

# **Uma Proposta Didática na Utilização da História da Ciência para a Primeira Série do Ensino Médio: A Radioatividade e o cotidiano**

**Giovana Teixeira Pinto  
Deividi Marcio Marques**

## **A RADIOATIVIDADE**

Os processos radioativos são inquestionavelmente muito presentes em nossos dias e, segundo pesquisas, há grandes perspectivas de que no futuro estarão ainda mais presentes, principalmente, na utilização da energia nuclear nas usinas de geração de energia elétrica, nas bombas de Cobalto-60, utilizado no tratamento contra o câncer, nos exames clínicos nos quais são usados marcadores radioativos, como o iodo, na datação de fósseis com carbono-14, na indústria alimentícia para a esterilização de alimentos, evitando o uso de aditivos químicos, entre outras aplicações relevantes.

No entanto, não se pode deixar de mencionar os riscos oferecidos pelo uso de radiações, como contaminações em rios, ar e solo, os iminentes riscos de explosões nas usinas nucleares, doenças e acidentes, sem contar com o problema do descarte seguro de tais resíduos. Daí sua importância no ensino escolar com maior dedicação e aprofundamento, que se tornou motivação deste trabalho.

Infelizmente os tópicos de radiações nucleares são inclusos na maioria dos livros didáticos da segunda ou terceira série do Ensino Médio, no final da unidade físico-química, quando já não se dispõe de tempo suficiente para ser trabalhado.

É por essas e outras razões que o tema Radioatividade nos parece ser bastante relevante quando pensamos em Ensino Médio. De certa maneira tal tema vem sendo abordado, mas de forma bastante superficial, pois quase sempre é deixado para ser ensinado nos últimos meses do ano. Geralmente

são abordados com mais profundidade os aspectos relativos aos constituintes do núcleo atômico e as reações de emissões nucleares, muitas vezes sem qualquer relação com o cotidiano do aluno.

Outro aspecto importante é a ausência dos fatos históricos. A História da Radioatividade é trabalhada de forma restrita deixando os alunos sem nenhum subsídio que desperte algum interesse.<sup>1</sup> Por meio da História da Ciência pode se resgatar os fatos a fim de se obter uma descrição coerente e organizada de suas bases e dos fundamentos tanto observacionais quanto experimentais, e dessa forma ter uma visão dos recursos disponíveis, tanto físicos, como químicos, em finais do século XIX e início do XX.<sup>2</sup> Além disso, a História da Ciência possibilita o acesso ao processo gradativo e lento da construção do conhecimento, das limitações, dos métodos, e desmistifica o conhecimento científico sem destituir seu valor.<sup>3</sup>

Esta perspectiva contribui para a mudança no foco do ensino, envolvendo alunos e professores, com a finalidade de propiciar uma visão crítica e dinâmica, promovendo ainda, uma contribuição mais humanizada, tornando o ensino mais interessante para uma verdadeira visão da Ciência e de suas dimensões histórica e cultural.<sup>4</sup>

O presente trabalho tem por objetivo propor a inserção deste tema na primeira série do Ensino Médio, pois é nesse estágio que os alunos aprenderão os primeiros conceitos fundamentais sobre atomística, ou seja, a constituição e estrutura da matéria, massas atômicas, características dos átomos e tabela periódica.

Devido às radiações provocarem a ionização do ar ao redor, é necessário que o aluno também já tenha conhecimentos sobre ligações químicas (íons). Assim, a partir disso, seria conveniente apresentar na

---

<sup>1</sup> Marilde B. Z. Sá, "O Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade nos textos sobre Radioatividade e Energia Nuclear nos livros didáticos de Química" (dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 2006).

<sup>2</sup> Deividi M. Marques, "As investigações de Ernest Rutherford sobre a estrutura da matéria: Contribuições para o Ensino de Química" (dissertação de mestrado, UNESP – Bauru, 2006).

<sup>3</sup> Lillian Al-Chueyr P. Martins, "A História da Ciência e o Ensino de Biologia". *Jornal Semestral do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino e Ciência FE- UNICAMP* 5 (1998): 18-21.

<sup>4</sup> F. L. Mariano, "História da Ciência e o Ensino de Ciências: a visão dos profissionais da área" (monografia de conclusão de curso, UNESP – Bauru, 2006), 29.

sequencia as transformações no núcleo atômico, a estabilidade, os tipos de emissões radioativas, a cinética da desintegração, assim como estratégias em abordar o eixo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, conforme prevê os Parâmetros Curriculares Nacionais.<sup>5</sup>

Diante de tais constatações busca-se aqui apresentar uma proposta de ensino de radioatividade para a primeira série do Ensino Médio, elaborada a partir de matérias encontradas em jornais e trechos adaptados de material histórico sobre radioatividade<sup>6</sup>.

## **A PROPOSTA**

Apresentaremos nossa proposta de ensino de radioatividade que abrange a História da Radioatividade, a descoberta das partículas radioativas, aplicações, perigos e acidentes. Cada um dos planos é composto por questões sem respostas explícitas nos textos, ou seja, questões de reflexão para que se desperte no aluno o ato de pensar, de refletir sobre os processos, assim sendo, incentivar debates e discussões sobre o assunto em sala de aula, propondo maior interação e participação dos estudantes. Algumas atividades também utilizam reportagens extraídas de jornais como a *Folha de São Paulo* e *Jornal Cambuci e Aclimação* de São Paulo.

### **Aula 1 – Leitura de reportagens de Jornais referentes aos vinte anos do acidente radioativo de Goiânia. (Anexo)**

#### **Objetivos**

A primeira aula tem por objetivo abordar de forma geral os aspectos constituintes do tema através das matérias publicadas recentemente nos

---

<sup>5</sup> Brasil, Ministério da Educação e Desportos. *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. (Brasília:MEC,2000),5-6. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf> (acessado em 08 de novembro de 2007).

<sup>6</sup> O material histórico sobre radioatividade pode ser consultado na monografia de conclusão de curso que originou esse trabalho. G. Teixeira, "Uma proposta didática na utilização da História da Ciência para a primeira série do Ensino Médio. Ensino da Radioatividade e suas consequências sócio – culturais" (monografia de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista-Bauru, 2007).

jornais, a fim de familiarizar os alunos com o fenômeno radioativo e a partir daí aprofundar os conceitos nas aulas seguintes.

## **Metodologia**

Na primeira aula, a sala será dividida em cinco grupos, então serão distribuídas aos grupos matérias retiradas do jornal *Folha de São Paulo* e do *Jornal Cambuci e Aclimação*; serão cinco artigos diferentes relacionados aos vinte anos do acidente radioativo ocorrido na cidade de Goiânia em 1987.

Reportagens estas que relatam sobre as causas do acidente ocorrido em 1987 e principalmente sobre as consequências que os moradores ainda sofrem, como discriminação com relação a perigos de contágio, problemas emocionais enfrentados pelas vítimas como transtornos mentais, depressão, sequelas ainda como câncer, problemas ósseos e estomacais, alcoolismo entre outros. E também sobre a mudança de postura da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que passou a ser mais descentralizada e com maior transparência após o ocorrido, e ainda, o maior controle do país no que diz respeito a fontes radioativas, em virtude de hoje haver conhecimento sobre as consequências de um acidente radioativo. Nenhuma das reportagens aborda conceitos científicos sobre o fenômeno.

A partir da leitura de cada grupo de seu artigo, serão propostas algumas questões gerais sobre o assunto Radioatividade, a fim de mapear o grau de conhecimento dos alunos em relação ao assunto em geral.

Nesse momento as questões serão feitas para a sala toda para se avaliar as opiniões individuais dos alunos.

Essas questões servem, portanto, de ponto de partida para o ensino da História da Radioatividade, incluindo os processos radioativos, sua relação com a sociedade, aplicações, perigos, aspectos positivos e negativos que a envolvem, que são apresentadas na sequência.

## **Questões:**

1. O que você entende por Radioatividade? Já ouviu falar sobre isso?
2. Qual seria, para você, a principal causa do acidente?

3. Quais são algumas das consequências que um acidente radioativo pode causar a longo prazo?
4. Quando um acidente é considerado nuclear?
5. Qual a diferença entre contaminação e irradiação por material radioativo?
6. Um material radioativo é necessariamente um material contaminante?
7. Uma pessoa que foi contaminada oferece algum risco a uma pessoa que se aproximar dela?
8. Como se deu a propagação do Césio -137 para as vizinhanças da casa onde a bomba foi desmontada?
9. Sabendo-se que a meia vida do Césio 137 é de 16 anos. O que você entende por esse termo meia vida? O que ocorre com a substância após um período de meia vida?
10. Quais são as consequências do mau uso ou uso por pessoas não habilitadas das radiações?
11. A radiação pode em sua opinião ter aplicabilidade benéfica? Quais?
12. Quais os impactos e a influência que a radioatividade pode trazer para a sociedade?
13. Em casa, procurar saber, com os pais, o que eles se lembram a respeito do acidente radioativo ocorrido em Goiânia em 13 de setembro de 1987.

## **Aula 2 – A História da Radioatividade**

### **Objetivos**

Tem-se como objetivo nessas duas aulas que se seguem apresentar aspectos que abrangem a História da Radioatividade e a descoberta das partículas radioativas a fim de construir conceitos reais a respeito do referido assunto, através de textos e atividades desenvolvendo assim seu lado crítico, para que os alunos compreendam os processos que envolvem o tema, e possam argumentar quando questionados.

## Metodologia

A partir desse momento, nas aulas 2 e 3, serão apresentados alguns textos sobre a História da Radioatividade e, ao final de cada aula, serão propostas questões, formuladas não de maneira mecânica ou direta, para que os alunos simplesmente as encontrem nos textos de apoio, e sim questões que os levem a pensar, a questionar, e a se interessar em responder.

Os alunos deverão estar divididos em grupos de no máximo quatro alunos, visando manter o controle da sala e a participação de cada aluno do grupo para estimular debates ao trabalhar as atividades.

## Texto

Wilhelm Conrad Roentgen, em novembro de 1895, espantou o mundo ao anunciar a descoberta de um “novo tipo de raio” e que era possível através dele “ver” dentro do corpo humano. Assim descobriu acidentalmente os raios X, quando fazia experiências em seu laboratório na cidade alemã de Wurzburg, quando visualizou os ossos de sua mão em uma tela opaca, colocada entre um tubo e uma placa de vidro, sobre a qual espalhara um composto fosforescente.

Henri Becquerel se interessa pela descoberta dos raios X devido à possível relação entre a fluorescência e fosforescência, que são processos onde um material absorve luz em uma determinada frequência e a emite em outra frequência. Fluorescência é quando a substância emite luz enquanto estiver recebendo luz de alguma outra fonte, e fosforescência é quando a substância continua a emitir luz durante um tempo, mesmo depois de deixar de ser iluminada.

Bequerel procurou estudar o caminho inverso ao observado por Roentgen, ou seja, se as substâncias fluorescentes ou fosforescentes seriam capazes de emitir por si próprios os raios X.

A radioatividade é o fenômeno pelo qual os núcleos atômicos sofrem transformações e emitem radiações nesse processo podendo formar novos

elementos químicos. Foi descoberta por Henri Becquerel, em março de 1896, ano seguinte àquele em que Roentgen descobriu os raios X.

Becquerel estudou em particular os espectros de fluorescência dos sais de urânio. Como não havia substância com mais intensa fluorescência que estes sais, ele expôs ao sol então uma amostra do sal de urânio, o sulfato duplo de urânio e potássio e o depôs sobre uma chapa fotográfica embrulhada em papel preto por várias horas. Animou-se quando observou que a chapa tinha sido escurecida pelo sal de urânio, antes mesmo do papel, como ocorria com os raios X. Havia descoberto algo mais poderoso e misterioso que os raios de Roentgen, o poder de um sal de urânio para emitir uma penetrante radiação com a capacidade de velar uma chapa fotográfica e sem relação com a exposição à luz, aos raios X ou a nenhuma outra fonte de luz externa.

Portanto, os “raios de urânio” ou raios de Becquerel não tinham ligação com a fosforescência ou com a fluorescência e sim com o elemento urânio.

Em março de 1896, Becquerel anunciou que os efeitos inesperados por esses raios só podiam ser devidos aos raios emanados espontaneamente pelo sal de urânio.

Esta radiação, inicialmente conhecida como raios de Becquerel, foi chamada de radioatividade pela polonesa Marie Sklodowska Curie em 1898.

A procura de outros materiais além do urânio que pudessem emitir as mesmas radiações levou à descoberta de que o tório emitia o mesmo tipo de radiação, observada em todos os seus compostos examinados. Marie Curie estudou vários minerais além de substâncias puras e todos os minerais tanto de tório quanto de urânio emitiam radiações.

Marie Curie estudou cuidadosamente a radioatividade de diversos compostos de urânio e de tório, concluindo que as intensidades das radiações emitidas eram proporcionais às quantidades de urânio e de tório existentes nos compostos, não interessando a natureza do composto. Concluiu então, que a radioatividade não era propriedade dos compostos daqueles metais, e sim que era própria do urânio e do tório, ou seja, era um

fenômeno atômico, os quais certos elementos químicos estão sujeitos a emitirem radiação, característico dos átomos desses metais.

Marie e seu marido Pierre Curie estudaram posteriormente a plechblenda (óxido de urânio), apresentando um trabalho ainda de maior importância. Relatando que talvez contivesse outro mineral radioativo e desconhecido nesse material que emitisse radiação além do urânio, se empenha então em tentar isolar essa substância, dedicando-se a um trabalho de química analítica, separando progressivamente os constituintes da plechblenda.

Conseguiu através de experimentos separar 100 miligramas de cloreto de rádio de várias centenas de quilos de plechblenda, determinou sua massa e verificou que este era espontaneamente luminoso e cerca de quatrocentas vezes mais ativo que o urânio. O novo metal se comportava como o bismuto, mas não tinha raios espectrais que pudessem ser notados, indicando a evidência de um novo elemento, o Polônio.

Na sequência de seus trabalhos, ainda em 1898, foram apresentadas pelo casal Curie, evidências de outro elemento radioativo, quimicamente semelhante ao bário, também extraído da plechblenda, material esse novecentas vezes mais ativo que o urânio. Passaram então a trabalhar com essa fração e em 1898 descobriram um novo elemento denominado por eles de Rádio devido à intensa radiação que emitia.

Na mesma época, André-Louis Debierne descobriu, trabalhando com resíduos de urânio do casal Curie, um novo elemento radioativo, denominado Actínio.

Em 1903 o casal Curie juntamente com Henri Becquerel foram laureados com o Prêmio Nobel de Física. A natureza e a diversidade das radiações emitidas por materiais radioativos foi sendo gradualmente estabelecida.

Em 1889, Ernest Rutherford, iniciou seus estudos a fim de desvendar a natureza dos raios de Becquerel.



Em 1901, André-Louis Debierne verificou um gás com propriedades radioativas originárias do rádio. A esse gás que fora nomeado por emanção de rádio, hoje, se trata do gás nobre Radônio.

**Questões:**

1. O que mudou no seu conceito no que diz respeito à radioatividade?
2. Pode-se relacionar a luminosidade dos ponteiros de um relógio a algum dos fenômenos descritos no texto?
3. O que significa a radioatividade ser um fenômeno atômico?
4. O que você entende ao ler que um radioisótopo é mais ativo que outro?
5. O casal Curie estudando a plechblenda que é um minério de urânio desconfiaram da existência de outro elemento radioativo nesta. Por quê?

**Aula – 3 - A descoberta das partículas radioativas****Objetivo**

Apresentar os trabalhos de Ernest Rutherford e de Paul Villard no que se refere à descoberta das partículas alfa e beta e da radiação gama.

**Metodologia**

Abordar textos com os alunos, elaborados a partir dos materiais pesquisados, que envolvem as partículas radioativas, definindo seu poder de penetração, processos de desintegração e suas utilizações como, por exemplo, a datação por carbono 14.

**Texto**

Dando sequencia às pesquisas das substâncias radioativas chegamos aos trabalhos de Ernest Rutherford, jovem cientista neozelandês que em 1889, iniciou seus estudos a fim de desvendar a natureza dos raios de Becquerel, em Montreal, na Universidade de McGill (Canadá), onde era recém-contratado, por recomendação de Joseph John Thompson, então diretor do Cavendish Laboratory da Inglaterra.

No ano seguinte, concluiu que a emissão proveniente de substâncias radioativas era complexa e constituída por no mínimo dois tipos de radiação. Imaginava que eram tipos diferentes de raios X.

Em um artigo de 1899, intitulado "Radiação do Urânio e a Condução Elétrica Produzida" (*Uranium Radiation and the Electrical Conduction Produced by it*), Rutherford estabeleceu a existência de dois tipos distintos de radiação, ambas provenientes do urânio: uma era rapidamente absorvida, a radiação alfa ( $\alpha$ ) e a outra era mais penetrante, a radiação beta ( $\beta$ ).

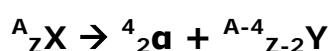
Mais tarde, após a descoberta do Rádio por Mme Curie, Paul Villard, em 1900 na França, estudando esse elemento notou outro tipo de radiação, semelhante às radiações alfa e beta, porém ainda mais penetrante, que foi chamada de radiação gama ( $\gamma$ ).

As partículas alfa e beta provocam ionizações de forma direta por colisão com átomos e elétrons do meio. Já os raios gama provocam de forma indireta transferindo sua energia para outras partículas, que por sua vez provocam ionizações.

Um núcleo radioativo com número atômico alto pode emitir partículas para que sua energia interna seja diminuída. Elementos cujo número atômico é superior a 83 são considerados radioativos em virtude da instabilidade nuclear.

Os núcleos emitem radiações do tipo alfa, beta e ou gama em cada decaimento e cada um deles é mais organizado que o núcleo anterior, essas sequências de núcleo são denominadas séries ou famílias radioativas.

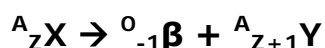
Quando um núcleo radioativo emite partículas alfa, emite na verdade, um núcleo de um átomo de Hélio ( ${}^4_2\text{He}$ ), que é composto por dois prótons e dois nêutrons ligados entre si, com alguma energia cinética, é um gás nobre por não reagir quimicamente com outros elementos. O átomo de um elemento radioativo, quando emite uma partícula alfa origina um novo elemento com número de massa quatro unidades a menos e número atômico com duas a menos, ou seja, perde dois prótons e dois nêutrons.



Para elementos químicos com número atômico superior a 83 não existem isótopos estáveis, sendo que a maior parte destes núcleos decai por emissões alfa, onde um núcleo radioativo transmuta para outro elemento dois números atômicos abaixo na tabela periódica. A emissão de um grupo de partículas positivas constituídas por dois prótons e dois nêutrons e da energia a elas associada é um dos processos de estabilização de um núcleo com excesso de energia.

Devido a essa taxa grande de perda de energia, o poder de penetração dessas partículas é bem pequeno, ou seja, poucos centímetros no ar e decímetros de milímetros em tecido humano. As partículas alfa podem ser bloqueadas com camadas bem finas de matéria.

Já as partículas beta ( $\beta$ ) são, na verdade, elétrons ejetados do núcleo atômico. Um elétron tem quase duas mil vezes menos massa do que um próton, fazendo com que as partículas beta tenham sua energia cinética bem maior que as partículas alfa. Sendo assim as partículas beta perdem menos energia na colisão, e têm em geral maior poder de penetração na matéria, na ordem de alguns metros no ar ou de poucos centímetros no tecido humano. Quando um radionuclídeo emite uma partícula beta, seu número de massa (soma do número de prótons com o número de nêutrons) permanece constante e seu número atômico (número de prótons existente no núcleo do átomo) aumenta em uma unidade.



Quando existe um excesso de nêutrons no núcleo em relação aos prótons, é através da emissão de partículas negativas, um elétron, que há a estabilização, que resulta da conversão de um nêutron em um próton, é a chamada partícula beta negativa ou somente partícula beta.

Caso exista excesso de prótons, a emissão é de uma partícula beta positiva, ou pósitron, agora resultante da conversão de um próton em um nêutron. Um nêutron pode se decompor em um próton ou um elétron.

A radiação beta é então constituída de partículas emitidas por um núcleo, sendo da transformação de nêutrons em prótons (partículas beta) ou de prótons em nêutrons (pósitrons).

Os raios gama ( $\gamma$ ), por se tratar de ondas eletromagnéticas, se propagam com velocidade igual à da luz (300.000 Km/s), portanto com maior energia e conseqüentemente menor comprimento de onda. Na emissão de um raio gama, o núcleo não transmuta a energia do estado excitado somente é transferida para fora do núcleo dito "meta estável" que após a emissão, se acomoda em um estado de menor energia, sua emissão não altera nem o número atômico e nem o número de massa de um átomo.

Ao contrário das radiações alfa e beta, que são constituídas por partículas, a radiação gama é formada por ondas eletromagnéticas que são emitidas por núcleos instáveis logo após a emissão de uma partícula alfa ou beta.

Esses raios são bastante penetrantes, pois a probabilidade da interação destes com um dado meio tende a ser baixa.

Foi também Rutherford que estabeleceu que a radiação gama é uma onda eletromagnética mais energética, porém de mesma natureza que os raios X.

Uma substância radioativa se desintegra até a última transformação, até a substância que não é mais radioativa, isto é, uma substância estável. O conjunto de todas as substâncias radioativas que vão se desintegrando sucessivamente umas nas outras é chamado família radioativa.

Rutherford relatou em um artigo de 1900, a existência de um fato inesperado. Notou que uma substância quando exposta durante certo tempo na presença de tório, tornava-se radioativa, que essa radioatividade decaía rapidamente e desaparecia em poucos dias. A essa substância nova, chamou de emanção, que suposto por ele poderia ser vapor do tório, depositado na superfície da substância exposta uma invisível camada de material radioativo.

No mesmo ano, apresentou seus estudos com compostos de tório. Descobriu que estes possuíam a propriedade de produzir uma radioatividade em todas as substâncias sólidas à sua proximidade por algum tempo. Essa radioatividade emitida por essas substâncias decaía com o tempo, em progressão geométrica, diminuindo em aproximadamente onze horas à

metade do seu valor inicial, independentemente da quantidade de matéria e de sua natureza. Possivelmente surgira assim o termo meia vida (ou período de semidesintegração) de uma substância radioativa.

Após certo intervalo de tempo, o número de núcleos radioativos se reduz à metade. Cada elemento radioativo se transmuta, ou seja, se desintegra ou decai, a uma velocidade particular, de frações de segundos até mesmo a bilhões de anos. Passado um período de tempo equivalente a uma meia vida de um dado radionuclídeo, metade do número total de núcleos radioativos terá sofrido uma desintegração nuclear.

Um dos exemplos da aplicação do conceito de meia vida é na datação de fósseis por carbono 14. O carbono 14 é isótopo do carbono 12, tem meia vida de 5730 anos.

### **Questões:**

- 1-Como você imagina ser uma desintegração radioativa? O que ocorre, por exemplo, com um átomo após sofrer tal processo?
- 2-Qual a diferença entre uma desintegração radioativa e uma reação química?
- 3-Onde ocorre o fenômeno radioativo? Como?
- 4-Somente a emissão de radiação gama por um dado radionuclídeo pode afetar seu número atômico ou número de massa? Por quê?
- 5-Um mesmo elemento pode emitir mais de um tipo de radiação?
- 6-As famílias radioativas têm um produto final? Desintegram-se até onde?

O carbono 14, isótopo do carbono 12, é usado em datações tem meia vida de 5730 anos. A idade de um material pode ser determinada com base na taxa de decaimento de um material radioativo; largamente utilizada em antropologia e arqueologia. O carbono ocorre essencialmente como dois isótopos estáveis, 98,9% de carbono 12, e 1,1% de carbono 13. Na atmosfera o isótopo carbono 14, que é radioativo e emite radiação beta, é criado pela interação da radiação cósmica (partículas e fótons de alta energia) com átomos de nitrogênio.

Uma vez formado o carbono 14 é oxidado a  $^{14}\text{CO}_2$ , tornando-se parte do ciclo do carbono. A quantidade de carbono radioativo é aproximadamente constante no planeta. As plantas o absorvem através da fotossíntese e o convertem em compostos orgânicos, sendo assim incorporados aos tecidos vivos pela alimentação. A quantidade de carbono 14 aumenta à medida que a planta cresce até que se estabeleça um equilíbrio entre a quantidade do radioisótopo na planta e na atmosfera. Enquanto a planta ou animal estiverem vivos, existirá um equilíbrio entre o radioisótopo assimilado e a quantidade perdida no decaimento. Após sua morte, não haverá mais renovação dos átomos de radiocarbono em seu organismo, mas o decaimento beta continua.

Dessa forma, a proporção entre as concentrações de carbono 12 e carbono 14 começará a diminuir. Essa proporção, relacionada à meia vida do carbono radioativo nos estima sobre quando um dado organismo vivo morreu.

*A partir desse texto sobre a utilização do isótopo radioativo carbono 14 na datação de fósseis, como você explicaria o processo?*

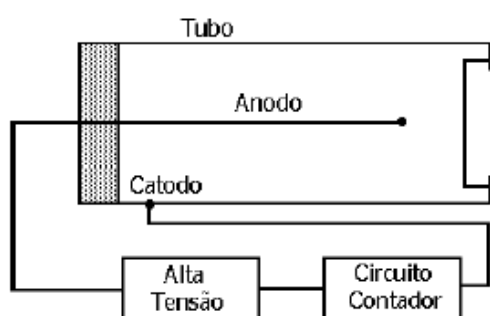
Existem vários tipos de detectores de radiação, como o Geiger-Muller, os de cintilações, de silício entre outros.

Os detectores ou contadores Geiger-Müller foram introduzidos em 1928, permitem detectar a presença das radiações ionizantes tais como as partículas alfa, beta e gama, portanto permite medir a energia das partículas.

É constituído de um cilindro metálico que contém em seu interior uma mistura de gases (como argônio ou hélio) e um eletrodo positivo, o ânodo, que está ligado a um circuito exterior.

O invólucro metálico serve de cátodo (eletrodo de potencial zero). Entre o cátodo e o ânodo se aplica uma diferença de potencial. Quando a radiação entra pelo detector provoca a ionização desse gás, ou seja, retira um elétron do átomo. O elétron é então atraído para o ânodo e o íon para o

cátodo. Produz-se um sinal elétrico, pois quando os elétrons atingem o eletrodo positivo provocam um abaixamento do potencial deste. Quando o íon atinge o cátodo o sinal desaparece, e a diferença de potencial é restabelecida. Este sinal permite a detecção da radiação que atravessa o detector através da produção de pulsos elétricos numa taxa relacionada com a intensidade da radiação.



**Figura 1 - À esquerda esquema de montagem de um contador Geiger-Müller e à direita um contador portátil.**

*Qual o princípio fundamental de mensuração da radiação? Dê exemplos de onde se pode ser utilizados esses detectores.*

## **Aula 4 - Aplicações das Reações Nucleares**

### **Objetivos**

As aulas 4 e 5 têm por objetivo proporcionar aos alunos condições de relacionar os diversos fenômenos que envolvem a Radioatividade, suas aplicações e perigos desenvolvendo a capacidade crítica e conscientizando-os da importância da relação Radioatividade – Sociedade.

### **Metodologia**

Nas duas próximas aulas, ao final dos textos de apoio, assim como nas aulas anteriores haverá algumas questões, que ainda em grupos, os

alunos deverão refletir antes de responder, assim sendo interagir com os colegas, podendo o professor avaliar o grau de conscientização que os alunos formaram a respeito da utilização e da importância da radiação em uma sociedade.

Sendo conveniente chamar a atenção dos alunos, mostrando o avanço da Ciência no que diz respeito ao uso das radiações, deixando de lado a burocracia, que pode impedir os avanços tecnológicos, por má informação e uso inadequado dessas técnicas.

### **Texto**

Após a descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Rontgen, em 1895, os cientistas notaram que esses raios poderiam ter grandes aplicações. Nos anos seguintes, os médicos trabalharam ativamente com os físicos no exame de corpos humanos. As primeiras aplicações da radiação estão relacionadas às fraturas dos ossos. Os médicos aprenderam a diagnosticar usando a radiografia. Por volta de 1920, somente, é que se iniciaram os estudos relacionados à aplicação de raios X na inspeção de materiais.

Hoje em dia os raios X são usados na medicina em radiologia diagnóstica através de uma dose oral ou por injeção de um radioisótopo de vida curta e radioatividade baixa, onde cada elemento químico tem uma tendência natural em se acumular em determinado órgão, fazendo assim o mapeamento do órgão, pela detecção por meio de contadores. Dessa forma são descobertos tumores em início de seu desenvolvimento, sem que o paciente necessite ser submetido à cirurgia exploratória, são utilizados também em terapia, como no tratamento do câncer e em pesquisas científicas.

A descoberta da radioatividade artificial e o desenvolvimento dos métodos de produção de radioisótopos em grande escala estimularam muitos pesquisadores no estudo de sua aplicação em diferentes ramos da Ciência. Essas pesquisas trouxeram grandes progressos, principalmente na medicina, na agricultura e na indústria.



A maior aplicação das reações nucleares é a produção, pelas usinas atômicas, de energia elétrica. Um emissor forte como o Pu-238 ou Sr-90 produz calor, e este é transformado em energia elétrica por meio de pares termoelétricos. Ainda hoje, grande parte da energia consumida mundialmente provém do petróleo, porém esta é uma fonte que tende a se esgotar.

As aplicações dos isótopos radioativos nas indústrias, na química, na medicina, etc., baseiam-se em uma ideia bastante simples, pois o isótopo radioativo emite radiação continuamente, conseqüentemente esse isótopo pode ser facilmente localizado e monitorado enquanto percorre o corpo humano, ou quando transita através dos tecidos vegetais, das canalizações, aparelhos industriais entre outros. Podem ser usados como traçadores (ou marcadores radioativos) na diagnose ou como fontes de energia na terapia.

### **Questões:**

- 1-Você conhece alguma outra aplicação da radiação além das citadas até o momento?
- 2-Como você explica a radiografia mostrar somente os ossos do corpo humano?
- 3-Como se chama o método de tratamento de câncer por emissão de raios gama?
- 4-Por que os isótopos radioativos são chamados de traçadores ou marcadores radioativos?
- 5-Por que é importante nos aeroportos, portos e fronteiras o uso das radiações ionizantes?

As reações nucleares são muito importantes industrialmente em várias áreas diferentes tais como em radiografias, feitas com emissores gama potentes para descobrir trincas, fraturas, etc., no controle de produção, para verificar, por exemplo, falhas na espessura de um material como aço, borracha, plásticos, entre outros, através da reflexão de raios gama.

O mesmo princípio citado anteriormente pode ser utilizado para se avaliar se uma lata de refrigerante está ou não cheia; para medir o nível de um líquido em um reservatório, determinar o nível de materiais derretidos como vidro, ou aço dentro de um forno, na determinação de vazamentos em canalizações, em oleodutos, pois quando se adiciona um radioisótopo ao líquido, até mesmo pequenos vazamentos podem ser descobertos por detectores de extrema sensibilidade.

Pode ser utilizado ainda na detecção de desgastes de materiais, ou seja, adicionando isótopos radioativos, por exemplo, à borracha do pneu, pode se estudar seu desgaste, ou mesmo tornando o pistão de um automóvel radioativo, pode-se controlar seu desgaste através da medida da radioatividade do óleo do cárter, e assim por diante.

Outra utilização de radioisótopos é na indústria alimentícia, para conservação de alimentos, por meio de radiações matam-se os micro-organismos responsáveis pela deterioração, pasteurizando ou esterilizando um alimento enlatado, essa técnica é eficiente, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento, maturação), consequentemente aumentando o tempo de vida do alimento. A esterilização pode ser utilizada também em materiais como seringas descartáveis de injeção entre outros materiais cirúrgicos.

6-O uso das fontes radioativas pode ser utilizado na sanitização de esgotos. Com que fundamento?

7-Qual a vantagem da esterilização de um material por radiação sobre um método tradicional de aquecimento (150 a 180°)?

8-Como é possível monitorar a capacidade de um reservatório de água com o emprego de radiação gama?

Na Arqueologia, na paleontologia, além das radiações ionizantes poderem auxiliar em estudos de múmias possibilitando observá-las sem abrir seu envoltório, pode-se também através dos radioisótopos se determinar a idade, datação de rochas, fósseis, pois a desintegração

radioativa independe das transformações químicas que ele sofreu no passado e também do estado físico ou químico do atual elemento. A datação de rochas pode ser feita utilizando a desintegração do urânio-238 para chumbo-206 ou potássio-40 para argônio-40. Em obras de arte se aplica na destruição de fungos e bactérias.

9- Em sua opinião como se prevê a idade de uma rocha? O método pode ser comparado ao de datação de fósseis?

## **Aula 5 – Perigos e Acidentes Radioativos**

### **Objetivos**

Através de exemplos de acidentes radioativos ocorridos no Brasil e no mundo, esclarecer os perigos que permeiam a sociedade quando a radiação é utilizada de forma indiscriminada.

### **Metodologia**

Ao final dos debates, os alunos deverão ter compreendido os processos radioativos e o envolvimento destes com a sociedade.

### **Texto**

O grande perigo das radiações nucleares está no fato de que uma pessoa não sente seus efeitos imediatamente, como acontece com a eletricidade, com o fogo, a menos que seja uma dose elevadíssima de radiação. Sendo assim, um indivíduo pode ir absorvendo doses gradativas e quando se dá conta, sua saúde e até mesmo sua vida já estão comprometidas; isso ocorre, pois as radiações ionizam e fragmentam as moléculas que formam as células. A radioatividade pode causar um efeito devastador no organismo humano, destruindo as células de dentro para fora, primeiro a camada muscular, seguido dos vasos sanguíneos, depois a camada de gordura e posteriormente a derme e a epiderme.

Alguns conceitos devem ser considerados no que diz respeito à exposição às radiações nucleares:

- a) O tipo de radiação que enfrentamos: como já vimos, a penetração aumenta na ordem de emissões alfa, beta e gama, no entanto quando dentro de nosso organismo a ordem de nocividade aumenta, outras partículas como nêutrons e pósitrons também tem seus efeitos próprios.
- b) A velocidade da desintegração: ou seja, velocidade com a qual o material radioativo lançará um número maior ou menor de radiação por unidade de tempo.
- c) A energia das partículas que são emitidas: na maioria das vezes é o que determina a maior ou menor penetração e a destruição das células no nosso organismo.
- d) O tempo de exposição: que é um agravante mesmo que as exposições sejam espaçadas, agrava os efeitos provocados.

Normalmente recebemos de forma contínua doses mínimas de radiações por ano em função da própria natureza, dos solos, dos raios cósmicos, etc. Sendo doses perfeitamente suportáveis, porém, o problema se agrava quando as exposições são a doses mais elevadas de radiações, mesmo que o tempo de exposição seja curto.

A situação da humanidade diante das radiações se intensificou a partir da Segunda Guerra Mundial, com o início da "era nuclear". De julho de 1945 até hoje, centenas de explosões nucleares foram feitas com a finalidade de teste. Testes esses que além de extremamente caros, liberam cerca de 200 radioisótopos de 35 elementos químicos diferentes.

Um acordo firmado entre os Estados Unidos e a ex-União Soviética, em 1963, proibia os testes nucleares na atmosfera e estes passaram então a ser subterrâneos.

Três acidentes nucleares são mundialmente famosos devido às suas grandes repercussões, são estes, o da usina nuclear de Three - Mile Island, o da usina de Chernobyl e o ocorrido no Brasil, em Goiânia.

Em março de 1979, a usina nuclear de Three - Mile Island, na Pensilvânia, teve falha em seu equipamento e erro operacional causando um

acidente nuclear. A falha de equipamento causou uma gradual perda da água de resfriamento do núcleo do reator fundindo parcialmente o miolo do reator, liberando material radioativo inclusive gases como Xe, Kr e traços de iodo, que também foram liberados na atmosfera. Não houve depósito de radioatividade no solo, nem doenças e mortes relacionadas ao acidente, mas gerou preocupação com relação à segurança das usinas nucleares.

Em 1986, em Chernobyl (Ucrânia), o descontrole da reação provocou um incêndio no núcleo do reator e por consequência liberou grande quantidade de material radioativo na atmosfera, que se espalhou pela Europa contaminando plantações, animais e seres humanos. Dezenas de pessoas morreram no local e na hora, e em um raio de 30 km, cerca de 135000 pessoas tiveram que evacuar suas casas.

Completando no ano de 2007, 20 anos o acidente nuclear ocorrido em Goiânia, com uma cápsula de césio-137, que estava abandonada há cerca de dois anos nos escombros de um antigo Instituto de Radiologia, que fora removida por sucateiros, violada e vendida a um ferro-velho. Entre a retirada da cápsula do Instituto até a descoberta desse fato pelas autoridades, dezenas de moradores conviveram com o material cuja periculosidade lhes era desconhecida, devido ao intenso brilho azul que esse radioisótopo emite no escuro. Dentre esses, quatro pessoas morreram e em menor grau houve a contaminação de cerca de centenas de pessoas.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) demorou meses para conseguir descontaminar a região do acidente.

### **Questões:**

- 1- Qual o motivo de proibir testes nucleares na atmosfera?
- 2- Os testes sendo subterrâneos terão consequências negativas?
- 3- Por que os sintomas de exposição à radiação não são instantâneos? Quais são os sintomas?
- 4- Que lições podem ser aprendidas com a ocorrência desses acidentes radioativos?

5-O que você conclui, particularmente, a respeito da utilização das radiações? São maiores os benefícios ou os perigos e riscos?

6-O acidente radioativo ocorrido em Goiânia foi agravado devido ao césio-137, além de suas características perigosas de emitir partículas beta e ter meia vida de 30 anos, estava na forma de cloreto. Porque o césio estar na forma de cloreto agravou ainda mais as causas do acidente?

O lixo e a poluição são hoje grandes problemas para a humanidade, sendo ainda mais grave o caso do lixo nuclear. Consideremos um reator nuclear que utiliza urânio enriquecido como combustível. Após um tempo de uso, esse combustível terá que ser trocado, durante o processo de reprocessamento, poderão ser reutilizados o urânio-235 e o plutônio, mas os demais produtos, que formam uma mistura radioativa bastante complexa, de difícil separação e limitada aplicação, constituirão o lixo radioativo.

Além desse lixo proveniente dos reatores, têm-se os resíduos utilizados na medicina, na indústria, na agricultura, etc., que também produzem rejeitos radioativos. Todo esse resíduo deve ser armazenado com extrema segurança, até que a radioatividade possa se extinguir.

7-Como esse lixo nuclear pode ser armazenado? Roupas, paredes de casas, móveis, árvores, restos de solo, animais contaminados também são considerados lixos nucleares?

8-O processo de meia vida de um radioisótopo presente no lixo nuclear pode ser acelerado, a fim de se extinguir antecipadamente essa radioatividade?

9-Qual é seu ponto de vista com relação ao futuro da energia nuclear no planeta?

Fissão nuclear é um processo de quebra de núcleos grandes em núcleos menores que vão atingir outros núcleos e provocar novas quebras, e que libera grande quantidade de energia; é uma reação em cadeia que se processa espontaneamente. Em virtude disso, a fissão é utilizada nas usinas term nucleares visando transformar a energia nuclear em elétrica. As

bombas detonadas em 6 de agosto e 9 de agosto de 1945, em Hiroshima e Nagasaki respectivamente, utilizavam o processo de fissão como fonte da sua energia destruidora.

10-O efeito destruidor de uma bomba atômica é devido à quais fatores?

11-Qual a diferença entre um reator nuclear e uma bomba atômica?

### **Avaliação**

A proposta não necessita obrigatoriamente da aplicação de uma avaliação de forma direta, por meio de provas ou trabalhos, e sim a avaliação dos alunos será pela participação e interação de cada um no desenvolver do projeto. Cabe ao professor analisar individualmente a evolução dos alunos no que diz respeito aos conceitos edificados sobre as radiações, a fim de julgar a proposta de ensino como autêntica ou não para o processo construtivo do aprendizado científico dos alunos.

### **Considerações finais**

A proposta de um material didático para a primeira série do Ensino Médio, sobre a Radioatividade, utilizando a História da Ciência nos mostra promissora no sentido de suprir a deficiência de conteúdo ao se trabalhar somente com o auxílio do livro didático, visando, dessa forma, um aprendizado mais abrangente e com maior adequação de conteúdo para a alfabetização científica dos alunos, o que nos trouxe extrema motivação em desenvolvê-lo.

### **SOBRE OS AUTORES:**

Giovana Teixeira Pinto

Licenciada em Química e Professora do Ensino Médio em Botucatu

(e-mail: gigiunesp@hotmail.com)

Deividi Marcio Marques

Professor Adjunto – Instituto de Química Universidade Federal de Uberlândia

(e-mail: deivid@iqufu.ufu.br)

**ANEXI – AS REPORTAGENS TRABALHADAS COM OS ALUNOS NAS ATIVIDADES FORAM EXTRAÍDAS DOS JORNAIS *FOLHA DE SÃO PAULO* E *JORNAL CAMBUCI E ACLIMAÇÃO***

**Texto 1 - Após 20 anos, vítimas do césio ainda enfrentam preconceitos.** São Paulo, domingo, 09 de setembro de 2007. *Jornal Folha de São Paulo. Cotidiano.*

Moradores da área em Goiânia atingida por radiação dizem ser alvo de perguntas constrangedoras.

Parte dos vizinhos do local onde a cápsula foi aberta recebe atendimento médico e pensão, mas a maioria não foi reconhecida como vítima.

Vítimas do acidente com o césio-137 em Goiânia, que completa 20 anos nesta semana, dizem que até hoje sofrem preconceito na cidade pelo envolvimento na tragédia.

Em 13 de setembro de 1987, catadores de sucata violaram a cápsula de material radioativo que era usada em aparelhos de um Instituto de Radiologia, na época abandonado, e contaminaram parentes e vizinhos. Quatro pessoas morreram nas semanas seguintes e milhares foram expostas à radiação.

Moradores da região onde a peça foi manuseada e policiais que trabalharam na operação, dizem que não falam sobre o assunto para evitar olhares assustados e perguntas sobre riscos de contágio. Um policial militar que atuou no resgate diz que "quem fala que é vítima não arruma namorada".

O ex-motorista de ônibus Odesson Alves Ferreira, 52, que passou dois meses em um hospital na época do acidente, afirma que costuma ouvir perguntas como: "Se eu tocar em você, vou me contaminar? Você ainda emite radiação?". Ele é irmão do dono do ferro-velho que comprou a cápsula para vender como sucata.



O contato com vítimas do acidente não oferece risco, segundo médicos. Mas moradores do bairro onde ocorreu a tragédia, o Setor Aeroporto, dizem que a região passou anos sendo evitada. Parte do comércio fechou as portas. Vizinhos tentaram vender os terrenos. O ferro-velho da rua 26-A, considerado o epicentro da tragédia, foi destruído logo após o acidente. A área, que até a dois anos funcionava como um estacionamento, agora está vazia.

A CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) ainda monitora os focos de contaminação. Segundo o órgão, os terrenos atingidos pelo material emitem até 10% do máximo de radioatividade tolerável. Apesar disso, uma goiabeira que cresceu na área atingida foi derrubada há sete anos por dar frutos contaminados.

Famílias que moram na vizinhança da rua 26-A vivem realidades distintas. Parte é reconhecida pelos governos federal e estadual como vítimas do acidente e recebe pensão e assistência médica, mas a maioria não obteve os benefícios.

A estudante Merielli Chapadense, 26, tem 19 parentes entre os pensionistas reconhecidos como vítimas vitalícias. Na época com seis anos, diz que seus brinquedos foram tomados por técnicos que consideraram contaminados os objetos da casa. Ela diz sofrer seqüelas como problemas de ansiedade. Já a família da prima e vizinha de Merielli, Lorena da Silva, 23, não foi considerada vítima e não conta com acompanhamento médico. Moradora na rua onde a cápsula começou a ser desmontada, ela diz que familiares têm problemas de saúde. "Tentamos a Justiça, mas não conseguimos nada".

Cerca de 230 pessoas são beneficiadas com pensões, de acordo com o Governo Estadual. No órgão criado pelo governo do Estado para atender as vítimas, a Superintendência Leide das Neves, há pelo menos 1.500 processos de pessoas pedindo o reconhecimento como vítimas. A entidade diz que tem dificuldade para analisar com agilidade os pedidos. Quem recebe pensões federal e estadual ganha R\$ 880,00 por mês.

A maioria dos bombeiros e policiais militares que participaram dos trabalhos de isolamento da área, onde ocorreu a tragédia em 1987, e de ajuda às vítimas possui seqüelas físicas, segundo a Associação de Militares Vítimas do Césio. Uma sindicância que tramita na PM mostra que, de um grupo de 208 pessoas que trabalharam no local, 205 apresentam seqüelas - como alergias, problemas ósseos e estomacais. Oito policiais já morreram. O secretário da associação, Santos Manoel de Almeida, diz que os policiais atuaram no local com a farda comum, sem equipamentos de proteção. Dos cerca de 600 PMs e bombeiros da operação, 120 foram reconhecidos como vítimas e recebem pensão do Estado.

**Texto 2 - Acidente em 1987 reforçou controle no país.** São Paulo, domingo, 09 de setembro de 2007. *Jornal Folha de São Paulo. Cotidiano.*

O acidente com o césio-137 provocou uma reformulação no controle das mais de 300 fontes radioativas de níveis 1 e 2 (de maior potência) utilizadas no país atualmente. A importação de materiais do tipo hoje precisa receber a autorização do CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear). Há 3.000 hospitais e indústrias no país que utilizam equipamentos com fontes radioativas.

A Comissão também considera que, em uma situação de risco, pode agir com mais rapidez do que em 1987. Na época, segundo a CNEN, não se conheciam as conseqüências de um acidente do tipo. A Comissão administra hoje as 6.000 toneladas de lixo nuclear resultantes do acidente em um depósito na cidade de Abadia de Goiás (20 km de Goiânia). O material foi lacrado, enterrado e deve ficar no local por até 300 anos.

A área é monitorada pela Comissão, que fez ali uma base de pesquisas resistente a enchentes e terremotos. Pelo menos 33 focos de contaminação de césio foram detectados em um raio de 200 metros do local onde a cápsula contendo césio-137 foi aberta. Cento e quarenta pessoas foram obrigadas a passar por uma quarentena para descontaminação.

## **Técnico foi internado e se separou da mulher por causa de efeitos do acidente.**

A história do técnico em agroecologia aposentado Paulo Henrique Firmiano, 40, reproduz uma série de problemas emocionais enfrentados pelas vítimas do acidente com o césio 137.

Após 12 anos de terapia em psicologia sensorial, ele se considera 80% curado de uma doença diagnosticada como distúrbio esquizoafetivo, que mescla sintomas de esquizofrenia e de transtorno bipolar ou de depressão. "Quando entrei na terapia, era um psicótico mesmo. Não de machucar as pessoas, mas era cheio de manias. Entrava no banco e achava que as pessoas pensavam que eu era ladrão, suava as mãos e não conseguia ficar na fila. Fora as vozes que eu ouvia me xingando. Hoje minha mente já está quase 80%", afirmou Firmiano.

O técnico - cuja família também foi afetada pelo acidente radioativo - disse que já apresentava alguns sinais de problemas psicológicos na infância, especialmente medo, mas que o quadro se agravou muito após o acidente. Na época, ele tinha 21 anos. Piorou porque eu via minha mãe embriagada, ela se tornou alcoólatra. Meu pai sofria muito com uma lesão na perna também. O césio fez um estrago muito grande no emocional das pessoas, só que elas são simples e não buscaram a psicologia ", diz Firmiano".

Firmiano afirma ainda que chegou a ficar internado em uma clínica psiquiátrica por cerca de um ano e acabou tendo de se separar da mulher por causa da doença. "Tive de me separar porque eu ouvia vozes cruéis, falando que eu ia matar minha mulher. Em 2002 eu me internei. Depois contei para minha mulher sobre as vozes, passou um tempo e voltou (a sensação das vozes), aí tive de me separar dela porque não estava agüentando esses pensamentos".

Atualmente, o técnico toma medicamentos para hipertensão e esquizofrenia.

"Ainda preciso dos remédios para ter uma melhor qualidade de vida, mas

hoje isso tudo (as crises do transtorno mental) é passado. Comecei a trabalhar no Hospital do Câncer como voluntário e quero ajudar os outros”.

**Texto 3 - PMs e bombeiros que trabalharam na área têm seqüelas, afirma associação.** São Paulo, domingo, 09 de setembro de 2007. *Jornal Folha de São Paulo*.

A maioria dos bombeiros e policiais militares que participaram dos trabalhos de isolamento da área, onde ocorreu a tragédia em 1987, e de ajuda às vítimas possui seqüelas físicas, segundo a Associação de Militares Vítimas do Césio.

Uma sindicância que tramita na Polícia Militar mostra que, de um grupo de 208 pessoas que trabalharam no local, 205 apresentam seqüelas. Os casos mais comuns são de alergias e problemas ósseos e estomacais. Oito policiais já morreram. Um dos policiais que liderou as operações diz que os PMs foram ameaçados de serem processados por insubordinação se houvesse recusa ao serviço. O secretário da associação, Santos Manoel de Almeida, diz que os policiais atuaram no local com a farda comum - sem equipamentos de proteção - e não foram avisados sobre as conseqüências da exposição. No princípio dos trabalhos, segundo ele, foi dito que se tratava de um vazamento de gás. Líderes das operações negam. Os 208 profissionais formam um grupo em processo de promoção por "ato de bravura" pela exposição. Dos cerca de 600 PMs e bombeiros da operação, 120 foram reconhecidos como vítimas e recebem pensão do governo do Estado.

### **Câncer**

A Associação de Vítimas do Césio-137 monitora, informalmente, o número de casos de câncer na região do ferro-velho onde a cápsula foi aberta. Desde a tragédia, 70 pessoas que moram na região desenvolveram a doença, segundo a pesquisa. O governo do Estado diz que pesquisas feitas na cidade pelo Registro de Câncer, ligado à Organização Mundial de Saúde,

mostram que os casos de câncer aumentaram na última década na mesma proporção do que em outros municípios.

**Texto 4 - Transtornos mentais afetam 78% de grupo atingido por césio 137.** São Paulo, segunda-feira, 30 de outubro de 2006. *Folha de São Paulo – Cotidiano*

Estudo foi feito com 78 envolvidos no acidente radioativo em Goiânia, em 1987, que causou pelo menos 12 mortes. Uma das razões mais prováveis apontadas pelo levantamento para esse tipo de ocorrência é a redução do hipocampo.

Um estudo realizado com 78 pessoas envolvidas no acidente radioativo com o césio 137 em Goiânia revelou uma tendência de transtorno mental em 78,2% dos casos analisados. Na população mundial, em condições normais, 10% em cada grupo de cem pessoas apresentam o problema, segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde).

Os dados foram coletados entre 2002 e 2003 para a tese de mestrado em saúde mental defendida na Universidade Federal de Minas Gerais pela pesquisadora Aminadab Rodrigues Rodarte, professora do departamento de enfermagem da Universidade Católica de Goiás. Os resultados foram divulgados no fim de 2005.

Uma das razões mais prováveis apontadas pelo levantamento para esse tipo de ocorrência é a redução do hipocampo (área do cérebro onde os neurônios ativam a memória concentrada do córtex e que incide sobre as emoções), que costuma atingir vítimas de estresse pós-traumático.

No caso dos contaminados pelo césio, segundo a pesquisadora, não foram feitos até hoje exames suficientes para confirmar a hipótese, já que o procedimento é caro.

O governo de Goiás reconheceu 621 vítimas, divididas em quatro grupos segundo o grau de contaminação. Para a amostra, foram consideradas apenas as 116 vítimas dos chamados grupos 1 e 2, atingidas mais diretamente pela radiação, além de pessoas que, embora não

contaminadas, passaram a integrar (por casamento, nascimento ou outros vínculos) as famílias dos grupos 1 e 2.

Ao entrevistar as vítimas, a pesquisadora constatou indicações de transtornos mentais de depressão (irritabilidade, perda de memória, dificuldade de aprendizagem e idéias de suicídio), de percepção (mania de perseguição, ouvir vozes), de humor (falar ou rir sozinho e sem motivo).

As crises freqüentes de irritação, tristeza, desânimo, agressividade e explosões emocionais sem motivo ocorrem com 80% dos entrevistados. Idéias de suicídio atingem 34%. Pelo menos nove pessoas tentaram se matar ingerindo comprimidos em excesso. O alcoolismo também é comum: 69,2% ingerem bebida alcoólica regularmente. No grupo 1, o índice é de 100%. Para Rodarte, o resultado expressa a busca pelos efeitos psíquicos que o álcool pode causar, como desinibição e sensação transitória de bem-estar. A população estudada é constituída de pessoas jovens, 58,9% com até 40 anos. Esse dado é importante, segundo a pesquisadora, porque a maioria tinha entre seis meses e 24 anos na época do acidente. "É uma fase em que a personalidade ainda está em formação, sendo mais influenciada por fatores externos como crítica, segregação, medo e insegurança". O presidente da Associação das Vítimas do Césio, Odesson Alves Ferreira, confirmou a prevalência de transtornos mentais entre os radiacidentados, mas disse não conhecer detalhes do estudo. A Suleide (Superintendência Leide das Neves), órgão estadual responsável pelo atendimento às vítimas, não comentou a pesquisa.

## **Acidente**

Em setembro de 1987, dois catadores de sucata e papel encontraram uma cápsula de césio 137 abandonada em um terreno baldio, no centro de Goiânia, e levaram a peça para casa, onde foi quebrada a marteladas. Os envolvidos no acidente distribuíram porções de pó radiativo e a contaminação atingiu uma área superior a 2.000 m<sup>2</sup>. O governo reconheceu oficialmente 12 mortes.



Texto 5 - O acidente radioativo de Goiânia vinte anos depois.

Jornal Cambuci e Aclimação, São Paulo, 06/09/2007 a 13/09/2007.

Brasil, p.12

12 - Jornal do Cambuci & Aclimação  
Brasil

# O acidente radioativo de Goiânia



clonados em tambores depositados em Abadia de Goiás, na época um local pouco habitado (foto)

Como conseqüências do acidente ocorreu a desvalorização dos imóveis, a discriminação da população local e o fechamento de lojas da região devido à forte queda do movimento do comércio.

A UNICAMP desenvolveu um método de tratamento das pessoas atingidas pela radiação do césio 137. Em 1989 as feridas das mãos de algumas das vítimas, fecharam, graças à tecnologia de transpirante elaborada pelo cirurgião plástico Cássio Menezes Raposo do Amaral. Visando minorar as complicações do câncer causado pelas radiações, o Dr. Paulo Eduardo Lazetti do Serviço de medicina desta conceituada universidade, desenvolveu uma técnica na qual os pacientes são submetidos a oxigênio puro sob pressão de até 3 vezes à pressão atmosférica.

Punições leves a alguns dos responsáveis

O inquérito policial instaurado na época indicou como responsáveis diretos os médicos responsáveis e o proprietário da Clínica que funcionava no Instituto de Radioterapia de Goiás e como co-autores o Coordenador da Vigilância Sanitária da época e um diretor da CNEN. Estes 2 últimos foram posteriormente inocentados e os demais receberam penas de 4 a 10 meses, sendo libe-

radados em troca de serviços à comunidade. A CNEN foi condenada a garantir atendimento médico às vítimas deste acidente.

Uma das conseqüências positivas do acidente foi a mudança da postura da CNEN que passou a ser mais descentralizada e com maior transparência. Esta Comissão declarou em 10 de dezembro de 1987 as áreas atingidas como livres da radiação. Em 5 de junho de 1996 inaugurou-se em Abadia de Goiás o 1º Centro regional de Ciências Nucleares do Centro Oeste no qual foram gastos R\$ 9 milhões. Abadia tornou-se município em 1986 e a 1ª prefeita eleita Telma Ortega reivindicou o pagamento de royalties ao município pelo fato de abrigar lixo radioativo.

Em outubro de 1997 em Goiânia teve lugar a Conferência Internacional de Goiânia 10 anos sob o patrocínio da CNEN, do governo de Goiás e da Agência Internacional de Energia Atômica com o objetivo o intercâmbio de conhecimentos e experiências relacionados a acidentes radiológicos no Brasil e no exterior. Lançou na ocasião um livro contendo os trabalhos científicos sobre o acidente de Goiânia que foi tema de livros, músicas e filmes.

SÃO PAULO, 06/09 a 13/09/2007

Somente no dia 28 de setembro, numa decisão correta, porém tardia, Maria Gabriela Ferreira, esposa de Devair, levou à Vigilância Sanitária de Goiás o cilindro pois acertadamente suspeitava que a peça fosse responsável pelo agravamento do estado de saúde de seu marido. Somente no dia seguinte é que isolou-se o prédio da Vigilância Sanitária de Goiás, o ferro velho de Devair e a casa de Roberto. No último dia de setembro chegou a equipe da CNEN que iniciou os trabalhos de descontinuação

Apesar das vítimas terem recebido tratamento especial

radioativa tem uma meia vida bem característica. Por exemplo as meias vidas do plutônio 239 e do urânio 235 ambos usado em bombas nucleares são respectivamente 24.360 e 713 milhões de anos! A ignorância das pessoas sobre os perigos e a ausência de uma política pública de esclarecimento às populações pelas autoridades públicas, acarretou a disseminação do césio às centenas de pessoas que ficaram contaminadas em variados graus de gravidade. No Brasil compete à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) a fiscalização das substâncias radioativas.

lizado no Hospital Marclio Dias no Rio de Janeiro, quatro delas vieram a falecer, sendo a menina de 6 anos Leite das Neves Ferreira a 1ª no dia 23 de outubro. Em sua homenagem a Fundação criada para tratamento dos contaminados pelo césio 137, recebeu o nome de Fundação Leite das Neves. Esta Fundação posteriormente foi transformada na Superintendência de mesmo nome. As outras 3 vítimas fatais eram: Maria Gabriela, Israel Batista dos Santos e Admilson Alves de Souza

Os recipientes contendo os materiais contaminados e os demais receberam penas de 4 a 10 meses, sendo libe-

Marcos Anderson Duffles  
Andrade  
Jornalista Reg. Profissional Nº 14.490  
E mail: marcdufl@ig.com.br