

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA: RADIAÇÕES IONIZANTES E NÃO
IONIZANTES, UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR NAS
AULAS DE SEMINÁRIO INTEGRADO DE CIÊNCIAS DA
NATUREZA**

Graciela Sasso Fiuza

Orientadora:
Aline Guerra Dytz

Rio Grande, RS
Janeiro, 2016

1 Sumário

1. Introdução.....	4
Atividade 1: Questionário investigativo	9
Atividade 2 Plano de aula 2: Por trás dos textos: Conseguimos ler tudo que está escrito?	16
Exames revelam que estátua de mil anos abriga corpo de monge	23
Endoscopia mostrou que órgãos vitais foram substituídos por papéis cobertos em escrita chinesa	23
Atividade 3 Plano de aula 3: Aula introdutória sobre o espectro eletromagnético	26
Atividade 4 Plano de aula 4 - Muito além das radiações: Conversando com a Liga Feminina de Combate ao Câncer de Cruz Alta	28
Atividade 5 Plano de aula 5 - Socializando novos conhecimentos e ações solidárias. ..	30
Atividade 6 Plano de aula 6 - Usinas nucleares e vazamento radioativo: quando o homem subestima a radiação ionizante.	31
Atividade 7 Plano de aula 7 – Revisando conceitos e histórico dos átomos e introduzindo o conceito e histórico da eletricidade.	32
Atividade 8 Plano de aula 8 – Radiações ionizantes e não ionizantes, a visão de uma física médica. Palestra com a Professora Dra. Aline Guerra Dytz	33
Atividade 9 Plano de aula 9 – Desmistificando a radiação ionizante: A vilã também pode ser mocinha	34
Atividade 10 Plano de aula 10 – Comparando resultados: Analisando o produto	35

1. Introdução

Este trabalho faz parte da proposta do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) e tem por finalidade proporcionar através de uma unidade didática um material que possa ser usado por professores a fim de estimular os educandos a uma aprendizagem de qualidade

O material inicia com uma tabela que propõe dez atividades, num total de 26 períodos de 50 min, que podem ser desenvolvidas num período maior ou menor, conforme a organização e necessidade da turma. Foi estabelecida uma dinâmica em que as atividades não foram sequenciais na aplicação com as duas turmas trabalhadas, os conteúdos referentes à óptica e eletricidade foram trabalhados paralelamente as atividades, as atividades iniciaram em março e finalizadas em outubro, dando a oportunidade para os educandos estabelecerem modificações e colocando seus interesses em pauta, há também a possibilidade de retirar ou acrescentar atividades que seja necessário.

O tema central escolhido foi radiações ionizantes e não ionizantes, com o intuito de desmistificar alguns mitos e fortalecer os conceitos pré-estabelecidos. As radiações constituem uma forma de energia que, de acordo com a sua capacidade de interagir com a matéria, se podem subdividir em:

- Radiações ionizantes: Possuem energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com as quais interagem, as mais conhecidas são: Raios X; Raios gama; Raios alfa; Raios beta; Radiações corpusculares (prótons e nêutrons).
- Radiações não ionizantes: Não possuem energia suficiente para ionizar os átomos e as moléculas com as quais interagem, sendo as mais conhecidas: Luz visível; Infravermelho; Ultravioleta; Micro-ondas; Corrente elétrica; Campos magnéticos estáticos.

Há vontade de que se faça compartilhamento de vivências e dúvidas que os educandos possam ter unir conhecimentos de outras áreas, é de suma importância que se tenha estes espaços de fala e escrita, por isso a insistência em atividades em grupos em que os educandos apresentam para os colegas.

1.1 Quadro de planejamento

	PERÍODOS	TÍTULO	OBJETIVO	CONCEITOS FÍSICOS	RECURSOS ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS
1	1	Questionário de investigação	Identificar se as concepções prévias dos estudantes em relação aos conceitos de radiações ionizantes e não ionizantes;	Radiações ionizantes; Radiações não ionizantes;	Fala e escrita
2	2	Por trás dos textos: Conseguimos ler tudo o que está escrito?	Através da leitura dos textos selecionados pelo professor, dividir a turma em grupos de até quatro pessoas. Pedir para os grupos lerem o(s) texto(s) distribuído e após escrever um resumo apontando os aspectos (conceitos) físicos e apresentar para a turma. Após responder a três perguntas.	Radiações ionizantes. Radiações não ionizantes.	Leitura, interpretação, escrita e fala.
3	4	Aula introdutória sobre espectro eletromagnético	Conceituar e diferenciar o espectro eletromagnético distinguir quais destas ondas são radiações ionizantes e não ionizantes.	Espectro eletromagnético.	Aula expositiva, utilização de Datashow e entrega de material conceitual impresso.
4	2	Muito além das radiações: Conversando com a Liga Feminina de Combate ao Câncer de Cruz Alta	Explicação referente trabalho realizado pela ONG e trabalhar a parte social. Efeitos biológicos do tratamento de câncer utilizando radiações. Lançar uma atividade de arrecadação de alimentos. Atividade multidisciplinar.	Tipos de equipamentos utilizados no tratamento	Explicação oral.
5	2	Socializando novos conhecimentos e ações solidárias.	Colocar em prática a arrecadação de alimentos. Socializar os conhecimentos com as outras turmas da escola.	Não há conhecimentos físicos aplicados, Trabalho interdisciplinar com a disciplina de sociologia e filosofia.	Explicação oral. Trabalho em grupo. Arrecadação de alimentos.
6	4	Usinas nucleares e vazamento radioativo, quando o homem subestima a radiação ionizante.	Pesquisar e apresentar para o grupo como ocorreram alguns dos maiores desastres radioativos, sendo eles, Chernobyl, Goiânia e Fukushima. Análise crítica sobre informações que se referem aos malefícios provocados por	Radiações ionizantes.	Pesquisa; Trabalho em grupo; Discussões; Apresentação; Utilização de recursos de informática;

	PERÍODOS	TÍTULO	OBJETIVO	CONCEITOS FÍSICOS	RECURSOS ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS
			radiações ionizantes; Trabalho em grupo		Vídeo
7	2	Revisando conceitos e histórico dos átomos e introduzindo o conceito de eletricidade.	Relatar as concepções de átomo através do tempo;	Átomo; Eletricidade;	Recursos multimídia. Texto. Livro didático.
8	3	Radiações ionizantes e não ionizantes, a visão de uma física médica. Palestra com a Professora Dra. Aline Guerra Dytz	Observar através da fala de uma profissional da área os vários aspectos a serem analisados a respeito do tema radiações.	Radiações ionizantes e não ionizantes; Eletricidade; Estrutura do átomo;	Palestra; Atividade experimental
9	4	Desmitificando a radiação ionizante, a vilã também pode ser mocinha.	Verificar as possibilidades benéficas da utilização das radiações ionizantes através da pesquisa sobre os seguintes temas: <ul style="list-style-type: none"> • A utilização de radiação nas usinas nucleares; • A utilização de radiação na medicina. Indústria e radiações	Radiações ionizantes. Eletricidade.	Trabalho em grupo; Discussões; Apresentação; Utilização de recursos de informática; Vídeo
10	2	Aprendizagem significativa: comparando questionários	Aplicar novamente o questionário e comparar as respostas com o questionário anterior e observar se houve aprendizagem conceitual	Radiações ionizantes e não ionizantes.	Escrita.

Atividade 1: Questionário investigativo

OBJETIVO

Conhecer as concepções prévias dos estudantes em relação aos conteúdos radiações ionizantes e não ionizantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Abordar diferentes situações contextualizadas, através de questões objetivas e discursivas referentes às questões cotidianas que envolvam conteúdos relacionados aos fenômenos de radiação;
- Verificar quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre radiações ionizantes e não ionizantes.

PROCEDIMENTO

A atividade será realizada com a entrega de um questionário, com 17 questões, sendo 14 questões analisadas de forma quali/quantitativa, oito questões com alternativas sim ou não e justificar e três questões objetivas. As respostas serão individuais para que o educador possa conhecer as ideias prévias de cada educando.

ATIVIDADE

Os estudantes deverão responder ao questionário.

AVALIAÇÃO

A avaliação consiste em levantar dados para aprimorar o material que será trabalhando, buscando levar os interesses dos alunos em primeiro lugar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Michely Prestes, O ensino de física das radiações: contribuições da educação ambiental, Mestrado, FURG, 2008, p.193

<http://elaine-biologa.blogspot.com.br/2012/06/simbolos-de-seguranca-nos-laboratorios.html> acessado em 22 de fevereiro de 2015.

Questionário

Este questionário é parte do trabalho realizado pela mestranda Graciela Sasso Fiuza, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, MNPEF, realizado na Universidade Federal do Rio Grande, FURG.

1. Nome: _____

2. Idade: _____

3. Sexo:

Feminino Masculino

4. Você sabe o que é radiação?

não sim

Pode citar exemplos? _____

5. Você sabe a diferença entre radiação ionizante e radiação não ionizante?

não sim

Pode citar exemplos? _____

6. Todo tipo de radiação é prejudicial à saúde dos seres vivos (pessoas, animais e plantas)?

não sim

Pode citar exemplos? _____

7. Já ouviu falar sobre alguma doença causada por radiação?

não sim

Em caso afirmativo, qual (is)? _____

8. Já ouviu falar sobre benefícios provocados pela radiação?

não sim

Em caso afirmativo, qual (is)? _____

9. No Brasil foi proibido o uso das câmaras de bronzeamento artificial. Você sabe por quê?

não sim

Em caso afirmativo, quais os motivos? _____

10. Em 13 de setembro de 1987, aconteceu na cidade de Goiânia – GO, o maior acidente radioativo no Brasil, foi rejeitado cerca de 13.400 toneladas de lixo radioativo,

que foram armazenados em uma montanha artificial revestida por paredes de concreto e chumbo, estima-se que este lixo radioativo oferece risco por aproximadamente 180 anos. Você já ouviu falar sobre *meia vida radioativa*?

não sim

Em caso afirmativo, você saberia explicar o que significa? _____

11. Foi noticiado em janeiro de 2015 que o arroz em Fukushima, Japão, foi aprovado no teste de radioatividade. Você sabe o que isto significa?

não sim

Em caso afirmativo, você saberia explicar o que significa? _____

12. Quais os tipos de radiação você conhece?









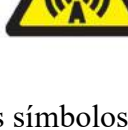
13. Qual(is) a(s) diferença(s) entre raios X, ressonância magnética, ultrassonografia e tomografia?

14. Circule os aparelhos que utilizam radiação

Forno de micro-ondas	Celular	Telefone celular	Raios X
Telefone sem fio	Computador	Radio	Televisor

15. Você tem interesse de saber sobre o funcionamento dos aparelhos citados nas questões 13 e 14? Justifique:

16. Relacione os símbolos da primeira coluna com os significados da segunda coluna:

- | | | |
|-----|---|----------------------------|
| (a) |  | () Risco radioativo |
| (b) |  | () Perigo de eletrocussão |
| (c) |  | () Risco biológico |
| (d) |  | () Reciclável |
| (e) |  | () Radiação não ionizante |
| (f) |  | () Inflamável |
| (g) |  | () Alimento irradiado |
| (h) |  | () Substâncias corrosivas |
| (i) |  | () Risco tóxico |

17. Quais símbolos da questão acima estão relacionados à radiação?

a b c d e f g h i

Gabarito Questionário

Este questionário é parte do trabalho realizado pela mestranda Graciela Sasso Fiuza, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, MNPEF, realizado na Universidade Federal do Rio Grande, FURG.

1. Nome: _____

2. Idade: _____

3. Sexo:

Feminino

Masculino

4. Você sabe o que é radiação?

não

sim

Podem citar exemplos? _____

5. Você sabe a diferença entre radiação ionizante e radiação não ionizante?

não

sim

Podem citar exemplos? _____

6. Todo tipo de radiação é prejudicial à saúde dos seres vivos (pessoas, animais e plantas)?

não

sim

Podem citar exemplos? **Radiações não ionizantes não são prejudiciais à saúde, um exemplo pode ser a radiação produzida por antenas de rádio, radiações ionizantes, desde que sejam controladas também podem não ser prejudiciais.**

7. Já ouviu falar sobre alguma doença causada por radiação?

não

sim

Em caso afirmativo, qual (is)? **Vários tipos de câncer, como o câncer de pele provocado pelo Sol.** _____

8. Já ouviu falar sobre benefícios provocados pela radiação?

não

sim

Em caso afirmativo, qual (is)? **Na indústria, no controle de qualidade, em exames radiológicos, na radioterapia, tratamento oncológico.** _____

9. No Brasil foi proibido o uso das câmaras de bronzeamento artificial. Você sabe por quê?

não

sim

Em caso afirmativo, quais os motivos? _____

10. Em 13 de setembro de 1987, aconteceu na cidade de Goiânia – GO, o maior acidente radioativo no Brasil, foi rejeitado cerca de 13.400 toneladas de lixo radioativo, que foram armazenados em uma montanha artificial revestida por paredes de concreto e chumbo, estima-se que este lixo radioativo oferece risco por aproximadamente 180 anos. Você já ouviu falar sobre *meia vida radioativa*?

não sim

Em caso afirmativo, você saberia explicar o que significa? _____

11. Foi noticiado em janeiro de 2015 que o arroz em Fukushima, Japão, foi aprovado no teste de radioatividade. Você sabe o que isto significa?

não sim

Em caso afirmativo, você saberia explicar o que significa? _____

12. Quais os tipos de radiação você conhece?










13. Qual(is) a(s) diferença(s) entre raios X, ressonância magnética, ultrassonografia e tomografia?

14. Circule os aparelhos que utilizam radiação

Forno de micro-ondas	Celular	Telefone celular	Raios X
Telefone sem fio	Computador	Radio	Televisor

15. Você tem interesse de saber sobre o funcionamento dos aparelhos citados nas questões 13 e 14? Justifique:

16. Relacione os símbolos da primeira coluna com os significados da segunda coluna:

- | | | | |
|-----|---|-------|------------------------|
| (a) |  | (c) | Risco radioativo |
| (b) |  | (d) | Perigo de eletrocussão |
| (c) |  | (e) | Risco biológico |
| (d) |  | (h) | Reciclável |
| (e) |  | (i) | Radiação não ionizante |
| (f) |  | (b) | Inflamável |
| (g) |  | (g) | Alimento irradiado |
| (h) |  | (a) | Substâncias corrosivas |
| (i) |  | (f) | Risco tóxico |

17. Quais símbolos da questão acima estão relacionados à radiação?

- a b c d e f g h i

Atividade 2

Plano de aula 2: Por trás dos textos: Conseguimos ler tudo que está escrito?

OBJETIVO

Analisar os conceitos físicos que os alunos identificam ao fazerem a leitura de textos encontrados em revistas e internet.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os fenômenos relacionados a radiações;
- Verificar qual o entendimento que os estudantes apresentam sobre os fenômenos do seu dia a dia;

PROCEDIMENTO

Será dividida a turma em grupos de no máximo quatro alunos e entregue textos de revistas e retirados da internet, dá-se preferência para textos editados na época do trabalho. Aos grupos sobre diversos temas que se referem também a radiações, eles deverão realizar a leitura dos textos, e a seguir explicar através da escrita para depois repassar para o grande grupo quais as situações indagadas utilizando as palavras chaves disponibilizadas no parágrafo final para a construção de um texto.

ATIVIDADE

Os estudantes devem relatar para os colegas escrever um resumo para sobre os textos que tiveram acesso e texto usando as palavras chaves disponibilizadas no texto entregue pelo educador tentando explicar as situações indagadas pelo texto.

AVALIAÇÃO

A avaliação será feita com a leitura e correção do texto criado pelos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Galileu, Editora Globo,

<http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Arqueologia/noticia/2015/02/exames-revelam->

[que-estatua-de-mil-anos-abriga-corpo-de-monge.html](#), acesso em 28 de fevereiro de 2015.

Galileu, Editora Globo, <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2015/02/fukushima-detecta-vazamento-de-agua-radioativa-no-mar-liquido-estaria-indo-para-o-pacifico-desde-abril-do-ano-passado.html>, acesso em 28 de fevereiro de 2015.



SALÁRIO MÍNIMO

Passados 26 anos do acidente, pouco mais de mil vítimas recebem acompanhamento da Superintendência Leide das Neves, uma instituição batizada em homenagem à vítima mais famosa, que hoje teria 32 anos. O Estado paga a indenização de um salário mínimo mensal para 468 vítimas

LUZ AZUL RADIOATIVA

DOIS CATADORES ESPALHARAM CÉSIO 137 POR GOIÂNIA



Usado em aparelhos de radioterapia, o césio 137 parece sal de cozinha.

Com a diferença de que, no escuro, o pó tem um brilho azulado. A garota Leide das Neves, de 6 anos, decidiu que também queria brilhar com as luzes apagadas e ingeriu uma pitada. Leide seria uma das quatro vítimas fatais oficiais da pior tragédia radiológica da história, iniciada em Goiânia, a 13 de setembro de 1987. Os catadores Roberto dos Santos e Wagner Mota encontraram um aparelho de tratamento radiológico na Avenida Paranaíba, onde ficavam os equipamentos abandonados pelo Instituto Goiano de Radioterapia. Os dois levaram a sucata ao dono de ferro-velho Devair Ferreira, que achou uma cápsula contendo 19,26 g de césio 137. Empolgado, Devair exibiu aquele pó, que parecia mágico, para familiares e amigos – incluindo seu irmão Ivo, pai de Leide. Logo todos os envolvidos sentiam náuseas, tonturas, vômitos e diarreia. Ainda se passaram 16 dias até que a esposa de Devair, Maria Gabriela, levasse a cápsula estranha para a vigilância sanitária de Goiânia, que mobilizou uma operação de guerra. Maria seria a segunda vítima fatal do césio – as outras duas foram os funcionários do ferro-velho de Devair.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear localizou

110
MIL PESSOAS
com suspeita de contaminação, mais de 100% da população da cidade

SAIBA MAIS:

FILME: *Césio 137*, direção: Roberto Pires, 1990

O VAZAMENTO
PROVOCOU UMA
OPERAÇÃO DE GUERRA

Figura 1: Revista Mundo Estranho, Tragédias que abalaram o mundo, 2014, p55

Qual é a diferença entre raios X e body scanner?

TEXTO | Victor Bianchin

ILUSTRA | Cássio Bittencourt

Uma das principais diferenças é o tipo de onda utilizada em cada aparelho. Os chamados raios X são ondas de maior energia e comprimento muito pequeno, capazes de penetrar no corpo humano. Já o body scanner usa ondas de radiofrequência – como os aparelhos de ressonância magnética – que têm menor energia e comprimento

maior, sendo rebatidas pelo corpo. Essa tecnologia está cada vez mais presente em aeroportos, para a revista de passageiros. Afinal, é uma opção bem mais segura do que os raios X – que só entram em cena para analisar malas e objetos. Devido à sua característica mais invasiva, os raios X emitem uma radiação que fica acumulada no corpo, o que seria um sério

problema para quem anda muito de avião. Apesar de mais seguro, o body scanner não está livre de polêmicas. Como ele cria detalhados modelos 3D dos passageiros – exibindo, por exemplo, seios e genitais –, muita gente tem reclamado. Por isso nos aeroportos americanos é possível optar entre o body scanner e a revista física comum, feita por um guarda.

O X DA QUESTÃO

No body scanner, ondas são refletidas pelo corpo em vez de atravessá-lo

RAIOS X

1. O aparelho de raios X emite ondas eletromagnéticas que **atravessam o corpo** da pessoa. Os pontos mais densos, como os ossos, absorvem mais essas ondas do que tecidos como a pele e a gordura



2. Após atravessarem o corpo, as ondas de raios X sensibilizam um **filme fotográfico**. Quando ele é "revelado", as partes densas – que retiveram ondas – aparecem mais brancas na chapa, e o resto do corpo fica com um tom escuro

BODY SCANNER

1. Na **cabine** de body scanner há transmissores que emitem ondas de radiofrequência. Ao contrário dos raios X, elas não atravessam o corpo humano. Como são maiores, as ondas batem na pessoa e são refletidas de volta, sendo coletadas por vários receptores

ondas de radiofrequência



2. Transmissores e receptores ficam posicionados em duas colunas que giram **360°**, repetindo o escaneamento várias vezes, de diferentes ângulos. Com isso, a imagem final formada é um perfeito modelo em 3D da pessoa escaneada

3. Um funcionário analisa as imagens num **monitor**, que fica numa sala isolada, longe da cabine. O rosto da pessoa é borrado para evitar constrangimentos e, segundo a direção dos aeroportos, as imagens são sempre destruídas após a análise



CONSULTORIA Sérgio Aizen, diretor do centro de diagnóstico por imagem da Unifesp

DESERTO RADIOATIVO

A CIDADE VIZINHA A CHERNOBYL SEGUE VAZIA

GRAU DE IMPACTO

10

A União Soviética acabou há 22 anos, mas um de seus legados mais definitivos vai se manter por séculos: a faixa de terra, no centro da Europa, que só pode ser visitada com proteção especial, e apenas por poucas horas. Em seu centro está Pripyat, uma vila construída nos anos 1970, a cerca de 100 km de Kiev, na Ucrânia, para sediar os moradores da mais importante usina nuclear soviética: Chernobyl. A usina tinha problemas graves desde a inauguração do primeiro reator, em 1977, quando recebeu seu nome em homenagem a cidade ucraniana vizinha de mesmo nome. Um acidente já havia acontecido em 1982. O segundo – e último – foi resultado do quinto

ocorrido no reator 4, em 26 de abril de 1986. O desempenho do sistema elétrico de controle precisava ser melhorado, e para tal era necessário desligar alguns mecanismos de segurança. O reator acabou rompendo por inteiro. Lançou no ar 70 toneladas de urânio e 900 toneladas de grafite em chamas, que queimaram por dez dias. Pripyat só foi evacuada no dia seguinte. Os moradores tiveram 40 minutos para recolher suas coisas e não foram informados de que não poderiam voltar. A cidade de Chernobyl também foi evacuada. Hoje, abriga um hotel para os turistas selecionados para visitar o local da pior tragédia radioativa já provocada por uma usina nuclear.

BERLIM OCIDENTAL
ALIMENTOS FORAM
CONTAMINADOS PELA
RADIACÃO DE CHERNOBYL

Figura 18: Revista Mundo Estranho, Tragédias que mudaram o mundo, 2014, p.58

AS UCRANIANAS ALLA KOZIMIERKA E OXANA GAIBON FORAM TRATADAS EM CUJBA

As aves nativas da região têm cérebro

100 MIL KM² de terras nos arredores se tornaram inabitáveis

5% menor do que o normal

TÉCNICO SOVIÉTICO MEDINDO O NÍVEL DE RADIAÇÃO NO NORTE DA UCRÂNIA

FOTOS: AP/WIDEWORLD; KOSTERMEIER (BERLIM); AFP/ADALBERTO ROQUE (BOCHUM); WINDSCALE (INGLÂNDIA); ILLUSTRAÇÃO: SHUTTERSTOCK

SAIBA MAIS: SITE: www.chernobylmuseum.kiev.ua

EFEITOS DA RADIAÇÃO

- Tireoide**
Alto risco de câncer
- Pulmões**
Inflamação
- Intestinos**
Sangramento, diarreia
- Sangue**
Baixa produção de células vermelhas
- Estômago**
Sangramento, náusea, vômito
- Medula**
Diminuição de glóbulos brancos

OUTROS ACIDENTES NUCLEARES

KYSHTYM
União Soviética, 29/9/1957
Antes que um vazamento da usina de Mayak emitisse uma nuvem tóxica, a usina já descartava resíduos nucleares no rio da cidade.

WINDSCALE
Inglaterra, 10/10/1957
Um reator nuclear pegou fogo por três dias. Nenhuma cidade próxima foi evacuada e foram registrados casos de câncer na tireoide.

THREE MILE ISLAND
Estados Unidos, 28/3/1979
As bombas de água da usina falharam. Não houve vítimas, mas toda a política norte-americana para usinas nucleares foi revista.

TOKAIMURA
Japão, 30/9/1999
Seis meses depois de uma explosão, o vazamento de urânio matou duas pessoas e provocou o mais grave acidente até Fukushima, em 2011.

59

Figura 3: Revista Mundo Estranho, Tragédias que mudaram o mundo, 2014, p.59

Fukushima detecta vazamento de água radioativa - líquido está indo para o Pacífico desde abril de 2014

3.3.1.1 Água vinda da chuva passou por instalações contaminadas da usina e desembocou no Pacífico

A USINA DE FUKUSHIMA

A operadora responsável pela usina nuclear de Fukushima, no Japão, detectou um novo vazamento de água radioativa através da tubulação de drenagem de um dos reatores. O líquido teria chegado ao mar e está vazando desde o mês de abril do ano passado, segundo um comunicado divulgado pela imprensa japonesa.

A proprietária da usina, a [Tokyo Electric Power Company \(Tepco\)](#), anunciou a descoberta de um reservatório de água altamente radioativa acumulada sobre teto do reator número 2. O líquido continha 29,4 mil becqueréis por litro de césio radioativo e 52 mil de estrôncio e outras substâncias emissoras de raios beta.

Esta água procedente das chuvas e contaminada pelos resíduos radioativos emanados do reator teria vazado pelos canais de drenagem do edifício, que desembocam no píer da central e no Oceano Pacífico, explicou a operadora.

Em abril do ano passado, a Tepco detectou a acumulação de água sobre o teto do reator, assim como um aumento dos níveis de radiação nos dutos de drenagem cada vez que chovia, segundo declarações de responsáveis da usina divulgadas hoje pela emissora estatal "NHK".

A companhia decidiu não tomar medidas, nem tornar público o problema até agora, por não contar com os resultados das análises sobre os níveis de radioatividade do líquido acumulado.

Leia [também:](#)
>> [12 razões para não confiar na Tepco](#)
>> [Casos de câncer de tireoide são detectados em jovens de Fukushima](#)

Para controlar os vazamentos, a Tepco anunciou a instalação de sacos de areia sobre o teto do reator e o fechamento dos canais de drenagem que desembocam no mar, medidas que devem estar prontas até o final de março.

Além disso, a operadora afirmou que não registrou um aumento dos níveis de radioatividade nas águas marinhas próximas da central.

A notícia foi veiculada dois dias depois que a Tepco detectou outro possível vazamento de água altamente radioativa no mar por um dos canais de drenagem da usina.

A Tepco decidiu fechar essa tubulação e extrair a água contaminada com uma bomba para evitar que chegasse ao mar, mas suspeita que "poderia haver um vazamento nos píeres", segundo a operadora.

A associação de pescadores de Fukushima expressou sua preocupação com os últimos incidentes que podem afetar "sua confiança" na Tepco, disse o responsável da organização, Masakazu Yabuki.

O líder da associação acrescentou que a decisão de aceitar os despejos controlados de água com baixa radioatividade da usina no mar poderia ser reconsiderada, em declarações à "NHK".

Exames revelam que estátua de mil anos abriga corpo de monge

Endoscopia mostrou que órgãos vitais foram substituídos por papéis cobertos em escrita chinesa



O MONGE (FOTO: MUSEU DE DRENTS)

Uma estátua de Buda, com idade estimada de mil anos, revelou ter um monge mumificado em seu interior. Pesquisadores do Museu Drents, na Holanda, fizeram a descoberta no ano passado - e agora endoscopias mostraram que os órgãos vitais da múmia foram substituídos por papéis cobertos com palavras em Chinês.

Acredita-se que o monge budista seja um mestre conhecido como 'Liquian', da Escola Chinesa de Meditação. Muitos desses monges não são considerados mortos, mas sim 'em estado de meditação'. 24 casos como esse já foram descobertos, o mais recente no mês passado, quando um corpo de 200 anos foi encontrado na posição de lótus.

Os monges tentam se 'auto-mumificar' fazendo uma dieta de mil dias apenas de nozes, sementes e frutas, enquanto se exercitam intensamente para livrar seus corpos de toda a gordura. Depois desses primeiros mil dias, os monges passam por uma dieta de raízes e chás tóxicos, que tem o objetivo de preservar o corpo e expelir parasitas. Depois dessas fases completas (elas duram cinco anos e meio), o monge é trancado na posição de lótus em uma tumba de pedra, com um pequeno tubo pelo qual respirar. Eles sinalizariam que estão vivos tocando um sino.

Assim que o sino para de tocar, outros mil dias são tocados e a tumba é aberta para que outros monges verifiquem se o corpo está mumificado. Se sim, considera-se que o monge atingiu um estado de graça suprema e é colocado em exposição em templos.

A múmia será exibida no Museu Húngaro de História Natural a partir de maio.

Via [Business Insider](#)

Atividade 3

Plano de aula 3: Aula introdutória sobre o espectro eletromagnético

OBJETIVO

Conceituar e diferenciar o espectro eletromagnético e distinguir radiações ionizantes e não ionizantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceituar ondas;
- Diferenciar ondas mecânicas de ondas eletromagnéticas;
- Diferenciar radiações ionizantes de radiações não ionizantes;
- Realizar exercícios utilizando equações matemáticas;
- Constatar que relações os alunos fazem sobre o assunto estudado e seu cotidiano;

PROCEDIMENTO

A atividade será através de uma aula expositiva utilizando recursos visuais (apresentação em Power point, feita por mim e vídeo retirado da internet), depois será entregue um material impresso, parte da dissertação de mestrado da Michely Prestes e será utilizado o livro didático e execução de exercícios. A atividade está ligada com os conteúdos previstos para trabalhar com a turma neste trimestre.

AVALIAÇÃO

A avaliação será feita através da participação oral e escrita dos alunos e será estendida durante o trimestre.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

[Prestes, 2008] PRESTES, M., O ensino de física das radiações: contribuições da educação ambiental, Mestrado, FURG, 2008, p.

Texto abaixo é parte do texto elaborado pela pesquisadora Michely Prestes, citada na bibliografia.

Atividade 4

Plano de aula 4 - Muito além das radiações: Conversando com a Liga Feminina de Combate ao Câncer de Cruz Alta

OBJETIVO GERAL

Transversalizar a temática das radiações no contexto da saúde e inserir os educandos em práticas sociais e solidárias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer o trabalho da Ong na cidade de Cruz Alta;
- Palestra com representantes da ONG Liga Feminina de Combate ao Câncer de Cruz Alta
- Lançar a atividade de arrecadação de alimentos para os pacientes e seus familiares, buscando incentivar ações solidárias;
- Compreender que as radiações ionizantes podem ser utilizadas de maneira a beneficiar os seres humanos;
- Tornar os educandos multiplicadores de informações a respeito da prevenção ao câncer para outras turmas da escola e para a comunidade.

PROCEDIMENTOS

Inicialmente realizou-se uma visita no local de funcionamento da Liga Feminina de Combate ao Câncer de Cruz Alta, para realizar uma conversa e explicar o propósito do trabalho e saber como a Liga procede com os seus assistidos. Na sequência foi solicitada uma palestra na escola para os educandos, com algumas voluntárias e pacientes assistidos. Foi solicitada pela Liga uma nova visita para que fosse organizado e estabelecido pelas voluntárias as que poderia ser trabalhado na palestra. Foi realizada uma segunda visita ao local de funcionamento da Liga e ficou acordado que algumas voluntárias iriam palestras sobre prevenção do câncer e relatar o trabalho realizado pela ONG. Após esta segunda visita ao local de funcionamento da Ong, foi percebida o número de pessoas que vão até o local para pedir auxílio assistencial, seja este, em forma de alimentos, medicação, consultas e esclarecimento, foi pensado no grupo como

poderíamos auxiliar e surgiu a ideia de arrecadar alimentos, unindo esta atividade com o Dia da Solidariedade que as escolas promovem anualmente, geralmente no mês de maio.

Os alunos da terceira série do ensino médio ficaram encarregados de divulgar as informações que receberam na palestra e com isso sensibilizar os demais educandos a buscarem realizar uma atividade para amenizar o sofrimento destas pessoas que são assistidas pela Ong.

AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada através da participação do grupo na palestra, na atividade de repassar informações para as outras turmas coleta de alimentos.

OBSERVAÇÕES:

Esta atividade também foi apresentada e avaliada pela disciplina de Filosofia e Sociologia.

Atividade 5

Plano de aula 5 - Socializando novos conhecimentos e ações solidárias.

OBJETIVO

Compartilhar as atividades realizadas após a palestra da Ong Liga Feminina de Combate ao Câncer.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Motivar ações solidárias entre os alunos;
- Buscar alternativas para amenizar problemas sociais;

PROCEDIMENTO

Dando continuidade ao plano de aula 4, foi posto em prática, arrecadação de alimentos, explanação para as turmas da escola a respeito da prevenção de câncer.

ATIVIDADE

A atividade proposta consta de sete questões relacionadas ao vídeo onde o estudante deverá respondê-las em dupla a fim de promover uma discussão a partir dos conceitos trabalhados pelo vídeo.

RECURSOS

- Data show
- *Notebook*

AValiação

A avaliação será feita com a correção das questões, que se dará quando os estudantes responderem em voz alta para toda a turma, a resposta de suas questões. Desta forma se dará uma grande discussão em cima dos temas abordados pelo tema.

Atividade 6

Plano de aula 6 - Usinas nucleares e vazamento radioativo: quando o homem subestima a radiação ionizante.

OBJETIVO

Desenvolver uma apresentação sobre o tema sorteado e posteriormente retomar os conceitos e informações principais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Retomar os conceitos físicos apresentados anteriormente;
- Incentivar a pesquisa por parte dos educandos;
- Motivar a troca de informações e o uso das tecnologias.

PROCEDIMENTOS

Dividir a turma em grupos e temas para que estes apresentem através de recursos áudio visuais, para o grande grupo os seguintes temas:

- Bombas atômicas;
- Vazamento de material radioativo em Chernobyl;
- Acidente radioativo em Goiânia;
- Desastre radioativo em Fukushima.

RECURSOS

Utilização de recursos áudio visual.

AVALIAÇÃO

Serão avaliados os recursos utilizados na pesquisa, as fontes bibliográficas, a preparação dos componentes.

Atividade 7

Plano de aula 7 – Revisando conceitos e histórico dos átomos e introduzindo o conceito e histórico da eletricidade.

OBJETIVO GERAL

Reforçar a concepção de átomo e introduzir o conceito de eletricidade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Descrever a estrutura dos átomos;

Trabalhar de forma multidisciplinar;

Introduzir os estudos sobre eletricidade e relacionar com as radiações.

PROCEDIMENTOS

Através de uma aula introdutória retomar os conceitos de átomo e introduzir os conceitos de eletricidade buscando relacionar com os conceitos de radiação e quantidade de energia.

Atividade 8

Plano de aula 8 – Radiações ionizantes e não ionizantes, a visão de uma física médica. Palestra com a Professora Dra. Aline Guerra Dytz

OBJETIVO

Observar através da fala de uma profissional da área os vários aspectos a serem analisados a respeito do tema radiações.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compartilhar informações;
- Obter informações através de outras fontes;
- Familiarizar com outras profissões;
- Incentivar a pesquisa;
- Motivar o trabalho em grupo;

PROCEDIMENTO

A análise se dará por comparação e buscará verificar se houve alteração nas respostas de maneira a verificar se houve uma aprendizagem significativa após a aplicação do produto.

Atividade 9

Plano de aula 9 – Desmistificando a radiação ionizante: A vilã também pode ser mocinha

OBJETIVO

Desmistificar a radiação ionizante, produzindo pesquisa para os benefícios de quando utilizada de maneira controlada.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Socializar a pesquisa e com isso compartilhar informações;

Incentivar a pesquisa;

Motivar o trabalho em grupo;

PROCEDIMENTO

A análise se dará por comparação e buscará verificar se houve alteração nas respostas de maneira a verificar se houve uma aprendizagem significativa após a aplicação do produto.

Atividade 10

Plano de aula 10 – Comparando resultados: Analisando o produto

OBJETIVO

Aplicar novamente o questionário e comparar resultados.

Socializar as aprendizagens.

PROCEDIMENTO

A análise se dará por comparação e buscará verificar se houve alteração nas respostas de maneira a verificar se houve uma aprendizagem significativa após a aplicação do produto.

2.6 Física das Radiações

As radiações fazem parte do nosso mundo desde a sua criação. No início, as elevadas taxas de exposição a estas radiações eram “incompatíveis com a vida” e, com o passar do tempo, os “átomos radioativos foram evoluindo para configurações cada vez mais estáveis com a liberação do excesso de energia” (NOUAILHETAS, 2003, p.3).

Através da produção do conhecimento científico, esta forma de energia vem sendo utilizada em diversas tecnologias beneficiando a sociedade, quando utilizada com os cuidados necessários. Mas, para grande parte da população as propriedades das radiações são desconhecidas, visto suas características peculiares, principalmente porque, a radiação ionizante, é “invisível, inaudível, inodora, insípida e intocável” pelo ser humano, sem o uso de equipamentos especiais, ela “pode ser considerada o verdadeiro fantasma da era moderna” (OKUNO, 1988, p.41).

2.6.1 Estrutura da matéria

De acordo com a estrutura da matéria, todos os corpos existentes no universo são resultados da combinação de átomos de diferentes elementos químicos que, por sua vez, constituem as moléculas que organizadas integram sistemas cada vez mais complexos.

Os átomos são compostos por partículas menores onde, no seu núcleo, localizam-se os prótons com carga elétrica positiva e os nêutrons sem carga elétrica

e, ao redor do núcleo, em camadas, estão distribuídos os elétrons com carga elétrica negativa. Em função destas combinações, os átomos adquirem propriedades bem definidas, que permitem identificar cada um dos elementos químicos cujos símbolos estão dispostos na tabela periódica.

A relação entre as cargas positivas e negativas resulta na estrutura eletricamente estável do átomo. Cada elemento tem um número específico de prótons no núcleo, mas o número de nêutrons pode variar, são os chamados "isótopos" (OKUNO, 1988, p.14).

O isótopo que estiver numa configuração instável, com muita energia proveniente do excesso de prótons ou de nêutrons, é considerado um radioisótopo, ou seja, um isótopo radioativo que emitirá radiação nuclear para atingir uma estrutura estável de energia. As radiações também podem ser produzidas por fontes artificiais, por exemplo, o tubo de RX que será discutido no capítulo 2, seção 2.6.3.6.

Conceitualmente, então podemos dizer que, a radiação é o transporte de "energia emitida por uma fonte, e que se propaga de um ponto a outro sob a forma de partículas com ou sem carga elétrica, ou ainda sob a forma de ondas eletromagnéticas, no espaço ou em um meio material qualquer" (SCAFF, 2002, p.10).

Na busca pela estabilidade, conforme a figura abaixo, o átomo pode liberar o excesso de energia através das radiações alfa, beta e da radiação gama.

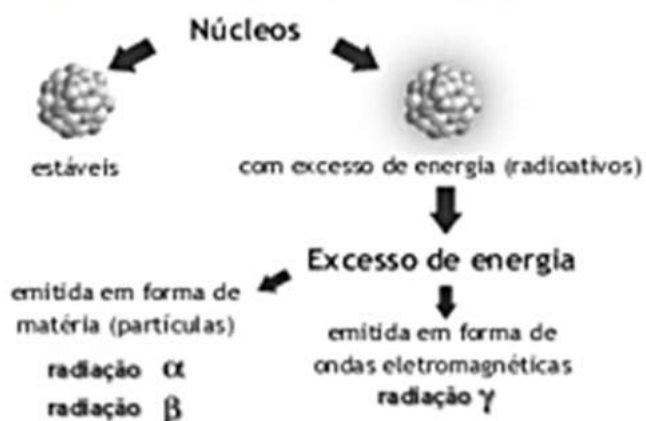


Figura 01 – Núcleos estáveis e instáveis com a liberação do excesso de energia.

Fonte: <http://www.cnem.gov.br/ensino/apostilas/radio.pdf>

A radiação alfa ou partícula alfa (α), emitida pelo núcleo, é constituída por dois prótons e dois nêutrons, formando um núcleo de hélio (${}^4\text{He}$) com carga elétrica positiva. A radiação beta ou partícula beta (β), outra forma de estabilização, pode ocorrer através da emissão de uma partícula beta negativa (β^-), um elétron, resultante da conversão de um nêutron em um próton. E, no caso de existir excesso de cargas positivas, prótons, é emitida uma partícula beta positiva (β^+), chamada pósitron, resultante da conversão de um próton em um nêutron.

Geralmente, após a emissão de uma partícula alfa (α) ou beta (β), o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura estabilizar-se, emitindo esse excesso em forma de radiação gama (γ) que, diferentemente das partículas alfa e beta, são ondas eletromagnéticas que não possuem carga elétrica e massa.

2.6.2 Radiações Eletromagnéticas

Uma carga elétrica quando colocada em oscilação, acelerada ou desacelerada, emite uma onda eletromagnética, isto é, "campos elétricos (E) e campos magnéticos (B) oscilantes perpendiculares entre si, que se propagam no vácuo com velocidade constante, igual a espaço 300.000 km/s", que é a velocidade da luz, para qualquer valor de sua energia. A radiação, sob a forma de ondas eletromagnéticas, "transporta energia ao se propagar e quando encontra objetos pode transferir energia a eles" (OKUNO et al., 2005, p.8).

As ondas eletromagnéticas diferem entre si pelo valor do comprimento de onda e da frequência, desta forma cada onda recebe uma denominação especial.

O comprimento de onda, usualmente representado pela letra grega λ (lambda), é a "distância entre a crista de uma onda e a crista da próxima onda" (SCAFF, 2002, p.12).

Então, o λ representa a distância entre duas cristas, pontos que estão em seu afastamento máximo para cima, ou entre dois vales, pontos que se encontram em afastamento máximo para baixo. Para medir o comprimento de onda da radiação é usada a "unidade nanômetros, abreviada nm, onde: $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ " (OKUNO et al., 2005, p.10).

Scaff (Ibid., p.12) também define que, a frequência (ν) "é o número de vibrações executadas pela onda, a cada segundo". O valor da frequência é sempre

igual à frequência da fonte que deu origem à onda e sua unidade no SI (sistema internacional) é chamada de Hertz (Hz), em homenagem ao cientista alemão Heinrich Hertz que demonstrou a existência das ondas de rádio, "onde 1 Hz = 1 vibração por segundo" (SCAFF, 2002, p.12).

A energia de uma onda eletromagnética é "diretamente proporcional à frequência da onda", ou seja, quanto maior a frequência da onda maior será sua energia (OKUNO, 1988, p.17). Porém, o comprimento de onda é inversamente proporcional à energia da onda, de forma que a distância entre duas cristas adjacentes diminui à medida que a frequência da onda aumenta o que pode ser demonstrado na figura abaixo.

2.6.3 Espectro Eletromagnético

Atualmente, são conhecidos vários tipos de ondas eletromagnéticas geradas por cargas elétricas em oscilação, ou seja, todas essas ondas têm a mesma natureza.

O espectro eletromagnético corresponde ao conjunto dessas radiações que devido às diferentes frequências possuem denominações específicas e ocupam uma determinada posição ou seqüência.

Das radiações que fazem parte do espectro eletromagnético, "a radiação infravermelha foi a primeira a ser descoberta, em 1880, depois da luz. A seguir foram descobertas a radiação ultravioleta, em 1881, as ondas de rádio, em 1888, a radiação X, em 1895, a radiação gama, em 1900, e as microondas, em 1932" (OKUNO et al, 2005, p.9).

A figura 02 representa o espectro eletromagnético com as faixas de frequência, dispostas em sua ordem crescente, onde começam pelas ondas de rádio e terminam nos raios gama, e os respectivos valores dos comprimentos de onda.

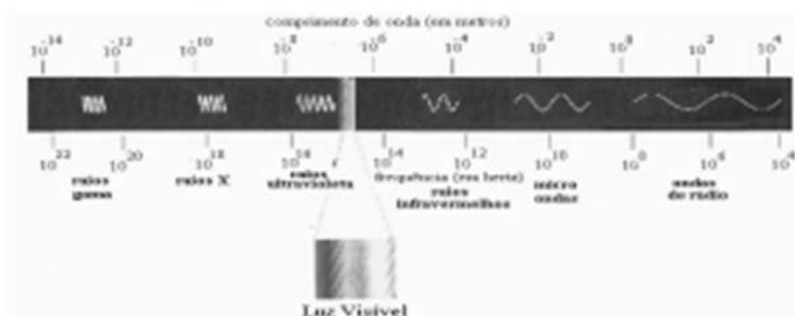


Figura 02 – Frequência e comprimento de onda das radiações.

Fonte: <http://educar.sc.usp/biologica/espectro.gif>

Importante ressaltar que, durante o desenvolvimento desta pesquisa, foi aplicada uma unidade de aprendizagem, envolvendo atividades, que abordaram os raios ultravioletas, os raios-X e os raios gama. Seria interessante, neste trabalho, desenvolver atividades abrangendo todas as radiações que compõem o espectro eletromagnético, porém não foi possível visto a indisponibilidade de tempo e os objetivos principais.

Na próxima seção, vamos apresentar algumas características e aplicações das radiações que compõem o espectro eletromagnético, de forma que nosso foco principal são as radiações que fizeram parte da unidade de aprendizagem.

2.6.3.1 Ondas de Rádio

Ondas de rádio é a denominação dada às ondas eletromagnéticas com frequências muito pequenas. As ondas de rádio são geradas pela "passagem de corrente elétrica alternada por um condutor, que se propagam através de antenas e, sintonizando um rádio receptor, numa determinada, frequência é possível receber um sinal específico" (SCAFF, 2002, p.21). Estes osciladores eletrônicos são instalados, geralmente, em um lugar alto, para atingir uma maior região.

De acordo com a figura 02, a frequência das ondas de rádio é menor que 300 MHz onde, M (mega) = 10^6 , e apresentam comprimentos de ondas maiores que 1 m.

Estas ondas são utilizadas principalmente em telecomunicação incluindo as estações de TV, rádios de ondas curtas, telefones celulares, telefones sem fio e as próprias bandas de rádios AM e FM.

2.6.3.2 Microondas

As microondas apresentam frequências maiores que as de radiotransmissão, estando, neste caso, compreendidas entre 300 GHz a 300 MHz, onde G (giga) = 10^9 e apresentam comprimentos de ondas maiores entre 1 mm (milímetro) e 1 m (metro).

Essa faixa de radiação é muito utilizada para funcionamento de um radar, "equipamento que emite radiação eletromagnética e detecta, de volta, a radiação refletida por um objeto, permitindo obter informações do tamanho, distância, velocidade, etc. desse objeto" (SCAFF, 2002, p.26). Os principais tipos de radares servem para a detecção de aeronaves em voo no controle do tráfego aéreo; para uso

militar; para abrir e fechar portas automáticas e para a detecção de velocidades de veículos.

Outra importante aplicação dessa radiação são os fornos de microondas, utilizados nas nossas cozinhas, para aquecer e cozinhar os alimentos. Conforme Scaff (2002, p.28), as ondas com este comprimento “são absorvidas pela água, gordura e pelos açúcares, e convertidas em movimento das moléculas, causando o calor”.

2.6.3.3 Infravermelho

São ondas eletromagnéticas com frequências superiores às microondas e inferiores à da luz vermelha, corresponde as oscilações de 300 GHz a 400 THz onde, T (tera) = 10^{12} e P (peta) = 10^{15} , apresentam comprimentos de ondas entre 1mm e 780 nm.

Embora invisível, a radiação infravermelha pode ser percebida por suas propriedades de aquecimento, pois ao interagir com a matéria, provoca vibrações das moléculas resultando no aumento de temperatura do sistema.

Essa radiação é emitida por qualquer objeto, a uma determinada temperatura, sendo a emissão tanto mais intensa quanto mais quente estiver o objeto. Assim, de acordo com Scaff (2002, p.37), também é conhecida por “radiação de calor”.

A radiação infravermelha (RIV) é dividida em três faixas espectrais, que diferem entre si, de acordo com a frequência e, conseqüentemente, promovem diferentes efeitos na absorção pela matéria. A autora Okuno (et al., 2005, p.12) apresenta as subdivisões da RIV de acordo as frequências e os comprimentos, respectivamente, onde:

- IVA próximo da luz visível (385 THz – 214 THz) e (780 nm – 1,4 μ m);
- IVB médio (214 THz – 100 THz) e (1,4 μ m – 3,0 μ m);
- IVC distante da luz visível (100 THz – 300 GHz) e (3,0 μ m – 1 mm);

Em nosso cotidiano é comum o uso do infravermelho, por exemplo, em controle remotos, que são aparelhos usados para controlarmos, a uma certa distância, equipamentos como televisores, sistemas de som. São também usados em portas automáticas como a dos elevadores, portas de automóveis, alarmes, binóculos e câmeras de visualização noturna, além do uso na medicina em tratamentos de fisioterapia, onde o aquecimento dos músculos e tecidos contundidos faz aumentar a circulação, reduzindo o tempo de recuperação das lesões.

2.6.3.4 Luz Visível

A luz visível, também conhecida por radiação visível, corresponde à parte do espectro eletromagnético com frequências menores que os raios ultravioletas e maiores que os raios infravermelhos. Desta forma, respectivamente, apresenta aproximadamente a faixa dos 700 THz aos 400 THz.

Essa radiação é capaz de estimular nossa visão, ou seja, ao incidir no olho humano provoca estímulos, onde é possível definir os objetos e as cores. Os outros tipos de radiação não sensibilizam nosso sistema visual, assim se tornam invisíveis.

As diversas cores, que fazem parte do conjunto da luz visível, são diferenciadas de acordo com sua frequência e, quando todas estão juntas, formam o espectro da luz branca, por exemplo, a luz emitida pelo sol.

No espectro eletromagnético, conforme a figura abaixo, as cores apresentam-se dispostas, de acordo com o valor crescente da frequência, na seguinte ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta.

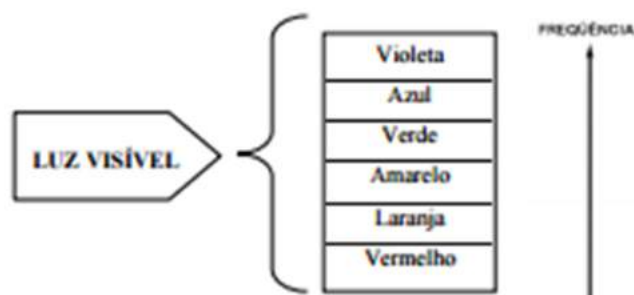


Figura 03 – Espectro da luz visível com valores crescente de frequência.

Portanto, a cor vermelha corresponde à menor frequência visível e a cor violeta, à maior dessas frequências.

2.6.3.5 Raios Ultravioletas

A radiação ultravioleta (RUV) está localizada no espectro eletromagnético logo após a luz visível, mais precisamente após a luz violeta, e subdivide-se em três intervalos: UVA, UVB, UVC.

Os intervalos da RUV se diferenciam de acordo com a frequência e com o comprimento de onda onde, respectivamente, segundo as autoras Okuno & Vilela (2005, p.12), assumem os seguintes valores:

- UVC (3 PHz – 1,07 PHz) e (100 nm – 280 nm)
- UVB (1,07 PHz – 0,952 PHz) e (280 nm – 315 nm)
- UVA (0,952 PHz – 0,75 PHz) e (315 nm – 400 nm)

Conforme a mesma autora (Ibid., p.12), a radiação UVC, também conhecida como “radiação germicida por ser capaz de destruir germes”, é a que tem maior frequência e menor comprimento de onda, portanto é a faixa mais energética. Mas, esta radiação é absorvida pela camada de ozônio e não atinge a Terra.

A radiação UVB, também conhecida como “conhecida por luz erimatogênica por causar eritema que é a queimadura da pele”, penetra superficialmente a pele e é o principal responsável pelas alterações celulares que predisõem ao câncer de pele, sua incidência aumenta muito no verão, especialmente nos horários entre 10 e 16 horas.

A radiação UVA, também chamada de “luz negra por apresentar um efeito fluorescente em objetos brancos”, apresenta a menor frequência e, conseqüentemente, o maior comprimento de onda, ocupando a maior parte do espectro ultravioleta (OKUNO et al., 2005, p.20). A radiação UVA é praticamente constante durante todo o ano e ao longo do dia, atingindo a pele com a mesma intensidade, tanto no inverno quanto no verão, sendo responsável pelo envelhecimento precoce e também pelo surgimento do câncer de pele.

O Sol que “emite energia em, praticamente, todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético” é a principal fonte natural radiação ultravioleta, correspondendo a “7% dessa energia” (CPTEC/INPE). As fontes artificiais mais comuns são as lâmpadas de mercúrio que “são usadas, por exemplo, em hospitais, para fins de esterilização, ou ainda em clínicas de bronzamento artificial” (OKUNO et al., 2005, p.34).

Diariamente estamos em contato com a radiação solar e algumas pessoas, devido as suas atividades profissionais, se expõem por longos períodos, assim como outras se expõem por lazer ou mesmo com o único propósito de bronzear-se.

A RUV pode apresentar efeitos benéficos no tratamento de doenças como “lupus vulgaris, uma espécie de tuberculose da pele, úlcera varicosa, feridas de difícil cura” (OKUNO et al., 2005, p. 4), psoríase, vitiligo e também ajuda na síntese da

vitamina D₂. No entanto, pode causar graves prejuízos à saúde se o nível de RUV "exceder os limites a partir dos quais os mecanismos de defesa, inerentes a cada espécie, se tornam ineficazes" (VANICEK et al., 2000, p.5).

Diversos efeitos nocivos podem ser causados pelo excesso de exposição à radiação solar UV, e as reações na pele humana podem ser classificadas como agudas, também conhecidas por efeito imediato, ou crônicas, também conhecidas por efeito tardio. As reações agudas são as que ocorrem imediatamente após a exposição ao Sol como: queimaduras e bronzeamento. Enquanto que as reações crônicas se desenvolvem em longo prazo, devido ao efeito cumulativo da radiação durante a vida, causando a catarata, o envelhecimento cutâneo e as alterações celulares que, através de mutações genéticas, predis põem ao câncer da pele.

Esses raios, por apresentarem danos à saúde, têm sido alvo de muita pesquisa por órgãos como a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD), o Instituto Nacional de Câncer (INCA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) entre outros, no intuito de alertar a população e promover, através de campanhas educativas, a prevenção do câncer de pele. Mas, essas iniciativas, veiculadas através da mídia, não estão sendo suficientes, pois a cada ano aumenta o número de novos casos de doenças da pele.

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia, na campanha nacional de combate ao câncer, realizada gratuitamente em novembro de 2007, foram examinadas "em todo o Brasil 31.429 pessoas", onde foi revelado que "10% dos pacientes estavam com algum tipo de câncer de pele e que 67,7% dos brasileiros se expõem ao Sol sem proteção". Neste grupo, foi constatado que "apesar de as mulheres terem comparecido em maior número (62,5%), foram os homens que mais receberam o diagnóstico de câncer de pele (13,1% para 8,1% das mulheres)".

Esta campanha, em sua nona edição, aconteceu em 23 estados brasileiros e, no Estado do Rio Grande do Sul, foram atendidos "1.893 pacientes, dos quais 37% eram homens e 63% mulheres". Mesmo neste estado, predominando uma população de "pele branca (86,9%)" e, portanto, mais vulnerável à influência da RUV, o que demanda maiores cuidados, os dados da SBD mostram que apenas "35,9% dos pacientes examinados usam proteção ao se expor ao Sol, enquanto que 58,7% ainda não possuem este hábito e, 5,4% não se expõem ao Sol".

Ainda nesta perspectiva, as estimativas para o ano de 2008, válidas também para o ano de 2009, apontam que ocorrerão 466.730 novos casos de câncer no Brasil

onde, são esperados “115 mil casos novos para o câncer de pele, do tipo não melanoma onde, 55.890 entre homens e de 59.120 nas mulheres” INCA, 2007, p.37). Esses valores correspondem a um risco estimado de “59 casos novos a cada 100 mil homens e de 61 para cada 100 mil mulheres” (Ibid., p.37).

Estes dados evidenciam que o câncer de pele, do tipo não melanoma, ou seja, um tipo de carcinoma menos agressivo que não tem origem nos melanócitos (células produtoras de melanina, substância que determina a cor da pele) será o mais incidente na população brasileira, predominando na região Sul.

Enfatizamos que um dos principais fatores de risco para o surgimento de doenças de pele, incluindo todos os tipos de câncer, ocorre devido à exposição excessiva a RUV do Sol. Diante desta realidade, é necessário ampliar o desenvolvimento de ações preventivas, buscando uma educação em saúde, o que requer iniciativas simples como: auto-exame da pele; detecção precoce de novas manchas e sinais; evitar a RUV principalmente no período das 10h às 16h, quando a incidência dos raios solares é maior na Terra; estar atento ao índice UV, que é uma medida diária da intensidade da radiação; utilizar proteção como chapéu, guarda-sol, óculos com lentes que impedem a passagem da RUV e filtros solares. E, no momento em que for percebida qualquer mudança na pele, deve-se procurar um dermatologista, pois as alterações, quando detectadas em estágios iniciais, são mais susceptíveis à cura.

Porém, estas atitudes, de prevenção e detecção precoce, exigem da população um conhecimento básico sobre a RUV e consciência para colocar em prática estes conhecimentos, o que muitas vezes não ocorre. Os meios de comunicação, no que se refere à divulgação de informações sobre a RUV e sua influência sobre o câncer de pele, têm sido um grande aliado da população, pois desenvolvem um papel muito importante alertando a sociedade.

De maneira satisfatória, foi constatada na campanha nacional de controle do câncer da pele da SBD, em 2007, que a população do Estado do Rio Grande do Sul foi motivada a procurar o programa para fazer o exame, principalmente através dos meios de comunicação, como segue na tabela abaixo:

O que motivou o exame		
TV	730	37,6%
Rádio	264	13,6%
Cartaz / Panfleto	111	5,7%
Palestras	9	0,5%
Jornal	319	16,4%
Amigos/ Vizinhos/ Família	275	14,1%
Outros	236	12,1%
Total	1944	100,0%

Nota: Os 1.893 pacientes podiam citar mais que 1 motivo.

Tabela 01 – Índices motivadores da população.

Fonte: <http://www.sbd.org.br/publico/cancer/estatisticas.aspx>

A televisão (TV) e o jornal são apontados como os principais incentivadores da população e, logo após, em terceiro lugar, aparecem os amigos, vizinhos e família, totalizando 68,1%.

Mas, é preciso estar atento para as informações veiculadas na mídia, em relação à divulgação da RUV, visto que estas são mais expressivas no Verão, o que pode nos induzir equivocadamente a compreender que nas outras estações do ano a exposição ao Sol, sem a devida precaução, não causa danos à pele e, como mencionado anteriormente a RUVA é constante em todo ano.

Atualmente, os meios de comunicação como TV, rádio, jornal, internet entre outros, são de fácil acesso para grande parte da população e levam informações diárias de maneira rápida aos lugares mais distantes dos grandes centros. Estes meios de educação informal são importantes, mas não desenvolvem uma sistematização dos conceitos que fazem parte das notícias.

Com a necessidade de novas perspectivas para conscientizar a população contra os efeitos nocivos da RUV proveniente do Sol e de fontes artificiais, é necessário o envolvimento de outros setores, como as instituições de ensino que, no âmbito escolar, são as responsáveis pela sistematização dos conceitos, pelo desenvolvimento do conhecimento científico, com atividades didáticas. Este diferencial pode contribuir significativamente e se refletir em atitudes mais coerentes para uma vida saudável.

A escola deve auxiliar os educandos a reconhecer os mitos e as verdades sobre as radiações, pois somos bombardeados por diversas informações que podem acabar nos prejudicando. Por exemplo, para muitas pessoas, estar bronzeado é sinal de saúde e de beleza, enquanto que na verdade o bronzeamento é uma defesa do organismo que, com o "aumento da pigmentação da pele, devido as alterações nos melanócitos, células que produzem a melanina, pela exposição à RUV", vai se preparando contra futuros danos biológicos causados pela RUV (OKUNO et al., 2005, p.45).

Em busca de uma pele bronzeada se torna comum o uso do bronzeamento artificial onde a exposição a lâmpadas, principalmente, de RUV A e de RUV B podem emitir "doses mais altas que a radiação proveniente do Sol", prejudicando intensamente a pele (CPTEC/INPE). Para possibilitar mudanças neste tipo de comportamento é necessário um processo educativo, que deve ter o apoio da escola.

O ensino formal pode auxiliar as crianças e os adolescentes a desenvolverem uma visão crítica e menos influenciável por uma sociedade que preza o consumo, desrespeitando a própria saúde física, para chegar aos padrões de beleza estabelecidos.

Conforme Corrêa (2004, p.3), "as escolas australianas exigem o uso de bonés e protetores solares durante os períodos de recreio, e durante o verão os horários de lazer são alterados para períodos de menor insolação. Áreas públicas de lazer, como piscinas e parques, tiveram um aumento significativo de locais sombreadas".

Adotando políticas públicas eficazes, na busca por ações preventivas, torna-se essencial a união do governo, dos setores privados, da mídia e das instituições de ensino. Esta medida vai se refletir em melhores estimativas para a sociedade.

2.6.3.6 Raios-X

Localizados no espectro eletromagnético logo após a radiação ultravioleta, os raios-X apresentam frequências extremamente elevadas, em torno de 10^{18} Hz, e possuem muita energia.

Os raios-X foram descobertos inesperadamente, em novembro 1895, por Wilhelm Conrad Roentgen, na época professor de Física da Universidade de Würzburg na Alemanha.

Roentgen estava fazendo experiências em seu laboratório com "raios catódicos", feixe de elétrons, em tubos de vidros onde se fazia vácuo, para os

elétrons não perderem energia no seu caminho. Esse tubo também conhecido por "tubo de Crookes", em homenagem ao químico inglês William Crookes, era constituído de duas placas metálicas ligadas a uma fonte de tensão elétrica (MARTINS, 1998, p.375). A placa ligada ao pólo negativo é chamada de catodo e a outra, ligada ao pólo positivo, é o anodo.

Através de uma diferença de potencial (ΔV), os elétrons liberados do catodo eram fortemente atraídos pelo o anodo que possuía um furo no seu centro. O orifício do anodo permitiu os elétrons colidirem no anteparo do tubo catódico que estava revestido com uma substância fluorescente. Neste momento, Roentgen percebeu o aparecimento de um brilho no tubo e mais surpreso ficou, quando viu que o mesmo brilho atingia uma placa de vidro, coberta com "platino cianeto de bário", que estava a pouca distância do tubo (MARTINS, 1998, p.3). O fenômeno se repetiu mesmo quando o tubo foi coberto com papel preto.

Roentgen fez diversos testes colocando, entre o tubo e a placa de vidro, objetos com características e espessuras diferentes, inclusive sua mão, constatando que a placa continuava luminescendo. A estes raios desconhecidos, mas muito potentes, foi dado o nome de raios-X, posteriormente também chamados por raios roentgen.

Com a existência deste novo fenômeno, que ainda não havia sido registrado por nenhum pesquisador, Roentgen concluiu que os raios "podiam até atravessar corpos humanos e sensibilizar filmes fotográficos" e, passados "45 dias", após a incrível descoberta, "Roentgen tirou a primeira radiografia, que foi a mão de sua esposa, expondo-a durante 15 minutos" (OKUNO, 1988, p.6).

Próximo ao de Natal de 1895, "quando se sentiu seguro com relação às principais propriedades dos novos raios, Roentgen redigiu seu primeiro artigo e, em poucos dias o seu trabalho já estava sendo lido e comentado em todas as sociedades científicas" (MARTINS, 1998, p.379). Em 1901, Roentgen foi recompensado recebendo o primeiro Prêmio Nobel em Física por sua fascinante descoberta.

Depois das observações e verificações de Roentgen, foi definido que os raios-X são produzidos quando um filamento de tungstênio em forma de espiral, colocado no catodo, é aquecido através de uma corrente elétrica e libera um feixe de elétrons. Esses elétrons, produzidos por emissão termoiônica, são acelerados quando se estabelece uma alta tensão e atingem o anodo com grande velocidade. No anodo, lado positivo do tubo, os elétrons se chocam contra o alvo, onde são desacelerados

bruscamente, transformando "cerca de 99% de sua energia cinética em calor e cerca de 1% em radiação-X" (MOTA et al., 1993, p.20). Ao se desligar uma máquina de raios-X, ela não produz mais radiação, portanto, não constitui um equipamento radioativo, mas apenas um gerador de radiação e os materiais irradiados com equipamentos de raios-X não ficam radioativos.

Existem dois mecanismos de produção de raios-X, dependendo do tipo de interação entre os elétrons e o alvo do anodo, estes são conhecidos como "raios-X de Freamento e raios-X Característico" (TAUHATA et al., 2001, p.16). O raio-X de Freamento ocorre quando um elétron, carregado negativamente, passa próximo a um núcleo de um átomo do alvo, sendo atraído na direção deste núcleo, que está carregado positivamente. Com isto, o elétron é desviado de sua trajetória inicial e perde parte de sua energia cinética, que é emitida na forma de radiação X, este processo também é conhecido pela palavra de origem alemã "bremsstrahlung", que significa: Bremsen = Frear e Strahlung = radiação (TAUHATA et al., 2001, p.32). O processo de produção de raio-X Característico envolve uma colisão entre o elétron incidente e um elétron ligado ao átomo do material do alvo. O elétron incidente transfere energia suficiente ao elétron do alvo para que ele seja ejetado de sua órbita, deixando uma espécie de lacuna, que é imediatamente preenchida com a passagem de um elétron de uma órbita mais externa. Neste preenchimento, "ao passar de um estado menos ligado para outro mais ligado, por estar mais interno na estrutura eletrônica", o excesso de energia do elétron é liberado por meio de radiação-X (TAUHATA et al., 2001, p.30). A energia dos raios-X característicos corresponde à diferença entre as energias de ligação das órbitas envolvidas no processo.

Ainda, segundo o mesmo autor, "cada elétron está vinculado ao núcleo pela atração entre a sua carga negativa e a carga positiva do núcleo e a energia consumida neste vínculo se denomina energia de ligação" (TAUHATA et al., 2001, p.4).

Os raios-X têm aplicações práticas muito importantes, sua descoberta revolucionou, principalmente, a medicina com a obtenção de radiografias que permitiu conhecer e estudar melhor o corpo humano.

Num filme especial, sensível à radiação, a imagem é obtida através do contraste que é "dado pela diferença de enegrecimento entre porções distintas da radiografia" (MOTA et al., 1993, p.32). O enegrecimento do filme está relacionado a diversos fatores, entre eles a espessura e a densidade das estruturas, que definem se a radiação vai passar livremente ou se vai ser bloqueada.

Os raios-X que penetram os corpos são bloqueados, parcialmente ou totalmente, pelas estruturas mais densas, devido à relação entre a massa da substância e seu volume. Por exemplo, a radiação ao incidir no corpo humano vai ser bloqueada pelos ossos, que são mais densos que os músculos e outros tecidos, por sua vez, "o feixe de radiação que sai do paciente possui variações de intensidade devido à anatomia interna do corpo" e, com isto, vão produzir o contraste para formar a imagem" (MOTA et al., 1993, p.33).

Portanto, nas estruturas radiografadas, a parte mais clara do filme corresponde às que absorveram mais a radiação, devido à grande densidade, e a parte mais escura às que absorveram menos a radiação, por se tratar de estruturas menos densas. Conforme a imagem dos ossos da mão e do crânio, na figura a seguir, pode-se perceber o contraste no filme radiográfico.



Figura 04 – Contraste nas radiografias.

Fonte: <http://www.fotosearch.com.br/fotos-imagens/raios-x>

Assim como na área médica, os raios-X começaram a ser utilizados em outros setores. A indústria aproveita este tipo de radiação para detectar discontinuidades na matéria, por exemplo, examina a eficiência das soldas, dos navios, dos aviões, das tubulações, etc. Através do filme radiográfico, é possível visualizar e inspecionar toda a estrutura do corpo, promovendo a sua qualidade e a segurança da sociedade.

A radiação pode trazer muitos benefícios, entretanto "provoca danos nos seres humanos, qualquer uso que se faça dela deve ser feito criteriosamente, com conhecimento de proteção radiológica e com responsabilidade" (OKUNO, 1988, p.10).

Logo após a descoberta dos raios-X, os médicos e os cientistas da época começaram a usar essa radiação sem preocupações, pois não se sabia muito sobre suas propriedades. Os médicos, fascinados com as imagens, tiravam radiografias de

seus próprios crânios e, em seguida, associaram a queda dos seus cabelos e outros efeitos, como queimaduras nas mãos e escamações na pele, com a exposição à radiação.

O uso desta radiação era muito recente e não se podiam afirmar os seus efeitos prejudiciais. Para verificar se realmente os raios-X provocavam danos, o físico americano Elihu Thomson, em fins de 1896, se propôs a participar de uma experiência audaciosa onde ele próprio se tornou a cobaia. Thomson "exps seu dedo mínimo esquerdo durante meia hora por dia, a um feixe direto de raio-X, usando uma distância entre o tubo e a pele menor que 3 cm", com os efeitos que começaram a surgir a partir de uma semana, como "dores e inflamações com formação de bolhas", foi evidenciado que existe um certo limite, além do qual a exposição não pode continuar sem causar sérios problemas (OKUNO, 1988, p.31).

O experimento de Thomson levou os cientistas a se preocuparem de forma mais efetiva com a proteção radiológica e estabelecerem as primeiras medidas neste sentido. Em 1925, foi realizado em Londres o primeiro Congresso Internacional de Radiologia, onde foi criada a Comissão Internacional de Unidades e Medidas das Radiações (ICRU).

Muitas pesquisas continuam sendo desenvolvidas e, à medida que os conhecimentos foram se ampliando, os limites de exposição à radiação foram diminuindo ao longo do tempo, a "exposição aos raios-X diagnósticos tem sido considerada uma questão de saúde pública pela Organização Mundial da Saúde e pelo governo dos Estados Unidos, no Brasil esta questão deve ser considerada da mesma forma, devendo-se adotar medidas que possibilitem uma redução na dose de exposição da população aos raios-X médicos" (COOK et al., 2007), para evitar os efeitos biológicos.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece as diretrizes de proteção radiológica e é responsável pela fiscalização dos setores que se beneficiam do uso da radiação. Uma das recomendações básicas de radioproteção, indicado pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), baseia-se nos princípios de "Justificação, Otimização e Limitação da Dose Individual" (TAUHATA et al., 2001, p.171).

Este princípio de proteção assegura que nenhum indivíduo seja exposto desnecessariamente à radiação e, quando é justificado o uso do raio-X, tanto o

paciente como o acompanhante e a equipe que trabalha no local, pode se proteger usando equipamentos de proteção individual.

As vestimentas de proteção individual, utilizadas na radiologia, são equipamentos constituídos de borracha enriquecida com chumbo (plumbíferas), por exemplo, óculos com lentes especiais, aventais, luvas, protetores de tireóide e de gônadas, que impedem a passagem da radiação, devido à grande densidade do chumbo.

A Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA), de acordo com a Portaria 453 de junho de 1998, estabelece que "é responsabilidade básica da empresa fornecer gratuitamente vestimentas de proteção individual adequadas ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento para a equipe, os pacientes e de eventuais acompanhantes" e, ainda, "a presença de acompanhantes durante os procedimentos radiológicos somente é permitida quando sua participação for imprescindível para conter, confortar ou ajudar pacientes, com o uso das vestimentas plumbíferas".

Estas medidas são algumas das maneiras de evitar a exposição indevida e prevenir os efeitos biológicos das radiações.

2.6.3.7 Raios Gama

Com frequência maior que a dos raios-X, em torno de 10^{21} Hz e, comprimento de onda muito pequeno, 10^{-13} m, essas ondas eletromagnéticas recebem o nome de raios gama (γ). Diferente dos raios-X, que tem origem na eletrosfera ou no freamento de partículas carregadas com o núcleo, a radiação gama é produzida por processos de ajustes, para atingir a estabilidade, quando o núcleo atômico possui energia excedente ou por aniquilação de partículas que, "embora não seja de origem nuclear, ocorre quando um pósitron interage com um elétron transformando a matéria em energia", ou seja, produzindo radiação eletromagnética na frequência dos raios gama (TAUHATA et al., 2001, p.33).

A maior parte dos isótopos radioativos naturais formaram-se com a criação da Terra e, com o passar do tempo, alguns destes, através do decaimento radioativo, foram liberando o excesso de energia até se tornarem elementos estáveis. O decaimento radioativo ou desintegração radioativa ocorre quando o radioisótopo libera o excesso de energia, sob a forma de radiação, "se transformando em outro

elemento de comportamento químico diferente, devido uma variação no número de prótons no núcleo" (CARDOSO, 2003, p.12).

O urânio-238 (92 prótons e 146 nêutrons), o urânio-235 (92 prótons e 143 nêutrons), e o tório-232 são elementos radioativos naturais encontrados nas rochas, solos, sedimentos, minérios. Além destes três radioisótopos, os materiais vão conter também os elementos resultantes dos seus decaimentos radioativos, por exemplo, o urânio-238 ao decair vai produzir outro elemento instável, o tório-234. Este, por sua vez, também decai, produzindo o isótopo instável o protactínio-234 e assim por diante, até que a estabilidade seja alcançada com a formação do chumbo-206.

A meia-vida do urânio-238 é de 4,5 bilhões de anos, do urânio-235 é de 713 milhões de anos e a do tório-232 é de 13,9 bilhões de anos. Cada elemento radioativo tem sua própria meia-vida, podendo durar desde alguns segundos até muitos anos, isto quer dizer que, a meia-vida "é o tempo necessário para que a atividade do elemento seja reduzida à metade da atividade inicial", onde a "taxa de emissões ou desintegrações em cada segundo é denominada atividade da amostra" (CARDOSO, 2003, p.13). Por exemplo, para o iodo-131, que possui a meia-vida de oito dias, após 8 dias sua atividade é reduzida à metade, passados mais 8 dias, cairá à metade desse valor, ou seja, $\frac{1}{4}$ da atividade inicial e assim sucessivamente.

Além dos radioisótopos naturais, existem radioisótopos produzidos artificialmente através de equipamentos que bombardeiam, com partículas apropriadas, núcleos de elementos estáveis, transformando-os em elementos radioativos. Foi em 1934 que, "Irène Curie e seu marido, Frédéric Joliot, produziram, pela primeira vez, os elementos radioativos fósforo-30 e nitrogênio-13, bombardeando alumínio e boro, respectivamente, com partículas alfa emitidas por uma fonte natural de polônio" (OKUNO, 1988, p.9).

Desde a descoberta da radioatividade artificial e do desenvolvimento de outros métodos de produção de radioisótopos muitas pesquisas surgiram e estimularam a aplicação dos novos elementos radioativos, como é o caso dos radioisótopos artificiais cobalto-60 (^{60}Co) e o césio-137 (^{137}Cs) utilizados em diferentes ramos da Ciência.

O cobalto é um metal duro, de cor azulada, encontrado na natureza sob a forma estável de cobalto-59 (^{59}Co), com 27 prótons e 32 nêutrons. O isótopo radioativo (^{60}Co), que apresenta uma "meia-vida 5,56 anos e decai em níquel-60 por emissão beta e gama até atingir a sua estabilidade", pode ser produzido, "num reator

nuclear, quando se bombardeia o seu isótopo estável (^{60}Co) com nêutrons" (PINTO, 2006, p.33).

O cézio é um metal alcalino com um único isótopo natural estável, o Cs-133 que possui 55 prótons e 78 nêutrons. Através das "reações nucleares do urânio ou do plutônio é produzido o isótopo radioativo ^{137}Cs que, apresenta meia-vida de 30 anos e, decai em bário-137 por emissão de radiação beta e gama" (MÖLLER, sem data, p.8).

Os radioisótopos (^{60}Co) e (^{137}Cs), emissores de radiação gama, são empregados em pesquisas e nas mais variadas tecnologias. A indústria, "responsável por cerca de 30% das licenças para utilização de fontes radioativas", se beneficia com a técnica nuclear conhecida por gamagrafia que, similar a uma radiografia com raio-X, verifica se há rachaduras em peças metálicas ou em estruturas de concreto, mede espessuras de papel e vazões de líquidos, sendo empregada, principalmente, "para a melhoria da qualidade dos processos nos mais diversos setores industriais" (GONÇALVES et al., 2005, p.40).

A agricultura utiliza os radioisótopos para irradiar carnes, frutas, grãos e vegetais, com a vantagem de não alterar a qualidade do alimento e, tampouco, deixá-los radioativos. Este processo retarda a ação dos microorganismos decompositores, prolonga o tempo de conservação dos alimentos e evita a transmissão de doenças causadas por parasitas. Os radioisótopos também são usados em pesquisas com plantas, solos e insetos para "verificar a absorção de nutrientes, a infiltração de água, o efeito de microrganismos" através da detecção da radiação emitida pelos radioisótopos (GONÇALVES et al., 2005, p.41).

Na medicina nuclear são usados radioisótopos, de meia-vida curta, com a finalidade de diagnóstico, terapia e pesquisa. Nesta especialidade médica, os radioisótopos administrados no paciente concentram-se no local a ser examinado pelo médico e, através de um detector, a radiação emitida é transformada numa imagem. Outra técnica importante é a radioterapia que usa fontes radioativas para o tratamento de câncer. A radioterapia consiste na aplicação programada de doses de radiação, por um equipamento portador de uma fonte radioativa, de alta atividade, que está sempre emitindo radiação e não pode ser desligado como acontece com o aparelho de raios-X. A fonte de radiação fica guardada dentro de uma blindagem de chumbo e, quando é necessária a sua exposição, a mesma é acionada, através de sistemas elétricos, até uma janela de saída do feixe gama onde, terminado o