a fonte de  $^{60}\text{Co}$  ao entrar na sala de irradiação por 40 segundos resultando em dose de 5,2 Gy. A vítima apresentou a síndrome da medula óssea e após três anos conseguiu se recuperar [14].

**Consequência:** 1 lesão.

### **153 Em progresso**

### **154 Em progresso**

### **155 Bangladesh, 1989**

**Data:** 1988-??-??

**Localização:** Bangladesh.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Não há descrição da causa. A literatura apenas informa uma dose total de 2,3 Gy recebida pelo indivíduo <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

### **156 China, 1989**

**Data:** 1989-??-??

**Localização:** Pequim, China.

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Exposição acidental à fonte por 4 minutos, resultando em dose total de 0,87 Gy e 0,61 em cada vítima. Ambos tinham doença hematopoiética leve devido a radiação e se recuperaram <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 2 lesões.

### **157 China, 1989**

**Data:** 1989-??-??

**Localização:** China

**Tipo de acidente:** Exposição acidental à fonte.

**Descrição:** Não há detalhes sobre a causa do acidente, só é relatado uma exposição localizada acidental a um indivíduo com uma dose de 18,37 Gy <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

### **158 Índia, 1989**

**Data:** 1989-??-??

**Localização:** Hazira, Gujarat, Índia.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Este caso é descrito como uma falha de gerenciamento de segurança e manutenção inadequada, resultando em uma dose de 10 Gy para os dedos e dose total de 0,65 Gy para um indivíduo. A vítima teve queimaduras de radiação nos dedos e ambas as mãos <sup>[14]</sup>.

**Consequências:** 1 lesão.

### **159 África do Sul, 1989**

**Data:** 1989-??-??

**Localização:** Witbank, Transvaal, África do Sul.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Este acidente é caracterizado como uma fonte separada. Segundo UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, o radiologista foi negligente em não anexar a fonte adequadamente. Além disso, ocorreu falha do monitor portátil para registrar fonte desanexada. Tudo isso resultou em doses de corpo inteiro de três trabalhadores: 0,78; 0,9 e 0,1 Gy. A dose efetiva do mais exposto foi de 2,25 Sv. Ele foi submetida à amputação da perna direita no quadril e amputação de 3 dedos após um ano.

**Consequências:** 3 lesões.

## **160 El Salvador, 1989**

**Data:** 1989-02-05

**Localização:** San Salvador, El Salvador

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Três trabalhadores foram expostos a uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  com 0,66 PBq enquanto tentavam desprender uma fonte <sup>[14], [17], [20], [21], [27]</sup>.

O modelo do irradiador era um esterilizador gama JS6300. Esta versão utiliza cilindros pneumáticos (pistões) e rack de fonte retangular vertical. O proprietário da empresa em 1975 era um consórcio mexicano-salvadorenho-costa-riquenho e, um ano depois, foi vendido a um consórcio nos Estados Unidos da América. Finalmente, retornou à propriedade salvadorenha em 1987.

Durante as fases de construção e comissionamento da instalação, o fornecedor treinou três operadores em aspectos operacionais e de proteção radiológica. No entanto, esses três operadores treinados deixaram a empresa após a mudança de propriedade em 1975. A partir de então, qualquer treinamento de operadores era informal e oral apenas <sup>[27]</sup>.

Um acidente anterior ocorrido na instalação, em 1975, resultou em deformação no rack. Por causa do status político da área, a atitude de “fazer e reparar” foi feita e a fonte não foi reabastecida.

O ambiente social da área foi crucial para o desenvolvimento do acidente, o que levou a 14 anos de comunicação com o fornecedor, mas a instalação não teve o benefício das auditorias de segurança radiológica que normalmente acompanham qualquer reabastecimento da fonte pelo fornecedor.

No dia 2 de fevereiro, o suporte da fonte do irradiador ficou preso na posição de irradiação que o trabalhador tentou desbloquear o suporte da fonte. O acidente foi descoberto apenas quando no terceiro dia sintomas como queimaduras foram vistas. Duas semanas depois, o equipamento estava de volta à operação. A dose individual foi de 8,2 e 3 Gy com uma parte do corpo com mais de 10 Gy em uma delas. Todas as vítimas foram transportadas para um hospital especializado na cidade do México. Duas semanas depois, o caso foi controlado.

**Consequências:** 1 morte, 2 lesões.

**161 Em progresso**

**162 Em progresso**

**163 Em progresso**

**164 Em progresso**

**165 Em progresso**

**166 Em progresso**

## **167 Israel, 1990**

**Data:** 1990-06-21

**Localização:** Soreq, Israel.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Uma vítima recebeu dose absorvida de 10-20 Gy. A instalação esterilizou produtos médicos pré-embalados e especiarias por irradiação de uma fonte de cobalto-60 em

um rack de fonte móvel. O acidente aconteceu quando a fonte ficou presa na posição de irradiação devido à obstrução no transportador interno <sup>[20], [28]</sup>.

O modelo utilizado na Soreq foi um esterilizador gama Modelo JS6500 projetado, fabricado e instalado pela Atomic Energy of Canada Limited. Anos antes (1975-1981) vários acidentes envolvendo irradiadores ocorreram nos Estados Unidos da América, o que fez com que o fornecedor distribísse Aviso de Advertência IND-81-1, no qual se recomendava que uma blindagem de aço fosse colocada em torno da posição de irradiação para evitar tal obstrução. Além disso, foi feita uma recomendação para verificar rotineiramente as caixas do produto, bem como substituir as que estavam em más condições <sup>[28]</sup>.

A exposição ocorreu por causa dessa obstrução. Ele fez a fonte preso na posição de irradiação e junta ao sinal de alerta conflitante, o operador violou produtores de segurança destinados a entrar de sala de irradiação para liberar o bloqueio. Depois de um minuto, ele sentiu uma sensação de queimação em seus olhos e bateu em sua cabeça. Ele rapidamente saiu da sala e relatou o evento a um superior <sup>[28]</sup>.

Apesar de todos os esforços médicos, o trabalhador morreu 36 dias após o acidente por síndrome intestinal grave e problemas respiratórios <sup>[20], [28]</sup>.

**Consequências:** 1 morte.

## **168 China, 1990**

**Data:** 1990-06-25

**Local:** Shangai, China.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** De acordo com UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, sete trabalhadores entraram na câmara de irradiação durante uma falta de energia e com travamentos internos defeituosos. Isto resultou em doses entre 2 e 12 Gy. Duas vítimas morreram depois de receberem doses de 11 e 12 Gy.

**Consequências:** 5 lesões, 2 fatalidades.

## **169 Em progresso**

## **170 Em progresso**

## **171 África do Sul, 1990**

**Data:** 1990-??-??

**Localização:** Sasolburg, Transvaal, África do Sul.

**Tipo de acidente:** Fonte órfã.

**Descrição:** Segundo UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, seis indivíduos foram afetados devido a uma fonte perdida deixada para trás após a realização de uma radiografia. Os operadores não perceberam a ocorrência porque não estavam fazendo o monitoramento adequado. A vítima teve posse da fonte por 5-20 minutos e recebeu doses de corpo inteiro em excesso de 0,1 Gy com um máximo de 0,55Gy. Doses locais não puderam ser estimadas com precisão. Um indivíduo teve que ter sua mão amputada 10 cm acima do pulso, outros dois tinham bolhas nos dedos e outro tinha fragmentos de pele sensível nos dedos.

**Consequências:** 6 indivíduos afetados <sup>[14]</sup>, segundo Johnston <sup>[17]</sup> houve 4 lesões.

## **172 França, 1991**

**Data:** 1991-08-13

**Localização:** Forbach, França.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Três trabalhadores estavam em um acelerador linear reparando e fazendo a manutenção do dispositivo quando eles foram expostos. Ao fazer o trabalho deixaram a

tensão do acelerador ligada para economizar tempo. Dadas estas condições, os trabalhadores receberam alguns Grays por segundo. Quando a primeira queimadura apareceu foi atribuída à queimadura solar, somente após vários dias, quando uma série de agravamentos na saúde de uma das vítimas fez com que o mesmo fosse internado, suspeitaram da causa. Essa mesma vítima passou por uma série de enxertos de pele por um ano. Ele estava em estado precário até a sua morte, na primavera de 2007, 16 anos após a exposição, uma síndrome hemorrágica digestiva. <sup>[14], [21]</sup>

**Consequências:** 3 lesões.

### **173 Bielorrussa, 1991**

**Data:** 1991-??-??

**Localização:** Nesvizh, Bielorrussa.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Segundo UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, este caso foi uma “entrada indevida com fonte exposta”. Um indivíduo tinha uma dose total de 11 Gy e morreu 113 dias após a ocorrência.

**Consequência:** 1 fatalidade.

### **174 Em progresso**

### **175 Reino Unido, 1991**

**Data:** entre 1977 e 1991

**Localização:** Reino Unido.

**Tipo de acidente:** Exposição a fonte.

**Descrição:** Durante 14 anos <sup>[14]</sup> um trabalhador foi prolongado sobre-exposição a uma fonte de <sup>192</sup>Ir <sup>[17]</sup>. Sua dose de corpo inteiro foi de 14 Gy e a causa de seu evento é desconhecida. Ele morreu de leucemia em 1992.

**Consequências:** 1 fatalidade.

### **176 United States, 1991**

**Data:** 1991-??-??

**Localização:** EUA.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Este caso é descrito pela UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup> como “exposição à corrente escura” durante a manutenção resultando em dose de 55 Gy para os dedos, a maioria dos quais amputados.

**Consequência:** 1 fatalidade.

### **177 Em progresso**

### **178 Em progresso**

### **179 Em progresso**

### **180 Em progresso**

### **181 China, 1992**

**Date:** 1992-11-15

**Localização:** Jilin, Xinzhou, PRC.

**Tipo de acidente:** Fonte órfã.

**Descrição:** Uma fonte de  $^{60}\text{Co}$  foi perdida e recolhida por uma pessoa desavisada. Três indivíduos da família morreram como resultado de superexposição <sup>[17]</sup>.

**Consequência:** 3 fatalidades.

### **182 Suíça, 1992**

**Data:** 1992-??-??

**Localização:** Suíça.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** De acordo com UNSCEAR (2000) <sup>[14]</sup>, “fonte de 700 GBq presa e tirada à mão”. Resultou em eritema de dedos e doses de 3,5 a 10 Gy.

**Consequência:** 1 lesão.

### **183 China, 1992**

**Date:** 1992-??-??

**Localização:** China.

**Tipo de acidente:** Irradiador.

**Descrição:** Perda de potência associada a travamentos internos de segurança fora de ordem resultou em exposições de quatro indivíduos, sendo que um deles apresentava síndrome de radiação aguda <sup>[14]</sup>.

**Consequência:** 1 fatalidade, 3 feridos.

**184 Em progresso**

**185 Em progresso**

**186 Em progresso**

**187 Em progresso**

**188 Em progresso**

**189 Em progresso**

**190 Em progresso**

**191 Em progresso**

**192 Em progresso**

**193 Em progresso**

**194 Em progresso**

### **195 Brasil, 1997**

**Data:** 1997-09-??

**Localização:** Campinas, São Paulo, Brasil.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Em uma instalação, três indivíduos foram expostos a fonte de  $^{192}\text{Ir}$ . Dois deles estavam treinando operadores e o outro RIA. O acidente ocorreu quando um operador de treinamento, sem supervisão, reposicionou o equipamento industrial após quatro radiografias.

O ato fez a fonte se mover de seu lugar. O dosímetro TLD dos indivíduos marcou doses de 0,9 mSv a 345,50 mSv. Um dos operadores tinha exposição localizada de sua mão esquerda e corpo inteiro enquanto tentava colocar a fonte de volta ao seu lugar. Os trabalhadores tiveram sua licença suspensa. <sup>[13]</sup>

**Consequência:** 1 lesão.

**196 Em progresso**

**197 Em progresso**

**198 Em progresso**

**199 Em progresso**

**200 Em progresso**

**201 Em progresso**

**202 Em progresso**

**203 Em progresso**

**204 Em progresso**

**205 Em progresso**

**206 Estados Unidos, 2000**

**Data:** 2000-06-??

**Localização:** Illinois, Estados Unidos.

**Tipo de acidente:** Gamagrafia.

**Descrição:** Uma superexposição a um técnico de radiologia causou uma lesão. O acidente envolveu uma fonte de <sup>192</sup>Ir com 3.0 TBq em um local de trabalho temporário. O trabalhador experiente acreditava que a fonte era protegida após a exposição radiográfica, ele se aproximou da área do tubo guia e se ajoelhou em seu medidor de pesquisa. O medidor de taxa de alarme do trabalhador não estava funcionando corretamente devido à bateria fraca. <sup>[29]</sup>

Depois de trocar o filme de radiografia e destravar o tubo guia, ele notou que o cabo da unidade de origem ainda estava no tubo guia. Ele colocou a fonte de volta na posição protegida. Duas semanas depois, vermelhidão da pele em uma área de 2 centímetros de tamanho foi notada em sua panturrilha esquerda. A licença foi informada sobre o acidente em janeiro de 2002 e informou as autoridades. <sup>[29]</sup>

A dose estimada para o indivíduo foi de 15.000 mSv até a extremidade. O programa de monitoramento de radiação marcou uma dose de corpo inteiro de 9,1 mSv, um intervalo normal para esse indivíduo, com base nos registros da instituição. <sup>[29]</sup>

O radiologista passou por enxerto de pele em fevereiro de 2002. Não são esperados efeitos adversos a longo prazo para a saúde. <sup>[29]</sup>

**Consequência:** 1 lesão.

**207 Em progresso**

**208 Em progresso**

**209 Em progresso**

**210 Em progresso**

**211 Em progresso**

**212 Em progresso**

**213 Em progresso**

**214 USA, 2001**

**Date:** 2001-09-??

**Localização:** Baltimore, Maryland, Estados Unidos.

**Tipo de acidente:** Exposição gamacétrica acidental.

**Descrição:** De acordo com o NRC <sup>[29]</sup> “um radiologista empregado pela Accurate Technology Incorporated (ATI) de Tinton Falls, Nova Jersey, foi superexposta durante a realização de radiografia industrial”. O acidente ocorreu em Baltimore. O NRC foi notificado em setembro de 2001 e, enquanto as investigações ocorriam, a instalação mudou seu nome para United Evaluation Service Incorporated.

O acidente aconteceu em 25 de setembro, quando o radiologista achou que a fonte estava protegida quando realocou a câmera, a manivela, o tubo guia e o tubo de extensão em preparação para a próxima exposição. Ele não usou um medidor de pesquisa e não estava usando um dosímetro individual, um distintivo de corpo inteiro nem um medidor alarmante. <sup>[29]</sup>

Quando o radiologista notou que o dispositivo de autotravamento não estava na posição travada, ele retraiu a fonte para dentro da blindagem usando a manivela. A instalação foi notificada em 1º de outubro. <sup>[29]</sup>

O trabalhador tinha radiações queimadas e bolhas na mão. A estimativa da dose de corpo inteiro foi de 2.670 mGy. Havia um profissional assistente, mas ele não foi exposto. <sup>[29]</sup>

**Consequências:** 1 lesão.

**215 Em progresso**

**216 Em progresso**

**217 Em progresso**

**218 Em progresso**

**219 Em progresso**

**220 Em progresso**

**221 Em progresso**

**222 Em progresso**

**223 Em progresso**

**224 Em progresso**

**225 Em progresso**

**226 México, 2013**

**Data:** 2013-12-??

**Localização:** Hidalgo, México.

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** Um veículo foi roubado enquanto transportava equipamento medico com  $^{60}\text{Co}$  em desuso do Mexican Institute of Social Security.

**Consequências:** Desconhecido.

**227 México, 2015**

**Data:** 2014-07-??

**Localização:** Atizapán, Zaragosa, México.

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** Um veículo com fontes radioativas foi roubado e encontrado em Tlalnepantla. Doze estados foram alertados <sup>[13]</sup>.

**Consequência:** Desconhecidas.

**228 México, 2015**

**Data:** 2015-02-??

**Localização:** Guaranjo, México.

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** Um veículo foi roubado enquanto transportava  $^{192}\text{Ir}$  <sup>[13]</sup>.

**Consequências:** Desconhecido.

**229 México, 2015**

**Data:** 2015-04-??

**Localização:** Tabasco, México.

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** Um veículo foi roubado durante o transporte de fontes radioativas de  $^{192}\text{Ir}$ . Cinco estados ficaram sob alerta e a fonte foi achada perto de uma escola secundária <sup>[13]</sup>.

**Consequência:** Desconhecido.

### **230 México, 2016**

**Data:** 2016-??-??

**Localização:** San Juan del Rio, México

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** Um veículo foi roubado durante o transporte de fontes radioativas de  $^{192}\text{Ir}$ <sup>[30]</sup>.

**Consequência:** Desconhecido.

### **231 Estados Unidos, 2017**

**Data:** 2017-03-??

**Localização:** Texas, EUA.

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** Um veículo foi roubado durante o transporte de fontes radioativas de  $^{137}\text{Cs}$ <sup>[31]</sup>.

**Consequência:** Desconhecido.

### **232 México, 2018**

**Date:** 2018-07-16

**Localização:** Álvaro Obregón, Cidade do México, México.

**Tipo de acidente:** Roubo de carga.

**Descrição:** De acordo com a mídia local, um contêiner com urânio, tungstênio e o isótopo  $^{192}\text{Ir}$  foi roubado. O roubo do veículo, de uma empresa de radiografia industrial, ocorreu às 15h (horário local). A empresa Radiografía Industrial y Ensayos S.A. investigava o caso. <sup>[32]</sup>

**Consequência:** Desconhecido.

## REFERENCIAS

- [1] ANDREUCCI, Ricardo. **A Radiologia Industrial**. On line do acervo da abendi. Ed. Jul/2014.
- [2] IAEA. **Planning for the handling of radiation**. Safety-Series 32. Vienna: 1969
- [3] SKLET, Snorre. **Methods for accident investigation**. 2002. 75 f. ROSS 200208 – Norwegian University of Science and Technology.
- [4] SOUZA, D.C.B; VICENTE, R; ROSTELATO, M.E.C.M; *et al.* **Chernobyl – O Estado da Arte**. In: International Join Conference RADIO, 2014. Gramado, RS, Brazil. *Anais...* 15p.
- [5] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. A história da energia nuclear. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/historia-da-energia-nuclear.pdf>. Acesso: janeiro de 2016.
- [6] OAK RIDGE ASSOCIATED UNIVERSITIES. **Tho-Radia Items**. 2010. Disponível em: <<https://www.orau.org/ptp/collection/quackcures/Tho%20Radia%20Cards.html>>
- [7] OAK RIDGE ASSOCIATED UNIVERSITIES. **Early and Unusual Revigator (ca. 1924)**. 2009. Disponível em: <<https://www.orau.org/ptp/collection/quackcures/revigatorstraight.htm>>
- [8] SANSARE, K; KHANA,V.; KARJODKAR. **Early victims of x-ray: a tribute and current perception**. 2009. 3f. Dentomaxillofac Radiology, 2011.
- [9] INKRET, W.C; MEINHOLD, C.B; TASCHNER, J.C. Protection Standards. **Los Alamos Science**. United States: n23, 116-123p. 1995.
- [10] BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Resolução CNEN 013, de 1988. **Norma CNEN NE 5.01 – Transporte de Materiais Radioativos**.
- [11] TAUHATA, L; SALATI, I.P.A; PRINZIO, R.D; *et al.* Fontes Naturais e Artificiais de Radiação Ionizante. 50-52. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. 5º revisão. RJ: IRD/CNEN, 2003. 242p.
- [12] SOUZA, L.S. **As 10 recomendações mais importantes para a prevenção de acidentes radiológicos em gamagrafia industrial**. 2015. 41f – Rio de Janeiro: IRD.
- [13] CARREGADO, MA., TRUJILLO CERDA, L. **Accidentes e Incidentes na área nuclear na América Latina e Caribe: Recopilación Bibliográfica**. Buenos Aires: CNEA, 200 1. 62 p. ISBN 987-97059-7- 1 (Espanhol)
- [14] UNITED NATIONS. SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION. **Sources and effects of ionizing radiation**. New York: United States, 2000. vol. 1, p. 638 645. ISBN 92-1 -142238-8.
- [15] FRAME, P. **Radioluminescent paint**. 1999 on line, *Oak Ridge Associated Universities*. Disponível em:<<http://www.orau.org/ptp/collection/radioluminescent/radioluminescentinfo.ht>>. Acesso: 2018.
- [16] KOVARIK, B. The Radium Girls. in **Mass Media and Environmental Conflict: America's Green Crusades** by Mark Neuzil and Bill Kovarik, 1996. Sage Publishing. on line at Radford University. Disponível em: <<http://www.runet.edu/~wkovarik/hist1/radium.html>>. Acesso: 2017.
- [17] WM, J.R. **Database of radiological incidents and related events**. Disponível em: <<http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/radevents/index.html>> Acesso: 2016.
- [18] ILYIN, L. A.; SOLOVIEV, V. YU.; BARANOV, A.E.; *et al.* **Early medical consequences of radiation incidents in the former URSS territory**. 11<sup>th</sup> International Congress of IRPA, on line, IRPA.

- [19] IAEA. **Planning the Medical Response to Radiological Accidents**, n4.Vienna: 1998. Disponível em: < [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1055\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1055_web.pdf)> Acesso: 2017.
- [20] NENOT, J.C. **Radiation accidents: lessons learnt for future radiological protection**. International journal of Radiation Biology: vol. 73, no. 4, p.435-442. 1998.
- [21] NENOT, J.C. **Radiation Accidents Over The Last 60 Years**. Journal of Radiological Protection: 2010. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/journal/0952-4746>> Acesso: 2016.
- [22] ORTIZ, P.; ORESEGUN, M.; WHEATLEY, J. **Lessons from major radiation accidents**. 10f. 2000 on line, *International Radiation Protection Association* <<http://www.irpa.net/irpa10/cdrom/00140.pdf>>. Acesso: 2017.
- [23] HARRISON, N. T.; ESCOTT, P.C; G. DOLPHIN, G.W; *et al.* **The investigation and reconstruction of a severe radiation injury to an industrial radiography in Scotland** Sept. 1973. 3rd IRPA Congress Proceedings. *Anais...* 9p. Disponível em: < [http://www2000.irpa.net/irpa3/cdrom/VOL.3A/W3A\\_115.PDF](http://www2000.irpa.net/irpa3/cdrom/VOL.3A/W3A_115.PDF)>. Acesso: 2018.
- [24] GUSEV; I.A; GUSKOVA,A.K; JR, F.A.M. **Medical Management of Radiation Accidents**. 2<sup>nd</sup> ed.Washington,.D.C: 2001. ISBN:0-8493-7004-3.
- [25] BIAU, A. **Radiation protection of the workers in industrial radiography: the point of view of the regulatory body in France**. 2001,on line, European ALARA Network.
- [26] MARSHAL, E. **Marocco Reports Lethal Radiation Accident**. Science. Vol. 225, Issue 4660, pp. 395. 27 Jul 1984. Disponível em < [sciencemag.org/content/225/4660/395.3](http://sciencemag.org/content/225/4660/395.3)>. Acesso: 2017.
- [27]IAEA. **The Radiological Accident in San Salvador**. Vienna. 1990
- [28] IAEA. **The Radiological Accident in Soreq**. Vienna: 1993.
- [29] U.S NUCLEAR REGULATORY COMMISSION OFFICE OF NUCLEAR REGULATORY RESEARCH. **Report to Congress on Abnormal Occurrences**. NUREG-0090, v25. United States: 2002.
- [30] PODER LEGISLATIVO FEDERAL COMISION PERMANENTE. **Primera Comisión Gobernación, Puntos Constitucionales y Justicia**. México: 2017.
- [31] BBC. **US nuclear materials stolen last year are still missing**. Julho de 2018. Disponível em:<<https://www.bbc.com/news/world-us-canada-44852863>>. Acesso: Setembro de 2018.
- [32] CNN. **“Why are stolen radioactive sources in Mexico and for what are used?”** Julho de 2018. Disponível em: < <https://cnnespanol.cnn.com/2018/07/09/por-que-se-roban-las-fuentes-radiactivas-en-mexico-y-para-que-se-usan/>> Acesso: Setembro 2018.