



## 248 - A ENERGIA NUCLEAR E O SEU USO NA ÁREA DA SAÚDE

**Leal, L. L.**<sup>(1)</sup>

Graduando em Gestão Ambiental – Faculdade de Tecnologia Deputado Ary Fossen.

**Goes, C.**<sup>(2)</sup>

Graduando em Gestão Ambiental – Faculdade de Tecnologia Deputado Ary Fossen.

**Zanetti, D.**<sup>(3)</sup>

Graduando em Gestão Ambiental – Faculdade de Tecnologia Deputado Ary Fossen

**Ferraretto, T. R. G.**<sup>(4)</sup>

Professora do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental – Faculdade de Tecnologia Deputado Ary Fossen

**Pereira, F. A. C. P.**<sup>(5)</sup>

Professora do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Turismo – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida União dos Ferroviários, 1760 – Ponte de Campinas – Jundiaí – SP - CEP: 13201-160  
Tel: +55 (11) 4523-0092 e-mail: [luanleiteleal82@gmail.com](mailto:luanleiteleal82@gmail.com)

### RESUMO

Um elemento é considerado radioativo quando é capaz de emitir radiações fortes. Tem um período de meia-vida que é o período para diminuição na emissão de radiação, sendo três as partículas que podem ser emitidas: Alfa ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ) e Gama ( $\gamma$ ). A radiação é usada na produção de energia, de bombas atômicas, na propulsão de submarinos nucleares, dentre outros. Com os avanços científicos, foi possível o desenvolvimento de um dos ramos da medicina, a Medicina Nuclear, que possibilitou o uso de elementos radioativos na área da saúde: na cura de doenças, tratadas através da radiação ionizante, que pode matar células tumorais e doentes, impedir o crescimento anormal e inflamações de tecidos. Seu uso também está presente diagnósticos, tratamentos e esterilização de materiais hospitalares. O presente estudo objetiva conhecer os efeitos positivos e negativos da energia nuclear na saúde humana, e, entender a grande controvérsia que envolve a radiação: ora apontada como causadora de doenças, ora utilizada no tratamento terapêutico dessas mesmas doenças. Objetiva, também, conhecer a correta forma de descarte dos resíduos nucleares provenientes da área da saúde. Para tanto, a metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica, com pesquisas realizadas em sites, artigos, livros que versam sobre o assunto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação, Acidente, Saúde.

### INTRODUÇÃO

Um elemento é considerado radioativo quando o mesmo é capaz de emitir radiações fortes. As emissões ocorrem quando um átomo está com excesso de partículas e precisa liberar energia na forma de radiação para ocorrer a estabilização do mesmo. Elementos radioativos têm um período de meia-vida que é o período para diminuição na emissão de radiação. São três partículas que podem ser emitidas:

- Alfa ( $\alpha$ ): são partículas positivas com dois prótons e dois nêutrons, têm alto poder de irradiação e baixa penetração, pode ser bloqueada pela pele ou por uma folha de papel. Quando um átomo emite a partícula  $\alpha$ , seu número atômico reduz em 2 unidades e o número de massa em 4 unidades, tornando-se outro elemento (BRAGA, B. et al., 2005).
- Beta ( $\beta$ ): são partículas negativas que possuem apenas um elétron, possui penetração na pele, mas é bloqueada por chapa de metal. Quando um átomo emite partícula  $\beta$ , o número atômico aumenta 1 unidade e o número de massa não muda (BRAGA, B. et al., 2005).
- Gama ( $\gamma$ ): É um tipo de radiação eletromagnética, esse tipo de radiação pode atingir as células humanas, mas pode ser bloqueada por chumbo ou concreto. Neste tipo de radiação não há variação no número atômico e número de massa (BRAGA, B. et al., 2005).

A radiação é usada para a produção de energia nas usinas nucleares a partir de fissão nuclear. Outra forma de utilização da radioatividade é na indústria bélica na produção de bombas atômicas e bombas de hidrogênio que utilizam fissão nuclear e fusão nuclear, respectivamente. O uso da radioatividade também está presente na saúde, usada para diagnósticos, como:

- Raios-X: Tipo de radiação que tem a capacidade de penetrar em diversos organismos vivos consegue penetrar em tecidos de baixa densidade e não conseguem atravessar tecidos de grande densidade como os ossos. Seu uso é no diagnóstico por imagem, como exemplo lesões nos ossos.



- **Cintilografia:** Usada para exames com imagens onde o resultado é visto com o uso do contraste. Elementos químicos podem ter radioisótopos, que são elementos radioativos formados a partir de outro elemento químico, com variações no número de massa, por exemplo, o Urânio (U-238), o Tecnécio (Tc-99) e o Iodo (I-131) (PRADO et al., 2015).

## **OBJETIVO(S)**

O presente estudo objetiva conhecer os efeitos positivos e negativos da energia nuclear na saúde humana, e entender a grande controvérsia que envolve a radiação: ora apontada como causadora de doenças e ora utilizada no tratamento terapêutico dessas mesmas doenças. Objetiva, também, conhecer a correta forma de descarte dos resíduos nucleares provenientes da área da saúde.

## **METODOLOGIA**

Através de pesquisa descritiva e utilizando-se de dados qualitativos foi desenvolvido o presente artigo. Para a construção do mesmo foram consideradas pesquisas realizadas em sites, artigos, livros que versam sobre o assunto.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Na área da saúde, a energia nuclear pode ser utilizada em diagnósticos, através da realização de exames mais precisos para detecção de diversas enfermidades como: câncer, doenças coronarianas, entre outras. A tecnologia nuclear também pode ser empregada em tratamentos como a radioterapia, que tem a finalidade de eliminar células cancerígenas. Pode ainda ser empregada na irradiação do sangue visando evitar rejeição em pacientes transplantados. Outra aplicação na saúde é a esterilização de materiais hospitalares e farmacêuticos. A esterilização de materiais de uso médico-hospitalar é feita através da exposição dos mesmos à radiação delta. Como essa radiação trata-se apenas de energia, sem liberação de partículas, os objetos podem ser esterilizados já em suas embalagens finais, normalmente feitas de plástico, já que este é transparente para a radiação  $\delta$ . Os microrganismos são mortos quando expostos à radiação, devido à alta energia da mesma. Este processo acaba sendo extremamente vantajoso em relação aos que são feitos com produtos químicos, pois pode-se esterilizar um grande volume de materiais de uma só vez, já nas embalagens finais do produto (BRASIL, 2001).

### **Radiofármacos**

Segundo Cardoso et al. (2012), a Medicina Nuclear é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias. É a especialidade que utiliza pequenas quantidades de substâncias radioativas para diagnosticar ou tratar certas doenças. Já a cintilografia é um dos ramos da medicina nuclear que pode ser considerada como uma das técnicas mais eficientes para obtenção de diagnóstico de patologias pois, avalia o funcionamento fisiológico dos órgãos, diferente das demais (radiografia, tomografia, ultrasonografia) que avalia apenas sua morfologia (XAVIER, 2007).

Uma das técnicas mais importantes, e modernas, no tratamento e diagnóstico de doenças é a utilização dos radiofármacos, que são obtidos a partir de radioisótopos produzidos em reatores nucleares ou em aceleradores de partículas. Esses radioisótopos são, em geral, associados a substâncias químicas (fármacos) que se associam a órgãos ou tecidos específicos do corpo humano (SILVESTRE, 2007).

O radiofármaco é produzido a partir de elementos radioativos de meia-vida curta, da ordem de horas ou dias, ou seja, em um curto prazo diminuem sua atividade para níveis desprezíveis, minimizando a possibilidade de dano ao paciente. O principal material empregado em medicina nuclear é o tecnécio-99m (cérebro, glândulas salivares, fígado, pulmão, rins, sistema linfático, ossos e estômago), que tem meia-vida de seis horas, ou seja, a cada seis horas a radiação emitida cai pela metade. Outros radiofármacos são iodo-131 (tireoide, pulmão e rins) de meia-vida de 8 dias, iodo-123 (tireoide e rins) de meia-vida de 13 horas, irídio-192 (garganta) de meia-vida de 75 dias, tálio-201 (coração) de meia-vida de 3 dias, cromo-51 (intestino e rins) de meia-vida de 27,7 dias, gálio-67 (tecidos moles) de meia-vida de 3 dias (GONÇALVES e ALMEIDA, 2005; SILVESTRE, 2007).

Radiofármacos administrados a pacientes concentram-se nos órgãos de maior preferência. Um exemplo é o radiofármaco utilizado no exame da tireoide, o iodo-131, radioisótopo que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias. Após a administração e absorção do iodo pela glândula, um detector de radiação



é passado pela frente do pescoço do paciente, permitindo obter um mapeamento, em preto e branco ou colorido, da tireoide (CARDOSO et al., 2012). O radiodiagnóstico é feito por comparação com um mapa padrão de uma tireoide normal. A área mais brilhante indica maior concentração do radioisótopo. Esta técnica é também empregada para diagnósticos de outros órgãos, como fígado e pulmão (CARDOSO et al., 2012).

Hoje, os radiofármacos usados em medicina nuclear no Brasil são, em grande parte, produzidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) através de seus institutos (Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN/MG, Instituto de Engenharia Nuclear - IEN/RJ e Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/SP). (CARDOSO, 2012).

## Radioterapia

A radioterapia teve suas primeiras aplicações através do elemento rádio pelo casal Curie, para destruir células cancerosas, conhecida inicialmente como “Curiterapia”. Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados, apresentando um maior rendimento (XAVIER, 2007).

A exposição prolongada à radiação a um baixo nível acarreta riscos à saúde como câncer e mutação do DNA e a exposição curta de alto nível de radiação causa queimaduras e náuseas, porém, sempre existiu a preocupação em reduzir a quantidade e o poder de penetração da radiação utilizada, devido, principalmente, à grande controvérsia que envolve a radiação, que ora é a causadora de doenças e ora é utilizada no tratamento terapêutico dessas mesmas doenças (MARIZ, 2012; XAVIER, 2007).

A radioterapia é a área da medicina que, através da radiação ionizante, trata de determinados tipos de cânceres e, também, algumas doenças benignas. A radiação poderá matar as células tumorais, em um câncer, desinflamar um tecido, em uma doença benigna, como certos tipos de artrite e impedir o crescimento anormal de um tecido, como um queloide (TEODORO, 2014). O mais importante deste tratamento é que as células doentes são destruídas com maior rapidez e eficiência que as células saudáveis, assim, obtêm-se resultados positivos na eliminação total ou parcial dos tumores tratados com radiação.

De acordo com Gonçalves e Almeida (2005), existem duas modalidades de radioterapia: a teleterapia (tele, do grego à distância) ou também chamada de radioterapia externa, que é feita com o uso de aparelhos de cobalto ou aceleradores lineares; e a braquiterapia (brachys, do grego próximo) quando é usada fonte de radiação em contato direto com os tecidos a serem irradiados.

Na teleterapia ou radiação externa, a distância entre o equipamento e a região a ser tratada, geralmente, é de 80 a 100 centímetros. O equipamento é apontado para a região alvo do corpo (campo), onde um feixe de radiação ionizante penetra através da pele. Os aparelhos mais usados são o de cobaltoterapia (aparelhos de Cobalto-60), e os aceleradores lineares que produzem diferentes tipos de feixes e diferentes energias de raios X (Gonçalves e Almeida, 2005).

A braquiterapia, por outro lado, utiliza fontes radioativas para implantes ou moldagens em regiões próximas ao tumor. São utilizadas fontes radioativas de Césio-137, Ouro-198, Irídio-192, Iodo-125, Paládio-103 entre outros, com formas de sementes, tubos ou micro-fontes que são aplicadas por tempo determinado ou mesmo inseridas permanentemente no órgão, liberando radiação gama ou beta, como é feito, por exemplo, em tratamentos de câncer de útero e no tratamento de câncer de próstata, respectivamente. A vantagem desse tratamento é afetar mais fortemente o tumor, devido à proximidade da fonte radioativa, e preservar os tecidos saudáveis e órgãos próximos do tumor (TAUHATA et al., 2014).

## Efeitos Biológicos

Segundo Braga et al (2005) “Os efeitos causados pelas radiações podem ser reversíveis, se houver possibilidade de restauração da célula, parcialmente reversíveis ou mesmo irreversíveis, no caso do câncer e da necrose”.

A contaminação com radiação pode ter danos a curto e longo prazo, de acordo com a taxa de exposição, porém, não há efetiva certeza nos danos causados, pois cada célula reage de uma maneira à radiação (BRAGA, B. et al., 2005).

Tabela 1: Efeitos da exposição aguda à radiação em um adulto (BRAGA, B., 2005 apud CNEM, 2004 b).

Atuação ou forma	Dose absorvida	Sintomas
Infraclínica	<1 Gy	Ausência de sintomas
Reações gerais leves	1 a 2 Gy	Astenia, náuseas e vômitos (3h a 6h após a exposição e sedação após 24h)
Hematopoiética	2 a 4 Gy	Função medular atingida (linfopenia; leucopenia; trombopenia;



leve		anemia). Recuperação em 6 meses.
Hematopoiética grave	4 a 6 Gy	Função medular gravemente atingida.
DL50	4 a 4,5 Gy	Morte de 50% dos indivíduos expostos.
Gastrintestinal	6 a 7 Gy	Diarreia, vômitos e hemorragias. Morte em 5 ou 6 dias.
Pulmonar	8 a 9 Gy	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte entre 14h e 36h.
Cerebral	>10 Gy	Morte em poucas horas por colapso.

Gy é a unidade de medida Gray que corresponde à unidade de dose absorvida, representa a quantidade de energia de radiação ionizante absorvida por unidade de massa, 1 Joule de radiação por 1 quilograma de matéria.

Os danos sofridos em uma célula não alteram outras a não ser no caso de óvulos e espermatozoides (efeitos hereditários) (BRAGA, B. et al., 2005).

Os efeitos da radiação dependerão do(a): tipo de radiação ionizante; profundidade de penetração, que é função da energia de radiação; meia-vida biológica (se ingerido); área ou volume do corpo exposto à radiação; dose absorvida; atividade da fonte de radiação; e meia-vida do elemento (BRAGA, B. et al., 2005).

Tabela 2: Limites primários anuais de dose equivalente (BRAGA, B., 2005 apoud CNEM, 1988)

Dose equivalente	Trabalhador	Indivíduo do público
Dose equivalente efetiva	50 mSv	1mSv
Dose equivalente para órgão ou tecido	500 mSv	1mSv/Wt
Dose equivalente para a pele	500 mSv	50 mSv
Dose equivalente para o cristalino	150 mSv	50 mSv
Dose equivalente para extremidades (mãos, antebraços, pés e tornozelos)	500 mSv	50 mSv

Wt- fator de ponderação para órgão ou tecido

mSv- Unidade de medida microSievert, mede o impacto da radiação no corpo humano.

## DESCARTE DE RESÍDUOS NUCLEARES NA ÁREA DA SAÚDE

Os resíduos de saúde são classificados em 5 grupos, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA):

- **Grupo A:** resíduos com a possível presença de agentes biológicos, podem apresentar riscos de infecção. Devem ser acondicionados em sacos branco leitoso;
- **Grupo B:** contém substâncias químicas, podendo apresentar riscos à saúde pública e/ou ao meio ambiente (poluição de águas e solo). Acondicionados de forma a observar as exigências para cada tipo de resíduo químico;
- **Grupo C:** contém radionuclídeos, reutilização imprópria. Importante mantê-los em recipientes rígidos, forrados internamente com sacos plásticos resistentes e identificados;
- **Grupo D:** equiparados aos resíduos domiciliares, não apresentam riscos biológicos, radiológicos ou químicos. Devem ser depositados em sacos plásticos impermeáveis contidos em recipientes e receberem identificação. Caso tenha possibilidade de reciclagem, a identificação deve ser feita por códigos, cores e nomeações, de acordo com a Resolução CONAMA 275/01.
- **Grupo E:** materiais perfuro cortantes. Descartados separadamente, após o uso ou necessidade de descarte, em recipientes resistentes a ruptura e vazamentos, com tampas e identificáveis, não pode ser reaproveitado. Seu símbolo é semelhante ao do grupo A, porém, este sempre deve conter a identificação “resíduo perfuro cortante” em lixeiras.





Figura 1: Identificação e Classificação dos Resíduos, INCINERADORA, 2014.

Fica claro que nem todos os resíduos gerados em hospitais são tão prejudiciais (como os do grupo D), mas os que são, podem causar impactos à saúde humana e ao meio ambiente. Para que não ocorram problemas para quem frequenta os hospitais (funcionários e pacientes), ou até para quem mora ou trabalha perto de hospitais, existem várias entidades regulamentadoras de resíduos, como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), ANVISA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e, governos estaduais e municipais, estes têm a obrigação de estabelecer normas para o manejo de resíduos.

Todo hospital é obrigado pelos órgãos reguladores a formularem um plano de gerenciamento de resíduos, para não prejudicar o local ou os arredores. O gerenciamento segundo a CONAMA 358 (2005), deve conter as seguintes etapas:

- **Segregação:** Separação de resíduos no momento e local de geração, de acordo com suas propriedades físicas, químicas, biológicas e riscos envolvidos, e, identificados de acordo com seu grupo de resíduo;
- **Acondicionamento:** Embalar os resíduos em sacos, já identificados e segregados, em recipientes que evitem vazamentos e resistam a rupturas;
- **Transporte Interno:** Consiste no transporte dos resíduos do local de geração até o local de armazenamento temporário. Os profissionais que realizam este transporte devem estar trajados com equipamentos de proteção individual (EPIs);
- **Armazenamento Temporário:** Deve ser feito em containers ou carrinhos específicos para cada grupo. Segundo a Resolução nº50 (2002) da ANVISA, os locais para este tipo de armazenamento devem possuir o piso e a parede de cor branca, lisa e de fácil lavagem, iluminação artificial, tela de proteção contra insetos em ralos e janelas e inclinação projetada para o escoamento de água;
- **Armazenamento Externo:** Ambiente específico para cada um dos resíduos diferentes, que deve ter fácil acesso para os veículos coletores e escoamento de água ligado a uma rede coletora de esgoto;
- **Coleta e Transporte externo:** Os resíduos são levados para estações específicas de tratamento ou disposição final. Os resíduos dos grupos D e E normalmente são recolhidos pela limpeza pública da região. O restante é feito por empresas privadas;
- **Disposição Final:** Disposição dos resíduos sólidos em solo previamente preparado para estes tipos de resíduos;
- **Tratamento:** Onde os resíduos têm suas características físicas, químicas e biológicas alteradas por tratamentos específicos em unidades de tratamento.

#### Segregação, Acondicionamento e Tratamento de Resíduos do Grupo C

Rejeitos radioativos são considerados quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista (USP).



Os rejeitos radioativos podem ser classificados e acondicionados da seguinte forma:

- Rejeitos radioativos sólidos: Acondicionados em recipientes de material rígido, forrado internamente com saco plástico resistente;
- Rejeitos radioativos líquidos: Frascos até 2 litros ou em bombonas de material compatível com o líquido armazenado (plástico) resistente, rígidos e estanques com tampa rosqueada, vedante, acomodados em bandejas de material inquebrável e com profundidade;
- Perfurocortantes contaminados com radionuclídeos: Recipientes rígidos, estanques, com tampa, sendo proibido o esvaziamento desses recipientes para o seu aproveitamento. Após decaimento do elemento radioativo a níveis do limite de eliminação estabelecidos pela CNEN NE 6.06;
- Resíduos do Grupo A, sobras de alimentos contaminados com radionuclídeos Observar o estado de conservação durante o tempo de decaimento do elemento radioativo. Para os alimentos poderá ser adotada metodologia de trituração destes alimentos na sala de decaimento. (FONSECA, 2009).

O tratamento dos rejeitos radioativos gerados num estabelecimento de saúde deve ser realizado conforme a Norma CNEN-NE-6.05 – Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas. O tratamento utilizado é o armazenamento para decaimento de sua radioatividade. O tempo necessário para o decaimento varia de acordo com a “meia vida” de cada elemento radioativo. Cuidados especiais devem ser tomados para não misturar radionuclídeos diferentes. Os rejeitos radioativos devem ser encaminhados para o depósito de decaimento, licenciado para instalação. Após o tempo de decaimento da radioatividade os rejeitos devem ser monitorados, verificando se o nível de radiação atingiu o limite para liberação, podendo ser encaminhados para a disposição final ou tratamento, conforme a sua nova classificação (grupo A, B ou D) (FONSECA, 2009).

CNEN - NE - 6.05 - GERÊNCIA DE REJEITOS EM INSTALAÇÕES RADIATIVAS						
RADIONUCLÍDEO	T <sub>1/2</sub>	PERÍODO	LIMITES			
			LÍQUIDO		SÓLIDO	
			Concentração (mCi mL <sup>-1</sup> )	Atividade total (mCi)	Atividade específica (nCi g <sup>-1</sup> )	Isenção (mCi)
C-14	5730	anos	2,00E-02	1.000	75	10
Ca-45	165	dias	3,00E-04	1.00	75	1
Co-57	270	dias	2,00E-02	—	75	10
Cr-51	27,8	dias	5,00E-02	10.000	75	10
F-18	110	minuto	2,00E-02	10.000	75	10
Ga-67	78	horas	9,00E-05	—	75	—
H-3	12,3	anos	1,00E-01	10.000	75	100
I-125	60	dias	4,00E-05	10	75	1
I-131	8,05	dias	6,00E-05	10	75	1
LIMITES PARA DESCARTE DE REJEITOS (continuação)						
CNEN - NE - 6.05 - GERÊNCIA DE REJEITOS EM INSTALAÇÕES RADIATIVAS						
RADIONUCLÍDEO	T <sub>1/2</sub>	PERÍODO	LIMITES			
			LÍQUIDO		SÓLIDO	
			Concentração (mCi mL <sup>-1</sup> )	Atividade total (mCi)	Atividade específica (nCi g <sup>-1</sup> )	Isenção (mCi)
P-33	25	dias	9,00E-05	—	75	10
Rb-86	19	dias	2,00E-03	100	75	10
S-35	87	dias	2,00E-03	1.000	75	10
Sm-153	47	horas	2,00E-03	1.000	75	10
Tc-99m	6	horas	2,00E-01	1.000	75	100
Th-201	74	horas	9,00E-03	1.000	75	10

Figura 2: Limite para descarte de resíduos radioativos, FONSECA, 2009.

## Acidente Radiológico



Em 13 de setembro de 1987, dois catadores de lixo encontraram um aparelho de raio-X abandonado. Percebendo o valor da peça, mesmo sem saber do que se tratava, a desmontaram e levaram a um ferro velho para vender. Devair, o dono do ferro velho, observou a peça e percebeu um pó brilhante de cor azul e o levou para casa mostrar para sua esposa: encantados com o brilho do pó mostraram para vizinhos e conhecidos e Devair entregou parte do pó a seu irmão, Ivo, que também levou para casa e mostrou para esposa e filhos. Leide das Neves, filha de Ivo, encantou-se com o material e ingeriu parte do pó juntamente com a comida. Após poucos dias os primeiros sintomas começaram a aparecer nas pessoas contaminadas, porém, ao ir ao médico este identificava os sintomas, entre eles vômitos, dores de cabeça e na barriga, como sendo sintomas de intoxicação alimentar, receitava remédios e os liberava para retornar para casa. No dia 28 do mesmo mês, percebendo que cada vez mais pessoas apresentavam os sintomas e, suspeitando daquele estranho pó, Maria Gabriela, esposa de Devair, recolhe o material e leva até a Vigilância Sanitária onde é identificado como Césio 137 que era utilizado para a realização de exames de raio X (o Césio 137 é um radioisótopo do césio, podendo também ser obtido com a fissão do Urânio. Sua meia-vida é de 30 anos quando se transforma em Bário-137). Após a descoberta do problema se inicia uma busca por todos os infectados com o material no estádio local. Com um aparelho medidor da taxa de radiação os médicos identificam 249 pessoas contaminadas com a radiação, 120 delas descontaminadas apenas com banhos de água e vinagre, 14 dentre as outras 129 tiveram sintomas agravados e foram transferidas para o Rio de Janeiro, as outras vítimas receberam acompanhamento médico. No dia 23 de outubro do mesmo ano, Leide das Neves, Maria Gabriela e dois funcionários de Devair faleceram em virtude da alta radiação presente em seus corpos. As 10 vítimas restantes do Rio de Janeiro e outras 6 ficaram internadas por mais um tempo. Devair morreu 7 anos depois como consequência dos problemas causados pelo Césio, o “brilho da morte” segundo ele, já seu irmão, Ivo, morreu 16 anos depois após se tornar alcoólatra por problemas psicológicos (SULEIDE, 2012).

Durante as análises de contaminados os médicos utilizaram o aparelho Geiger que indicou em Leide das Neves um valor acima dos possíveis para medição, ela é considerada a maior fonte humana de radiação. Ela, sua tia e os funcionários do ferro velho foram enterrados em caixões de chumbo devido ao nível de radiação presente em seus corpos. Todos os objetos contaminados, roupas, mobília das casas e demais materiais que entraram em contato com o pó foram depositados em caixas de chumbo, enterradas em solo de concreto no município de Abadia de Goiás e cobertas com terra onde hoje nascem plantas normalmente. A área faz parte do Parque Estadual Telma Ortegal onde também existe uma unidade do CNEM (Comissão Nacional de Energia Nuclear) e há monitoramento da radiação emitida pelos rejeitos para prevenir a contaminação e vazamentos. Os rejeitos acumulam cerca de 6 mil toneladas de lixo radioativo, sendo divididos de acordo com a taxa de contaminação, aqueles considerados de nível 5 podem demorar até 300 anos para diminuir os riscos que podem fornecer (SULEIDE, 2012).

#### Impactos atuais aos contaminados e seus descendentes

Atualmente os contaminados recebem atendimento especial, em virtude das possíveis doenças que podem desenvolver por causa do contato com o Césio 137. São cerca de 738 vítimas que recebem acompanhamento especial, divididos em 3 categorias, 1 e 2 e seus filhos fazem exames a cada semestre e a cada ano, respectivamente. Já as vítimas 3, cerca de 578 das 738, tem disponibilidade de atendimento específico, mas não são monitoradas periodicamente. Diversas doenças foram desenvolvidas pela população que teve contato com o material entre elas câncer, problemas odontológicos e psicológicos. Um dos problemas mais graves hoje existentes, está a doença radio neurite, observada em 22 indivíduos do grupo 1, o que representa cerca de 45% dos indivíduos. Os fatores psicológicos são, hoje, os mais presentes, de forma que varia entre medo de morte, medo de desenvolver câncer, perda de autoestima e compulsão social em virtude do preconceito vivido por todas as vítimas. Devido a estes traumas psicológicos o uso de drogas e álcool tornou-se frequente entre as vítimas, como forma de diminuir os impactos sofridos pelo preconceito e pelo medo de possíveis doenças (SULEIDE, 2012).

#### CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento humano, avanços científicos e descobertas em diversas áreas da ciência foi possível o desenvolvimento de um dos ramos da medicina, a Medicina Nuclear, que possibilitou o uso de elementos radioativos na cura de doenças, tratadas através da radiação ionizante, que pode matar células tumorais e doentes, impedir o crescimento anormal e inflamações de tecidos.

É importante ressaltar que os elementos químicos radioativos devem ser descartados da maneira correta, principalmente pelos riscos elevados à saúde e ao meio ambiente, que o descarte incorreto pode causar, desse modo, deve ser realizado um plano de gerenciamento de resíduos, pois, são elementos extremamente perigosos





e nocivos. Caso sejam descartados incorretamente, como em lixões, ferro velho ou qualquer local irregular, esse tipo de material, pode prejudicar o solo, o meio ambiente e os seres vivos, como o acidente radiológico ocorrido no estado de Goiás, causado pelo descarte incorreto de um equipamento de Raios-X.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ANVISA - *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Resolução 50, 2002. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2002/50\\_02rdc.pdf](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2002/50_02rdc.pdf)>. Acesso em: 27 de maio de 2017.
2. BRAGA, B. et al.; *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª edição. São Paulo: Pearson. 2005. p.159-167.
3. BRASIL, Ministério da Saúde. *Orientações gerais para a central de esterilização*. Brasília (DF), 2001 pg. 23. Disponível em: <[http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/orientacoes\\_gerais\\_central\\_esterilizacao\\_p1.pdf](http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/orientacoes_gerais_central_esterilizacao_p1.pdf)>. Acesso em: 22 de maio de 2017.
4. CARDOSO, E. M. et al.; *Apostila Educativa – A Energia Nuclear e suas aplicações*, CNEN, Rio de Janeiro 3ª ed. 2012. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>>. Acesso em: 22 de maio de 2017.
5. CONAMA - *Conselho Nacional do Meio Ambiente*. Resolução 358, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 27 de maio de 2017.
6. FONSECA, J. C. L. da. *Manual para gerenciamento de resíduos perigosos / Janaína Conrado Lyra da Fonseca; colaboração de Mary Rosa Rodrigues de Marchi*. - São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Disponível em: <[http://www.sorocaba.unesp.br/Home/CIPA/Manual\\_de\\_Residuos\\_Perigosos.pdf](http://www.sorocaba.unesp.br/Home/CIPA/Manual_de_Residuos_Perigosos.pdf)>. Acesso em: 30 de maio de 2017.
7. GONÇALVES, O.D.; ALMEIDA, I, P. S. *Energia Nuclear e Seus Usos na Sociedade. Ciência Hoje*. Volume 37. n. 220. 2005. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2005/220/a-energia-nuclear-e-seus-usos-na-sociedade/>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
8. INCINERADORA, C. da Classificação do Lixo em Hospital, 2014. Disponível em: <<http://figuereadoacacio.blogspot.com.br/2014/11/classificacao-do-lixo-em-hospital.html>>. Acesso em 30 de maio de 2017.
9. MACHADO, N. L.; MORAES, L. R. S. *Revisitando As Soluções Adotadas No Brasil Para Tratamento e Destino Final*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso do Sul, 2003.
10. MARIZ, C. H. *Energia nuclear: Prós e Contras*. Salvador: Press Collor, 2012.
11. PRADO, A.L. et al.; *Radiofármacos*, 2015. Disponível em: <[www.fumec.br/revistas/eol/article/download/2963/1733](http://www.fumec.br/revistas/eol/article/download/2963/1733)>. Acesso em: 29 de maio de 2017.
12. REVISTA DO CEDS. São Luís, Maranhão. 2014. Disponível em: <<http://www.undb.edu.br/ceds/revistadoceds>>. Acesso em: 24 de maio de 2017.
13. SILVESTRE, C. H. C. et al. A energia nuclear e seus usos na sociedade, 2007. Disponível em: <[trad.fis.unb.br/pet-fisica/artigos/Energia\\_nuclear\\_e\\_seus\\_usos\\_na\\_sociedade.pdf](http://trad.fis.unb.br/pet-fisica/artigos/Energia_nuclear_e_seus_usos_na_sociedade.pdf)>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
14. SULEIDE. *Césio 137 Goiânia*. 2012. Disponível em: <<http://www.cesio137goiania.go.gov.br/index.php>> Acesso em: 12 de maio de 2017.
15. TAUHATA, L. et al. *Radioproteção e Dosimetria*, Fundamentos, 10ª revisão, IRD/CNEN, abril/2014 Disponível em: <[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/45/073/45073465.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/45/073/45073465.pdf)>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
16. TEODORO, V. *Noções Básicas de Radioterapia*. 1º Congresso Internacional de Radiologia. Cidade do Leste, Paraguai. 2014. Disponível em <<http://www.conter.gov.br/pdf/upload/upload/aprespar.pdf>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
17. USP. *Cartilha de Orientação de Descarte de Resíduo no Sistema FMUSP-HC*. Disponível em: <[http://www2.fm.usp.br/gdc/docs/cep\\_5\\_grss\\_2\\_cartilha.pdf](http://www2.fm.usp.br/gdc/docs/cep_5_grss_2_cartilha.pdf)> Acesso em: 30 de maio de 2017.
18. XAVIER, A. M. et al. *Marcos da História da Radioatividade e Tendências Atuais, Química Nova*. vol.30. nº 1. São Paulo, Jan./Feb. 2007, Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No1\\_83\\_18-RV05217.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No1_83_18-RV05217.pdf)>. Acesso em: 22 de maio de 2017.