

**Universidade Federal de Minas Gerais  
Faculdade de Educação**

**CECIMIG**

**Ângela de Fátima Eugenio Ribeiro**

**IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO  
DE FÍSICA**

**Belo Horizonte**

**2007**



**Universidade Federal de Minas Gerais  
Faculdade de Educação**

**CECIMIG**

**IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO  
DE FÍSICA**

**Ângela de Fátima Eugenio Ribeiro**

Monografia apresentada ao Curso de  
Especialização do CECIMIG/FaE/UFMG  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Especialista em Ensino de Ciências por  
Investigação, modalidade Física.

**Orientador:**

Prof. Ms. Paulo Henrique Dias Menezes

**Belo Horizonte**

**2007**

**Epígrafe:**

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque ele se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos práticos mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve aprender as motivações dos homens, suas quimeras e suas angústias, para determinar com exatidão seu lugar preciso em relação a seus próximos e a comunidade.”

*Albert Einstein*

## RESUMO:

Este trabalho relata uma pesquisa bibliográfica sobre o tema irradiação de alimentos com base na temática de Ensino de Ciências por Investigação com o objetivo de abordar o estudo das ondas eletromagnéticas no Ensino Médio numa perspectiva investigativa. Para isso foi feito um levantamento bibliográfico sobre a abordagem do ensino de ondas eletromagnéticas no Ensino Médio, seguido de uma investigação dos processos de conservação de alimentos, com ênfase naqueles que utilizam radiações eletromagnéticas. Ao final apresentamos uma proposta de atividade para abordar o tema nas séries finais da Educação Básica. Concluímos que trabalhar o Ensino de Física por meio de uma abordagem investigativa que envolve temas atuais pode ser um fator de motivação para estudo dos conteúdos escolares.

**Palavras-chave:** ensino de física, conservação de alimentos, Irradiação de alimentos, radiações eletromagnéticas.

## SUMÁRIO

1 – Introdução.....	7
2 – Metodologia e Objetivos do Trabalho.....	10
2.1 – Abordagem Metodológica.....	10
2.2 – Objetivo Geral.....	10
2.3 – Objetivos Específicos.....	10
3 – Justificativa.....	11
4 – As Radiações Eletromagnéticas no Ensino de Física.....	13
4.1 – O Ensino de Ondas Eletromagnéticas nos Livros Didáticos.....	13
4.2 – Radiações Eletromagnéticas.....	14
Radiação infravermelha:.....	15
Radiação Ultravioleta.....	15
Radiação de Microondas.....	15
Raios X.....	16
4.3 – Partículas e Ondas.....	16
4.3 – Radiação e Radioatividade.....	18
5 – Os Processos de Conservação de Alimentos.....	20
5.1 – A Conservação a Frio.....	21
A refrigeração.....	21
O Congelamento.....	21
5.2 – A Conservação a Quente.....	21
Pasteurização.....	21
Esterilização.....	22
5.3 – Outras Formas de Conservação.....	22
6 – O Processo de Irradiação de Alimentos.....	23
6.1 – O Uso das Radiações nos Alimentos.....	25
O Uso de Radiações Ionizantes e Não-Ionizantes no Tratamento dos Alimentos.....	25
Benefícios da Irradiação de Acordo com a Aplicação.....	27
Conseqüências da Radiação para o Ser Humano.....	27
7 – A Atividade Investigativa no Ensino de Ciências.....	29
7.1 – Uma proposta investigativa sobre o tema irradiação de alimentos.....	29
Objetivos da Atividade.....	30
Desenvolvimento da Atividade.....	31
Distribuição das Aulas.....	31
Aula nº1 – Atividade introdutória.....	31
Aula nº 2 – Exposição sobre o Espectro Eletromagnético.....	32
Aula nº 3 – A Física no Cotidiano.....	32
Aula nº 4 – Palestra.....	32
Aula nº 5 – Pesquisa sobre Conservação de Alimentos.....	32
Aula nº 6 – Visita Coordenada.....	33
Aula nº 7 - Debate.....	33
Aula nº 8 – Encerramento da Atividade.....	33
8 – Considerações Finais.....	34
9 – Referências Bibliográficas.....	36



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustração 1: Radiação Alfa (Fonte: Apostila Educativa CNEN).....	17
Ilustração 2: Radiação Beta (Fonte: Apostila Educativa CNEN).....	17
Ilustração 3: Radiação Gama (Fonte: Apostila Educativa CNEN).....	17
Ilustração 4: Poder de penetração das radiações (Fonte: Apostila Educativa do CNEN).....	18
Ilustração 5: Espectro eletromagnético (disponível em: <a href="http://www.cena.usp.br/irradiacao">www.cena.usp.br/irradiacao</a> ).....	18
Ilustração 6: Radura (símbolo utilizado em produtos irradiados).....	24

## 1 – INTRODUÇÃO

Apesar de estar atuando na área de educação como professora de Física há seis anos, sou graduada em Desenho Industrial/Projeto de Produto, pela antiga FUMA (Fundação Mineira Aleijadinho), hoje UEMG (Universidade do Estado de Minas Gerais). Trabalhei por três anos na minha área de formação em uma empresa de eletrodomésticos, em Belo Horizonte, como supervisora de engenharia de novos projetos de produtos. Em 2000, na cidade de Sete Lagoas, MG, comecei a atuar como docente na rede pública estadual de ensino. Durante a análise do meu histórico escolar, uma funcionária da superintendência de ensino de Sete Lagoas alertou-me para a possibilidade de eu vir a ministrar aulas de Física. Apesar da dificuldade em matemática, sempre tive muito fascínio pela parte teórica da Física. Como era mais comum a oferta de aulas de física, resolvi encarar o desafio e passei a assumir contratos temporários em escolas do estado para lecionar essa disciplina.

Devido à precariedade da minha formação escolar, tive muitas dificuldades para ministrar essas aulas. Comecei então a procurar pessoas da área com as quais pudesse trocar experiências. Conheci, na cidade de Matozinhos – MG, uma professora que participava de um grupo, em Sete Lagoas, que se reunia uma vez por mês com o propósito de discutir problemas relacionados ao ensino de física. O GDPF, (Grupo de Desenvolvimento de Professores de Física), foi fundado em 2002, pelo professor Paulo Menezes, orientador deste trabalho. Ingressei-me nesse grupo em 2003 e passei a freqüentar com regularidade as reuniões. As discussões que aconteciam a cada encontro eram de grande valia para mim.

Por intermédio do GDPF, eu e outros colegas começamos a participar de alguns dos encontros de um grupo de pesquisa, denominado INOVAR que, liderado pelo professor Dr. Arnaldo Vaz, se reunia uma vez por mês no Colégio Técnico da UFMG, com o propósito de produzir relatos, por escrito, de experiências vivenciadas por professores de ciências. A participação nesses grupos levou-me a ingressar, em 2005, no Programa de Formação Continuada de Professores de Ciências da Natureza (FOCO), na modalidade Física, realizado pelo CECIMIG/FaE/UFMG. Através desse programa tomei conhecimento do curso de Especialização em Ensino de Ciências por Investigação ENCI do CECIMIG/UFMG, chegando ao trabalho que aqui apresento. Ao longo dessa trajetória, sempre com o intuito de melhorar minha capacitação para o ensino de física, ingressei no curso de formação de professores da Fundação de Educação para o Trabalho de Minas Gerais (UTRAMIG), onde me licenciarei em física.

Este trabalho relata uma investigação bibliográfica sobre o tema irradiação de alimentos e sua relação com os conteúdos de eletromagnetismo ensinados nos cursos de Ensino Médio.

O interesse por esse assunto surgiu a partir de um dos encontros do módulo quatro, da disciplina CTS II (Ciência, Tecnologia e Sociedade), ministrada no curso do ENCI, quando a Tutora da nossa turma chamou a nossa atenção para algumas atividades que poderiam ser desenvolvidas como tema de trabalho monográfico.

Depois de realizada algumas atividades do referido módulo, um colega de curso emprestou-me a apostila, "*Fatos sobre irradiação de alimentos*", do CDTN Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, que tratava do assunto. Notei que, apesar de trabalhar com ensino de Física há precisamente seis anos, não dominava o conteúdo apresentado no material. Resolvi investigar um pouco mais e, após algumas pesquisas na internet, encontrei uma lista de 65 dissertações da USP (Universidade de São Paulo) que falavam sobre a Irradiação de Alimentos. Apesar da grande relevância para a atualidade, o tema não está inserido nos conteúdos dos livros didáticos de Física e Ciências, tampouco, é abordado nas escolas de Ensino Fundamental e Médio.

Neste trabalho procuramos abordar os conteúdos do ensino de ondas eletromagnéticas no Ensino Médio, numa perspectiva investigativa que tem por objetivo inserir o estudo dos processos de irradiação de alimentos para despertar o interesse dos alunos por temas polêmicos do mundo contemporâneo.

A revisão bibliográfica, aqui apresentada, nos levou a um maior entendimento do tema irradiação de alimentos e do potencial que ele possui para o ensino de ciências, no geral, e o ensino de física, em particular.

Vivemos num mundo imerso em ondas. Telefone celular, forno de microondas, rede wireless, TV e rádio, são exemplos de artefatos tecnológicos sem os quais a maior parte de nós não "sobreviveria" no mundo atual. Não há como negar a grande influência do estudo de ondas, em especial, das ondas eletromagnéticas na sociedade moderna.

A teoria construtivista de Piaget, alerta para o fato de que o ensino de ciências deve levar em conta que a construção do conhecimento científico envolve valores humanos, que se relacionam com a tecnologia e com toda a vida em sociedade.

No meio escolar, as diversas disciplinas e a Física, em particular, são vistas desarticuladas do universo em que estamos inseridos. As poucas informações que aparecem em alguns contextos, muitas vezes, não fazem o menor sentido para o aluno. É como se o conteúdo trabalhado em sala de aula fosse inaplicável no dia-a-dia e tivesse pouca relação com os inúmeros artefatos modernos. Dessa forma, o aluno se sente desmotivado para o estudo e, conseqüentemente, menos preparado.

Para que o estudante adquira as competências e as habilidades necessárias ao exercício pleno da cidadania, torna-se necessária a apropriação dos conhecimentos, que, ainda, não

é o bastante. É preciso aplicá-los em situações cotidianas em prol de si mesmo e da sociedade. Ratificando uma prática que, embora deficiente, é bastante comum no ensino atual.

Quanto aos livros didáticos, a maioria deles reflete o ensino apresentado nas salas de aula. Os conteúdos são trabalhados segundo uma ordem escolar pré-estabelecida e a contextualização é uma mera figuração para atender às demandas descritas nos documentos normativos. Outro fator que se observa é a quase ausência de novos autores. Talvez seja mais cômodo para as editoras, renovar o material em circulação que investir em novos trabalhos.

No trabalho, aqui apresentado, faremos, inicialmente, uma pequena análise do conteúdo de ondas eletromagnéticas em alguns livros adotados no Ensino Médio do Estado de Minas Gérias. A seguir, apresentaremos, de forma resumida, os diversos conceitos relacionados às radiações eletromagnéticas, trabalhados na forma de conteúdos escolares. O tema conservação de alimentos é tratado em seguida para, então, entrarmos no foco da nossa investigação: os processos de irradiação de alimentos. E, por fim, uma proposta de atividade para ser desenvolvida em sala de aula sobre o tema pesquisado.

## **2 – METODOLOGIA E OBJETIVOS DO TRABALHO**

### **2.1 – Abordagem Metodológica**

Este trabalho foi conduzido na forma de uma investigação bibliográfica sobre o conteúdo escolar de ondas eletromagnéticas e os processos de irradiação de alimentos utilizados pela indústria. Para isso utilizamos fontes diversas, tais como: artigos científicos, textos didáticos e para-didáticos, sites de internet e textos informativos que tratam da pesquisa sobre os produtos irradiados, sua comercialização e seus benefícios. Além disso, investimos na pesquisa sobre os diversos usos das radiações eletromagnéticas, desde a descoberta dos Raios X, até os dias de hoje.

### **2.2 – Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é propor uma abordagem investigativa para o ensino de radiações eletromagnéticas, no Ensino Médio, por meio do tema irradiação de alimentos.

### **2.3 – Objetivos Específicos**

Investigar as formas de irradiação existentes e suas aplicações;

Propor uma forma de utilizar o tema irradiação de alimentos no estudo de ondas eletromagnéticas;

Incentivar o uso de atividades investigativas no ensino de física.

### 3 – JUSTIFICATIVA

Em dezembro de 1945, o físico nuclear Alvin Weinberg disse à comissão especial sobre energia atômica do Senado Americano: "Atomic power can cure as well as kill. It can fertilize and enrich a region as well as devastate it. It can widen man's horizons as well as force him back into the cave" (A força atômica pode tanto curar quanto matar. Pode adubar e enriquecer uma região bem como devastá-la. Pode ampliar os horizontes do homem bem como levá-lo de volta às cavernas). Nesse período o mundo acordava do horror causado pela Segunda Guerra Mundial e as pessoas ainda estavam estarecidas com poder devastador da força atômica. As bombas atômicas, lançadas pelos Estados Unidos sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, deixaram um rastro de destruição e quase 200 mil mortos. O tempo provou que Weinberg estava certo e, hoje, mais de 60 anos depois, a força atômica tem se mostrado mais como uma aliada do que como inimiga. Mesmo assim, o seu grande poder ainda gera desconfiança e medo.

Em 2005, participei de uma palestra ministrada pelo professor Guilherme Roedel, da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), sobre o acidente na usina de Chernobyl, onde foi apresentado um resumo do relatório da análise feita pela comissão brasileira. Nesse resumo, faz-se notar que, devido ao fato de a unidade 4 da usina ser a mais moderna e de melhor desempenho dentre todas as usinas nucleares soviéticas, permitiu-se uma exagerada autoconfiança por parte da equipe de trabalho. Segundo os especialistas, ocorreu uma falta de cultura de segurança na equipe operativa da usina. A partir desse acidente, promoveu-se um consenso generalizado sobre a necessidade de se fortalecer a cooperação internacional sobre segurança nuclear e proteção radiológica.

Não podemos negar que o avanço das pesquisas sobre o átomo e sua estrutura trouxe grandes benefícios para a sociedade atual. As aplicações mais usuais do poder atômico continuam sendo a geração de energia, por meio das usinas termo-nucleares, e o seu largo emprego na área da saúde, tanto no diagnóstico, quanto no tratamento de diversas doenças. Porém, há muitas outras áreas, nas quais são empregadas energias provenientes do núcleo atômico que a sociedade desconhece. Uma dessas áreas é a conservação de alimentos por irradiação.

O sustento da sociedade moderna passa, necessariamente, pela sua capacidade de produzir, armazenar e distribuir alimentos. Sem o avanço tecnológico atingido durante o século XX seria impossível alimentar a população atual. Dentre esses avanços, dois dos mais polêmicos são: a produção de alimentos transgênicos e a conservação de alimentos por meio da irradiação. Sendo que o tratamento de alimentos por irradiação ionizante é uma tecnologia empregada em um número cada vez maior de países em substituição ao uso de

produtos químicos. Por isso, a preocupação da sociedade atual que exige explicação sobre as conseqüências que tais procedimentos podem trazer para a nossa saúde. No entanto, esse debate está ausente dos processos de escolarização que persistem no conteúdo tradicional. Contudo, acreditamos que o tema “irradiação de alimentos” pode ser perfeitamente abordado nas aulas de Física, dentro do conteúdo de ondas, tornando-se um importante fator social no sentido de despertar o interesse dos alunos para a importância de se conhecer os benefícios e os perigos dessa moderna facilitação.

Este estudo apresenta uma análise da abordagem clássica do estudo de ondas eletromagnéticas no Ensino Médio e propõe uma forma alternativa de trabalhar esses conteúdos, utilizando de uma abordagem da Física do cotidiano por meio do tema Irradiação de Alimentos.

## 4 – As RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NO ENSINO DE FÍSICA

Todos os corpos (pessoas, objetos, nuvens, planetas, estrelas) emitem ou refletem energia radiante provenientes do Sol. Quanto maior a sua temperatura, maior será a energia emitida. Além disso, a crosta da Terra é formada por alguns materiais que são naturalmente radioativos, como o urânio e o tório, que estão contidos nas rochas, muitas vezes em baixa concentração. Tais materiais são utilizados como matéria prima para construção de casas e de edifícios. Assim, os nossos corpos, dentro ou fora de casa, estão constantemente expostos às radiações gama, emitidas por esses elementos. Essa radiação varia de acordo com as áreas de extração das rochas e representa em média 0,07mSv/ano<sup>1</sup>.

Podemos citar outros tipos de radiação a que estamos expostos tais como a do radon, que é um gás radioativo dispersado na atmosfera, responsável por uma dose média de 0,20mSv/ano. Já o Potássio-40 é responsável por uma dose de 0,40mSv/ano e as indústrias nucleares, que liberam pequenas quantidades de uma larga variedade de materiais radioativos, emitem cerca de 0,008mSv/ano. Somando tudo isso, temos uma média anual de exposição à radiação de 3,60mSv. Há casos em que essa exposição é bem maior. Para se ter uma idéia, o acidente de Chernobyl, no ano de 1986, foi responsável por uma dose de 15mSv. Para se ter uma idéia, a radiação emitida em Chernobyl foi 500 vezes maior que a emitida pela explosão das bombas atômica lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki, e seus efeitos ainda se farão sentir por pelo menos 50 anos.

### 4.1 – O Ensino de Ondas Eletromagnéticas nos Livros Didáticos

Nesta parte da investigação fizemos uma análise de três livros didáticos adotados com frequência nas escolas da rede pública e particular da cidade de Sete Lagoas e região. São eles:

Curso de Física; de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo (2000).

As Faces da Física; de Wilson Caron e Osvaldo Guimarães (2002).

Universo da Física; de José L. Sampaio e Caio C. Calçada (2003).

No livro “Curso de Física”, um dos mais adotados no estado de Minas Gerais, os temas indução eletromagnética e ondas eletromagnéticas aparecem no penúltimo capítulo do livro do 3º ano, enquanto que o movimento ondulatório é tratado no livro do 2º ano. As edições mais atuais desse livro procuram trazer, mesmo que de forma resumida, algumas aplicações tecnológicas sobre esse conteúdo, mas não há nenhuma referência quanto à utilização de processos de irradiação para conservação de alimentos.

---

<sup>1</sup> miliSievert por ano. O Sievert (Sv) é a unidade, no Sistema Internacional de Medidas, de equivalente de dose de radiação ionizante.

Já no livro “Universo da Física”, a distribuição do conteúdo é semelhante à adotada no livro anterior. O conteúdo de ondas eletromagnéticas é apresentado no livro do 3º ano na seguinte ordem: força magnética, fonte de campo magnético, magnetismo, indução eletromagnética, ondas, ondas eletromagnéticas, física moderna, matéria e radiação, e último capítulo mecânica quântica. Também não há referências quanto a irradiação de alimentos.

No livro “As Faces da Física” os temas estão dispostos na seguinte ordem: Indução e ondas eletromagnéticas, espectro Eletromagnético, ondas de rádio, ondas de TV, tipos de radiação, polarização da luz, difração e interferência da luz. A partir da página 670, são apresentadas Leituras Complementares, abordando supercondutividade, eletroímãs e aplicações em grande escala, física moderna e física atômica. No capítulo 48, os conteúdos de Física Quântica são trabalhados na seguinte ordem: radiação do corpo negro; o efeito fotoelétrico; a dualidade onda-partícula; o átomo de Bohr; relatividade; radioatividade e física nuclear; partículas alfa, beta e gama; fissão e fusão nuclear e o último capítulo sobre astronomia. O tema irradiação de alimentos não aparece em nenhum dos capítulos analisados.

Queremos deixar claro que, ao fazer esse levantamento, o objetivo era somente o de verificar a forma de abordagem do conteúdo de ondas eletromagnéticas nesses livros e saber se havia alguma referência ao tema irradiação de alimentos no tratamento desse conteúdo. O que não aconteceu em nenhum dos três livros que analisamos. Isso não significa que julgamos necessária a introdução deste e nos conteúdos dos livros didáticos de Física. Sabemos que há muitos outros temas, também relevantes, que envolvem as radiações eletromagnéticas e que aparecem, em maior ou menor quantidade, nos livros investigados.

## 4.2 – Radiações Eletromagnéticas

A dedução matemática de natureza da luz foi feita por James Clerk Maxwell, em 1864. Ele demonstrou que a luz é produzida por cargas elétricas que estão se movimentando, portanto dizemos que ela possui características de uma onda eletromagnética que transporta energia sem transportar matéria e produz fenômenos eletromagnéticos.

Todo fenômeno eletromagnético está associado a três grandezas: o *comprimento de onda* ( $\lambda$ ), que é medido em metros ou seus múltiplos e submúltiplos, a *freqüência* ( $f$ ), que é medida hertz (Hz) e a *velocidade* ( $v$ ) que é medida em m/s.

No caso das radiações eletromagnéticas (a luz visível, as ondas de rádio, raios-X, ultravioleta, infravermelho, raios gama, etc.) o valor da velocidade é constante e é representado pela letra “ $c$ ” ( $c=300.000.000$  m/s).

A frequência de uma onda eletromagnética está diretamente relacionada com a energia da onda. A equação que relaciona a energia com o comprimento de onda é a equação de

Planck:  $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ . Onde:  $c$  é a velocidade da luz,  $E$  é a energia (joule),  $h$  é a constante de

Planck ( $6.624 \times 10^{-34}$  joule x segundo) e  $\lambda$  é o comprimento de onda. Max Planck (1858 – 1947) – Físico alemão, autor da teoria dos quanta, contribuiu muito para o estudo da física e, em especial, para o entendimento dos fenômenos eletromagnéticos. A seguir, alguns tipos de radiação eletromagnética:

### **Radiação infravermelha:**

É um tipo de radiação eletromagnética não ionizante, que, quando interage com a matéria produz vibrações nas moléculas provocando o aumento da temperatura do sistema. A radiação infravermelha é responsável pela transmissão de calor de um corpo para o outro, sem a necessidade de contato entre eles. Temos como exemplo: os raios solares, um ferro de passar roupas, aquecido, etc.

### **Radiação Ultravioleta**

A radiação ultravioleta é um tipo de radiação eletromagnética. A principal fonte da radiação ultravioleta recebida pela Terra são os raios solares. A camada de ozônio protege a Terra dos raios ultravioletas provenientes do Sol, pois as moléculas de ozônio têm capacidade de absorverem energia neste comprimento de onda. O aumento da incidência de cataratas (problema de visão), também está associado à exposição à radiação ultravioleta. A distribuição da dose de radiação recebida pelas pessoas aumenta com a latitude e altitude. A média global de dose de radiação devido à radiação cósmica ao nível do mar é da ordem de 0,26mSv/ano.

### **Radiação de Microondas**

O forno de microondas, o radar para detectar velocidade, a TV a cabo, a internet por cabo axial e o telefone celular são exemplos de fontes de radiação de microondas em nosso dia-a-dia. O forno de microondas usa um gerador de microondas do tipo magnetron para produzir microondas em uma frequência de aproximadamente 2,45GHz, e é regulado para atuar somente sobre moléculas de água (molécula polar) provocando vibrações. Isso é feito para que só os alimentos possam ser cozidos. Quando colocamos um copo com água no interior de um forno de microondas, somente a água é aquecida, a água transfere energia para o copo por condução.

No forno de microondas existe um dispositivo de segurança para impedir que a radiação escape para o meio externo, não havendo esse dispositivo, uma pessoa que estivesse próxima poderia ser cozida, literalmente de dentro para fora.

## Raios X

Com a descoberta dos Raios X pelo físico Wilhelm Conrad Roentgen, em 8 de Dezembro de 1901, deu-se início aos estudos sobre emissões de partículas, provenientes de corpos radiativos, observando suas propriedades e interpretando os resultados. Naquela época, destacaram-se dois cientistas: Pierre e Marie Curie, pela descoberta do polônio e do radium. Deve-se a eles a criação do termo: “radioatividade”.

No começo do século XX, mais precisamente em 1903, Rutherford, após profundos estudos, formulou hipóteses sobre as emissões radioativas. Convém frisar, que naquela época ainda não se conhecia o átomo e os núcleos atômicos e, coube a esse cientista, a formulação de um modelo atômico que é até hoje estudado nas escolas.

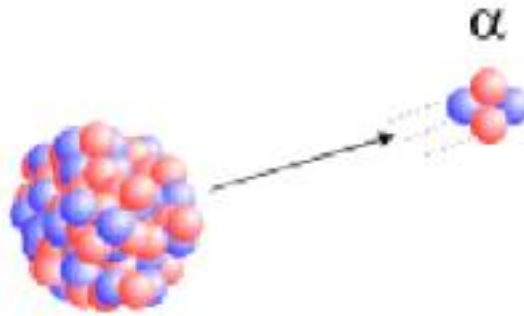
Os Raios X são radiações da mesma natureza da radiação gama (outro tipo de ondas eletromagnéticas), com características idênticas. Só se diferem da radiação gama pela origem, ou seja, os raios-X não saem do núcleo do átomo e, portanto, não são energia nuclear e sim, energia atômica. Toda energia nuclear é atômica porque o núcleo pertence ao átomo, mas nem toda energia nuclear é atômica. Os raios X são emitidos quando elétrons acelerados por alta voltagem são lançados contra átomos e sofrem frenagem, perdendo energia.

### 4.3 – Partículas e Ondas

As radiações nucleares podem ser de dois tipos. As *partículas* possuem massa, carga elétrica e velocidade que dependem do valor de sua energia. Já as *ondas eletromagnéticas*, não possuem massa e se propagam com velocidade de 300.000km/s, para qualquer valor de energia que ele possua e são da mesma natureza da luz e das ondas de transmissão de rádio e TV.

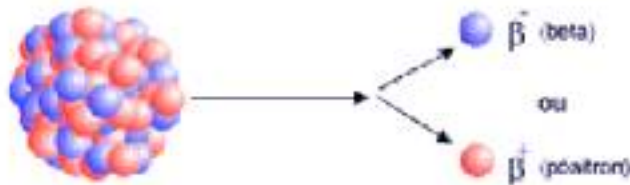
A identificação desses tipos de irradiação foi feita utilizando-se uma porção de material radioativo, com o feixe de radiações passando por entre duas placas polarizadas com um forte campo elétrico.

As partículas “Alfa” (figura 1) são constituídas de dois nêutrons e dois prótons caracterizando um núcleo atômico de Hélio. Devido ao seu alto peso e tamanho, elas possuem pouca penetração e são facilmente absorvidas por poucos centímetros de ar.



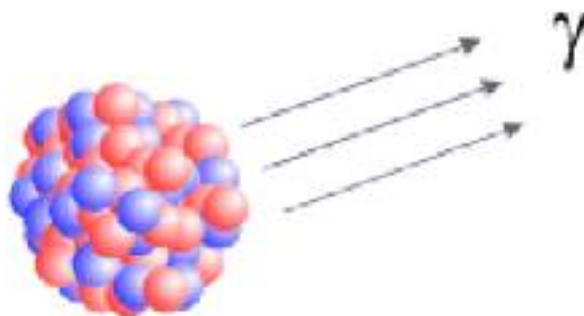
**Ilustração 1: Radiação Alfa (Fonte: Apostila Educativa CNEN)**

As partículas “Beta” (figura 2) são constituídas por elétrons que são emitidos pelo núcleo de um átomo. Essas partículas possuem velocidades próximas à velocidade da luz e carga elétrica negativa. O poder de penetração da radiação “Beta” é bastante superior ao das radiações “Alfa”, podendo ser absorvidas por alguns centímetros de acrílico ou plástico, na sua grande maioria.



**Ilustração 2: Radiação Beta (Fonte: Apostila Educativa CNEN)**

As radiações “X e Gama”, ao contrário das radiações  $\alpha$  e  $\beta$  que têm características corpusculares, são de natureza ondulatória. Com isso, não possuem nem carga e nem massa. Isso lhes dá um grande poder de penetração nos materiais.



**Ilustração 3: Radiação Gama (Fonte: Apostila Educativa CNEN)**

Devido às suas características diferentes, é possível separar os três tipos de radiação através da aplicação de um campo elétrico ou magnético. Por possuírem cargas com sinais diferentes, as radiações alfa e beta serão desviadas por esses campos para lados opostos. Já os raios X e gama, por não possuírem carga elétrica, não serão desviados.

A figura 4 faz uma comparação de alguns tipos de radiação quanto ao seu poder de penetração:

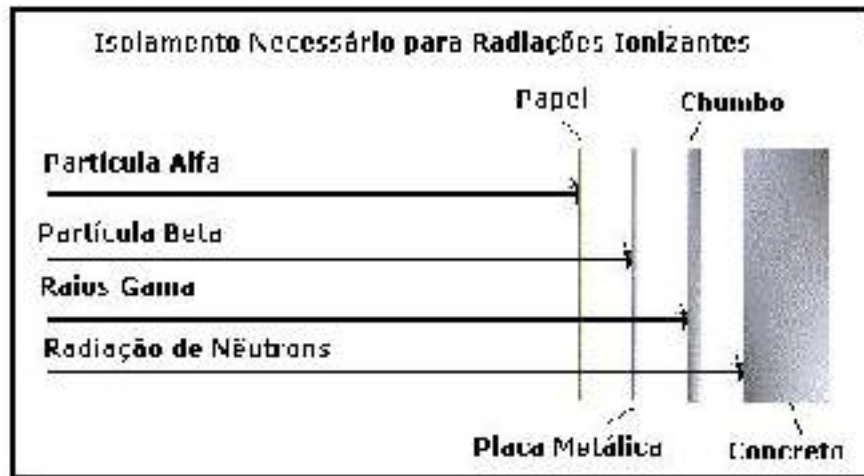


Ilustração 4: Poder de penetração das radiações (Fonte: Apostila Educativa do CNEN)

### 4.3 – Radiação e Radioatividade

Define-se “Radioatividade” como sendo a emissão espontânea de radiação corpuscular e eletromagnética por um núcleo atômico que se encontra num estado excitado de energia, que podem ser do tipo alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ou gama ( $\gamma$ ).

As radiações eletromagnéticas que possuem energia inferior a 12 eV são chamadas de radiações não-ionizantes, as quais podemos visualizar através da escala de energia mostrada na *figura 5*.

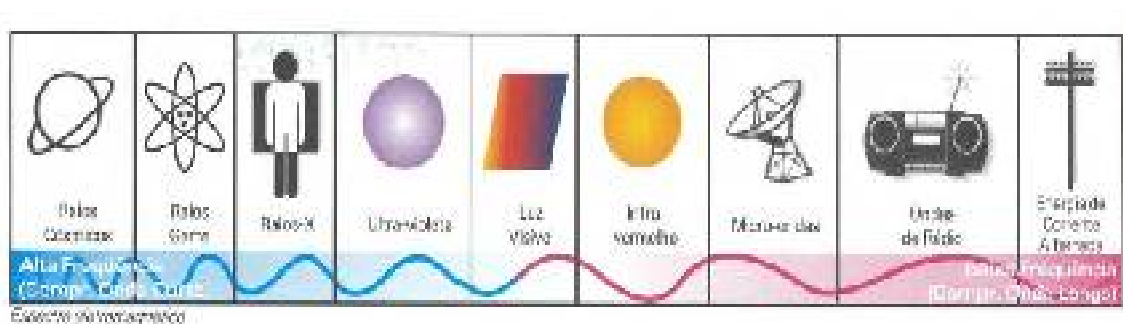


Ilustração 5: Espectro eletromagnético (disponível em: [www.cena.usp.br/irradiacao](http://www.cena.usp.br/irradiacao))

Esta escala inicia-se na faixa de radiação ultravioleta, passando pela luz visível e infravermelha de aparelhos como: microondas, telefonia celular, rádios AM e FM, e termina na faixa de frequências extremamente baixas (ELF) da rede elétrica (comprimento de onda  $\lambda = 5.000$  km). As radiações não-ionizantes compreendem valores de  $\lambda$  superiores de a  $10^{-7}$ m (100nm), ou seja, valores de dimensão comparável ao tamanho de um vírus. No domínio da frequência, de acordo com a *figura 5*, tais radiações têm valores menores que a frequência de  $3 \times 10^{15}$  Hz, ou seja, valores correspondentes ao início do espectro dos raios ultravioletas. A faixa do espectro eletromagnético, na qual os sistemas móveis modernos de

comunicação operam, compreende frequências entre  $10^8\text{Hz}$  e  $10^{10}\text{Hz}$ . Isso corresponde a um valor médio de  $1\text{GHz}$  ( $10^9\text{Hz}$ ) que faz parte da faixa das frequências ultra-altas ou UHF (300 MHz a 3 GHz), também denominadas ondas decimétricas, por seu comprimento de onda variar de 10 a 1 dm.

## 5 – Os PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

A necessidade da conservação de alimentos surgiu no momento em que a espécie humana deixou de ser nômade e passou a se fixar na terra e cultivar seus alimentos. Entretanto, todos os processos de conservação utilizados até o final do século XVIII foram desenvolvidos de forma totalmente empírica, sem nenhum conhecimento ou embasamento teórico.

Foi no início do século XIX, após 15 anos de experimentos, que o confeito francês Nicolas Appert (1749-1841) desenvolveu um processo que não era baseado em nenhum fenômeno natural já conhecido. Para resolver problemas do dia-a-dia de sua confeitaria, Appert colocou alimentos em garrafas de vidro grosso com alguns líquidos, lacrando-as com rolha e cera e fervendo em banho-maria por um determinado período. Com isso ele conseguia a prolongação da vida útil desses alimentos. Colocando em prática sua descoberta em escala industrial, em 1802, instalou nos arredores de Paris, em Massy, a primeira fábrica de conservas do mundo, que empregava cerca de 50 funcionários. Seu método foi utilizado por Napoleão Bonaparte no abastecimento de suas tropas tornando-as mais autônomas para as longas viagens.

Em 1810, Appert tornou públicas suas descobertas através do livro “A arte de Conservar Todas as Substâncias Animais e Vegetais” onde ele descrevia com detalhe o processo de mais de 50 alimentos. Appert acreditava que a preservação do alimento devia-se à ausência de ar no interior do frasco. Esta hipótese foi derrubada por Pasteur, algumas décadas depois, ao provar que pequenos seres vivos, que já haviam sido identificados, eram responsáveis pela deterioração nos alimentos. Pasteur demonstrou que o efeito da temperatura na preservação dos alimentos era na realidade sobre os microorganismos, e que, a uma temperatura de 62 a 63°C por um período de uma hora e meia, era suficiente para eliminá-los. Este processo recebeu o nome de pasteurização e provocou uma considerável melhoria na qualidade dos vinhos franceses, e ainda é utilizado até hoje na indústria de conservas.

No início do século XIX, a partir de experiências com gases, diversos físicos, entre eles Gay-Lussac, descobriu que a expansão de gases subtrai calor do ambiente. Portanto, a criação de um método de compressão de gás seguido pela sua liberação seria capaz de promover a refrigeração, o que levou à fabricação de gelo artificial. Essa descoberta levou a um novo processo de conservação de alimento, baseado no resfriamento.

Em todos os processos de conservação existem perdas no alimento de ordem nutricional e organoléptica. As propriedades organolépticas são as propriedades que podem ser percebidas pelos sentidos do consumidor, como a cor, o sabor, a textura e o odor.

Apresentaremos a seguir alguns processos de conservação de alimentos.

## **5.1 – A Conservação a Frio**

A refrigeração doméstica é a principal arma da população contra a deterioração dos alimentos e o conseqüente desperdício. O princípio básico da conservação pelo frio visa manter a temperatura abaixo da ideal para o crescimento e proliferação microbiana e reações químicas, como as reações enzimáticas. Existem dois tipos de conservação pelo frio: a refrigeração e o congelamento. Cada uma delas deve ser adequada ao tipo de alimento e ao tempo de conservação que se deseja atingir.

### **A refrigeração**

Sabemos que existem microorganismos que podem estar presentes nos alimentos em contagens toleráveis. Isso significa que, dependendo do tipo de alimento e do tipo de microorganismo, podemos consumi-lo com certa carga microbiológica sem prejuízos para a qualidade do alimento e, em conseqüência, para a nossa saúde. Para que os alimentos estejam refrigerados é necessário mantê-los sob temperaturas entre 0°C e 7°C. Com essas temperaturas, os impactos sobre as propriedades nutricionais e sensoriais são mais brandos, porém, o tempo de conservação é menor.

### **O Congelamento**

Para o congelamento ser eficiente, necessitamos de temperaturas de -18°C ou inferiores. Existem microorganismos que ainda crescem a temperaturas de -10°C o que acarreta um perigo para o congelamento mal monitorado. Sabe-se, porém, que sob temperatura de -18°C, ou menores que esse valor, ocorre a inibição total de microorganismos.

## **5.2 – A Conservação a Quente**

### **Pasteurização**

Na pasteurização o aquecimento é feito por vapor de água a temperaturas inferiores a 100°C onde o alimento percorre tubos. O objetivo é destruir e eliminar fatores essenciais para a multiplicação dos microorganismos presentes no alimento, também pode ser incorporado aos alimentos substâncias inibidoras de microorganismos. Células vegetativas dos microorganismos são geralmente destruídas a uma temperatura da ordem de 65°C.

Existem três tipos de pasteurização:

*Pasteurização lenta:* Neste tipo de pasteurização a temperatura é de 65°C durante trinta minutos. É geralmente utilizada para pequenas quantidades de leite como, por exemplo, o leite de cabra.

*Pasteurização rápida:* Utiliza-se alta temperatura durante curtos intervalos de tempo, temperatura de 75°C durante quinze a vinte minutos, e é usada para leite de saquinho dos tipos A, B e C.

*Pasteurização muito rápida:* neste tipo de pasteurização as temperaturas vão de 130° a 150°C durante três a cinco minutos, e é utilizada para o leite longa vida.

### **Esterilização**

Este método destrói totalmente os microorganismos e elimina esporos bacterianos. O equipamento necessário é a autoclave. A temperatura alcançada por este sistema, através do vapor de pressão, ultrapassa os 100°C.

### **5. 3 – Outras Formas de Conservação**

Uma outra forma de conservação muito utilizada é a desidratação. Neste método são utilizados secadores de túnel, que consiste na retirada da água do alimento, à temperatura entre 45 e 85°C. Este processo é utilizado para massas alimentícias, vegetais, carnes, leite em pó e café.

A concentração também é um processo de conservação. Ela consiste na retirada de 30 a 50% da água contida no alimento e é utilizada para produção de sucos concentrados, extrato de tomate, marmelada, goiabada, etc.

Além de todos esses processos, a irradiação de alimentos desempenha hoje um importante papel na conservação e produção de alimentos seguros e saudáveis. Por se tratar do objeto de estudo deste trabalho, trataremos desse processo na seção seguinte.

## 6 – O PROCESSO DE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS

A irradiação de alimentos tem início no século XX com o registro das primeiras patentes americanas e britânicas, que foram emitidas em 1905, autorizando o uso da radiação ionizante para eliminar bactérias em alimentos. Durante três décadas os cientistas pensaram na irradiação de alimentos como aditivo alimentar ao invés de processo de conservação de alimentos.

Entre 1965 e 1970, foi criada uma comissão conjunta de peritos em irradiação de alimentos. A organização mundial de saúde (WHO) em acordo com a *Food and Agricultural Organization* (FAO) e a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), formaram o joint FAO/IAEA/WHO – Expert Committee on Wholesomeness of Irradated Food (JECFI), com o propósito de avaliar a qualidade e segurança dos alimentos irradiados. Inicialmente, a utilização da técnica por irradiação foi aprovada sem limites de doses, isto é, até uma dose compatível com as propriedades organolépticas dos alimentos. As autoridades de saúde internacionais concluíram que todos os alimentos irradiados eram seguros sem a necessidade de testar os níveis toxicológicos dos mesmos. A partir de 1980 a irradiação de alimentos passou a ser documentada com base nos estudos toxicológicos e químicos que concluíram que a irradiação até uma dose de 10kGy<sup>2</sup> não apresenta qualquer risco toxicológico.

A segurança e os benefícios dos alimentos processados por radiação ionizante são bem documentados. Apoiando os governos com informação cientificamente precisa, em publicações de interesse geral para o público, o grupo consultivo Internacional em Irradiação de Alimentos (ICGFI) foi estabelecido sob a égide da FAO (Organização da ONU para a agricultura e Alimentação), da WHO (Organização Mundial para a Saúde) e da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), com o propósito de proteger a saúde do consumidor, representados por mais de 150 governos. A “IAEA” avaliou os dados disponíveis entre 1964 e 1980 e concluiu que a irradiação até uma dose de 10kGy<sup>3</sup> não apresenta qualquer risco toxicológico.

A FAO estima que 25% da produção mundial de alimentos são perdidos após a colheita, devido à ação de insetos, bactérias, fungos e roedores. Nos Estados Unidos, o Conselho para Ciência e Tecnologia Agrícola (CAST) estima que 9.000 pessoas morram anualmente, por ação de bactérias patogênicas, do tipo *Escherichia Coli*, e em países em desenvolvimento por parasitas tais como *Taenia solium* e *Trichinella spiralis*, devido ao consumo de carne insuficientemente cozidas.

<sup>2</sup> O gray (Gy) é a unidade utilizada para medir a dose de radiação recebida. Quando 1 kg de matéria absorve a energia de 1 joule, diz-se que ela recebeu a dose de um gray.

<sup>3</sup>

Em agosto de 1999, mais de 30 países irradiavam alimentos. Na Bélgica, França e Holanda consideráveis quantidades de frutos do mar, pernas de rã e outros alimentos secos são irradiados com doses de radiação relativamente baixas, e nos últimos anos foram comercializadas mais de 60.000 toneladas de especiarias e hortaliças secas irradiadas em diversos países, dentre os quais podemos citar: Argentina, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, Finlândia, França, Hungria, Indonésia, Israel, México, Holanda, Noruega, República da Coréia, África do Sul, Reino Unido e EUA. O Havaí, desde 1995, irradia mamões, carambola e lechia que são comercializadas nos EUA.

No Brasil já existe regulamentação sobre a irradiação de alimentos desde 1973. Em 26 de janeiro de 2001, a Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, (ANVISA), aprovou a Resolução (RDC) nº 21 que não determina quais alimentos podem ser irradiados e nem a dose máxima absorvida para se obter o fim desejado, desde que não haja prejuízo nas suas qualidades funcionais e sensoriais. Essa resolução estabelece ainda que, quando um produto irradiado é usado como ingrediente em outro alimento, este fato deve ser mencionado na embalagem do produto final contendo a seguinte informação: "Alimento Tratado por Processo de *irradiação*". No caso das especiarias vendidas a granel, deve-se colocar uma faixa com a mesma informação, sempre que essas especiarias forem utilizadas na fabricação de outros produtos, como, por exemplo, os derivados de carne.

O símbolo internacional da radiação ionizante é a "radura", que é apresentado na figura 6. Esse símbolo deve constar da rotulagem do produto e é exigido porque a radiação não deixa nenhum vestígio, não há como detectar se o alimento foi irradiado pela aparência, pelo cheiro, pelo sabor ou pelo toque.

#### **Ilustração 6: Radura (símbolo utilizado em produtos irradiados)**

No Brasil existem seis irradiadoras de grande porte, a maioria localizada em hospitais e hemocentros e utilizada na irradiação de sangue e esterilização de materiais cirúrgicos. O país conta também com dezenas de pequenos sistemas de irradiação gama os quais são encontrados, em grande maioria, no Estado de São Paulo. Os sistemas de irradiação de pequeno porte têm diversas finalidades, como, por exemplo, o tratamento de pedras preciosas. O CDTN (Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear), primeira instituição brasileira a dedicar-se à pesquisa nuclear, foi criado em 22 de agosto de 1952. Integrando a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia federal diretamente ligada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, o CDTN possui 38 prédios e dispõe de 50 laboratórios. Suas principais atividades concentram-se nas áreas de reatores, materiais, engenharia de processos, meio ambiente, saúde radioproteção, rejeitos radiativos e física aplicada.

## 6.1 – O Uso das Radiações nos Alimentos

Na irradiação de alimentos utiliza-se principalmente como fonte de radiação gama o isótopo Cobalto-60, obtido pelo bombeamento com nêutrons do metal Cobalto-59 em um reator nuclear. Outros tipos de radiação também podem ser aplicados, como os raios X e os elétrons acelerados, contudo, o Cobalto-60 é o mais utilizado comercialmente em todo mundo, por sua disponibilidade, baixo custo, por apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando com isso maior segurança ambiental (EHLERMANN, 1990).

A radiação gama, proveniente da fonte de cobalto-60, é um tipo de onda de alta frequência e curto comprimento de onda, motivo pelo qual tem alto poder de penetração. Os raios gama têm capacidade de atravessar blocos de chumbo de pequena espessura. O uso comercial da radiação gama é limitado pelo alto custo e tamanho do equipamento necessário ao tratamento.

A quantificação das doses de radiação se faz em função da energia absorvida pelo produto irradiado. A unidade de medida utilizada é o Gray (Gy) ou quilogray (kGy), um Gray equivale a um Joule de energia por quilograma de alimento irradiado. Para aplicação em alimentos a maioria das doses utilizadas se encontram entre 0,1 e 7,0kGy. A dose de 10 kGy equivale à energia calorífica requerida para aumentar a temperatura da água de 2,4°C. A irradiação é considerada como pasteurização a frio. A dose de radiação eletromagnética é definida como sendo energia absorvida por unidade de massa. Assim, sua unidade no Sistema Internacional de Medidas será *Joule/kg*.

### O Uso de Radiações Ionizantes e Não-Ionizantes no Tratamento dos Alimentos

As radiações não-ionizantes, como o próprio nome diz, são aquelas que não produzem ionizações, ou seja, não possuem energia capaz de produzir emissão de elétrons de átomos ou de moléculas com as quais interagem. De um modo geral essas radiações podem ser divididas em sônicas (vibrações, ultra-som, etc.) e eletromagnéticas. Neste estudo, vamos considerar somente as radiações eletromagnéticas que, por sua vez, podem ser divididas em ionizantes e não-ionizantes.

As radiações ionizantes são aquelas que se caracterizam pela capacidade de ionizar átomos da matéria com a qual interagem. A habilidade de ionizar (retirar elétrons) depende da energia dos fótons e do material com o qual a radiação interage. A energia necessária para fazer com que um elétron de valência escape de sua órbita num átomo, varia de 2,5 a 25 eV ( $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ) dependendo do elemento. Essas radiações, conforme representado na *figura 1*, iniciam na faixa de frequência superior à dos raios ultravioletas, passam pelos raios X fracos, avançando pelos raios X fortes e raios gama.

Para se ter uma idéia concreta do quanto a radiação ionizante pode prolongar o tempo de vida útil dos alimentos, representamos na tabela abaixo os resultados dos estudos realizados com alguns tipos de alimentos. Esses dados foram produzidos no laboratório de irradiação de alimentos e radioentomologia da Universidade de São Paulo – CENA/USP.

**Tabela 1: Vida útil de alimentos irradiados (Fonte: LIARE/CENA – USP)**

<b>Produto</b>	<b>Vida útil sem irradiação</b>	<b>Vida útil com irradiação</b>
Alho	4 meses	10 meses
Arroz	1 ano	3 anos
Banana	15 dias	45 dias
Batata	1 mês	6 meses
Cebola	2 meses	6 meses
Farinha	6 meses	2 anos
Legumes e Verduras	5 dias	18 dias
Papaia	7 dias	21 dias
Manga	7 dias	21 dias
Milho	1 ano	3 anos
Frango refrigerado	7 dias	30 dias
Filé de pescada refrigerado	5 dias	30 dias
Morango	3 dias	21 dias
Trigo	1 ano	3 anos

Dependendo da dosagem de radiações ionizantes, a que os alimentos são submetidos, o processo pode ser chamado de radapertização, radiciação ou radurização. A radapertização ou esterilização é o tratamento do alimento com uma dose de energia ionizante suficiente para prevenir a decomposição e a toxidez de origem microbiana, independentes do tempo e das condições de armazenamento do produto, desde que este não seja contaminado novamente. As doses requeridas nesse processo geralmente estão entre 25 a 45 kGy (OMS, 1995; SATIN, 1997). Essa técnica é muito empregada para produtos cárneos. A NASA (Agência Espacial Norte Americana) utiliza-se desta técnica para produzir filés de frango e peito de peru que não têm prazo de validade, mesmo em temperatura ambiente, desde que a embalagem seja mantida intacta. O laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do CENA também já produziu esse tipo de frango irradiado para fins de pesquisa.

A radurização ou radiciação é o tratamento do alimento com uma dose de energia ionizante suficiente para reduzir o número de bactérias patogênicas viáveis e não produtoras de esporos, de forma que não sejam detectadas por métodos de análises bacteriológicas no alimento tratado. A radurização também pode ser utilizada na pasteurização de sucos e em massas frescas. Na radurização, geralmente são utilizados outros métodos de conservação associados, como a refrigeração, que pode ser encarada como tratamento semelhante à pasteurização. As doses utilizadas se encontram na faixa entre 0,4 a 2,5 kGy. A radurização

pode ser utilizada para prevenir brotamentos em bulbos em tubérculos, prevenir a deterioração por fungos em frutas e hortaliças e no controle de infestação por insetos e ácaros, além de retardar o tempo de maturação de frutas, o que, neste caso, representa uma ótima vantagem em relação àquelas frutas que são distribuídas nos centros urbanos.

### **Benefícios da Irradiação de Acordo com a Aplicação**

A irradiação de alimentos pode ser classificada em três níveis:

*Irradiação de dose baixa* – até 1 kGy – Inibição de brotamento atraso na maturação, desinfestação de insetos;

*Irradiação de dose média* – de 1 a 10 kGy – redução dos microorganismos causadores de doenças patogênicas.

*Irradiação de dose alta* – acima de 10kGy – redução de microorganismos ao ponto da esterilidade.

Para se ter uma idéia dessas doses, o processo de maturação de frutas, como bananas, mangas e mamões, pode ser retardado pela irradiação de 0,25 a 1kGy. Já os morangos são tratados com uma dose de 2 a 3 kGy e armazenados a 10°C para evitar a deterioração por fungos *Botrytis*. Se os morangos forem irradiados antes que estejam maduros, a cor vermelha não se desenvolve satisfatoriamente.

### **Conseqüências da Radiação para o Ser Humano**

As células humanas, quando expostas a algum tipo de radiação, sofrem ações de fenômenos físicos, químicos e biológicos. A radiação causa ionização dos átomos, que afetam as moléculas e, conseqüentemente, os tecidos e órgãos de todo o corpo. Um organismo complexo, como o corpo humano, pode sofrer efeitos somáticos, que são restritos a outros fatores genéticos onde ocorre mutação da célula reprodutiva que é transmitida a gerações posteriores. Esse efeito atinge, especificamente, as células sexuais masculinas e femininas.

Os fenômenos físicos são responsáveis pelo compartilhamento da energia da radiação entre as células. Os fenômenos químicos sucedem aos físicos e provocam ruptura de ligações entre os átomos formando radicais livres num intervalo de tempo pequeno. Já os fenômenos biológicos começam em conseqüência das interações ionizantes com os átomos formadores das células alterando suas funções específicas. Esses fenômenos constituem as primeiras reações do organismo à ação das radiações e são responsáveis pela diminuição da atividade da substância viva. Os efeitos biológicos dependem de vários fatores, tais como: a dose total de radiação absorvida, o tipo de células afetadas, a idade do indivíduo, a parte do

corpo exposta à radiação, o estado geral de saúde do indivíduo, o volume do tecido atingido e o intervalo de tempo de recepção da dose.

Além dessas alterações funcionais os efeitos biológicos caracterizam-se também pelas variações morfológicas. Entende-se como variações morfológicas as alterações em certas funções essenciais ou a morte imediata da célula, isto é, o dano na estrutura celular. É dessa forma que as funções metabólicas podem ser modificadas ao ponto de a célula perder sua capacidade de efetuar as sínteses necessárias à sua sobrevivência.

Os efeitos das radiações sobre o ser humano podem ser classificados em dois grupos:

*Efeitos estocásticos* – são aqueles que podem ocorrer com qualquer nível de dose, sem nenhum limite, como, por exemplo, os efeitos hereditários, cujo grau de severidade depende da dose de exposição;

*Efeitos não estocásticos* – são aqueles que ocorrem a partir de certo limite de dose, como, por exemplo, a catarata e danos causados pelo uso de telefones celulares.

## **7 – A ATIVIDADE INVESTIGATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

O ensino de ciências decorre em parte da intenção de promover um ensino atraente, interessante e relevante para todos. As questões didáticas da ciência envolvem a construção e a instrução como elementos centrais. Nesse contexto a instrução visa favorecer processos construtivos que conduzam a uma apropriação de conceitos e de habilidades científicas.

Segundo a teoria do desenvolvimento de Piaget (COUTINHO e MOREIRA, 1992), a capacidade de representar a ação só é possível depois que tomamos consciência de nós e dos objetos do mundo, bem como a noção de espaço, tempo e causalidade. Esta capacidade evolui até a aquisição da coerência lógica que ocorre em torno de 11/12 anos de idade. Sendo assim, o uso de problemas investigativos que demandam do estudante a exposição por escrito de uma estratégia pessoal de investigação, como forma de avaliar o seu pensar científico, é mais recomendado para estudantes do Ensino Médio. Por outro lado, o uso de atividades investigativas na promoção do pensar, pode e deve ser incentivado em todos os níveis de ensino, visto que ajudam a promover a articulação de habilidades e de conhecimentos práticos e conceituais, desenvolvendo-os e integrando-os simultaneamente (BORGES, 1997).

Os estudantes levam consigo para a sala de aula um conjunto de concepções sobre vários aspectos do mundo construídos a partir de sua inserção na cultura comum e experiência cotidianos com fenômenos e eventos, o que freqüentemente interfere na aprendizagem das idéias científicas (Borges, 2002, p.4).

A riqueza e a idéia central do ensino de ciências por investigação estão na possibilidade de propiciar ao estudante a oportunidade de trabalhar com material e objetos num simbolismo ou representação. Ou seja, acreditamos que atividades práticas podem ser desenvolvidas em sala de aula sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados.

Introduzir o ensino de ciências através de atividade investigativa significa dar aos estudantes condições para que se apropriem de um conhecimento científico, através de tarefas relevantes, é uma caricatura de como os cientistas trabalham. Para muitos estudantes o que existe hoje é uma avalanche de idéias e pouco tempo para consolidação.

### **7.1 – Uma proposta investigativa sobre o tema irradiação de alimentos**

O objetivo da escola deve ser voltado para formação de indivíduos capazes de exercer seus direitos e assimilarem informações, sabendo utilizá-las para cuidar de sua saúde, para participar das discussões em que estão envolvidos seus destinos, para, enfim, transformar o

mundo, com a construção de uma sociedade evoluída, frente às necessidades humanas. Conforme Perrenoud:

...a escola básica não deve ser uma preparação para estudos longos. Deve-se enxergar-la como uma preparação de todos para a vida. Formulando-se mais explicitamente os objetivos da formação em termos de competências lutamos abertamente contra a tentação da Escola de ensinar, por ensinar, de marginalizar as referências às situações da vida e não reservar tempo para treinar a mobilização dos saberes para situações complexas! (PERRENOUD, ANO, 1999).

Concordamos com Perrenoud quando diz que temos que lutar contra a tentação de mantermos os conteúdos à margem dos problemas sociais, procurando romper com a forma linear e descontextualizada em que os conteúdos de Física são apresentados aos alunos. Apesar do excesso de informação, a sociedade carece de formação.

Questões relacionadas à sobrevivência da espécie humana, no geral, e à saúde de cada cidadão, em particular, merecem e devem ocupar lugar de destaque na Educação Básica. Acreditamos que trazer temas polêmicos, como a irradiação de alimentos, para dentro dos conteúdos escolares é uma forma de dinamizar a educação e incentivar o gosto pelo conhecimento.

Aqui apresentaremos uma proposta de atividade que pretende desencadear uma atitude investigativa e problematizadora entre os estudantes, num ambiente de discussão e especulação, além de atuar como ferramenta motivadora do estudo de ondas eletromagnéticas. Baseada na idéia de que, indiferente do método de ensino escolhido, ele deve incentivar a atividade do aprendiz e reduzir a passividade, a atividade proposta visa propiciar ao estudante a oportunidade de trabalhar com conhecimentos factuais que despertem o interesse para os conteúdos escolares.

### **Objetivos da Atividade**

Desenvolver competências com as quais o indivíduo possa assimilar informações e saber utilizá-las em diversos contextos de sua vida;

Garantir a preparação para a cidadania permitindo a ele a contínua aprendizagem dos processos tecnológicos e científicos;

Utilizar a tecnologia como conhecimento de sentido prático;

Dirigir e motivar o aluno para a predisposição a aprender;

Facilitar a assimilação de novos conceitos;

Possibilitar aos alunos a elaboração de síntese do conteúdo trabalhado e a socialização das informações e conhecimentos adquiridos;

Desenvolver a capacidade de organizar, publicar e divulgar material contendo as conclusões obtidas ao longo do projeto.

### **Desenvolvimento da Atividade**

Para o desenvolvimento dessa atividade é necessário fazer a análise de sua viabilidade perante o planejamento do ano letivo e do número de aulas disponíveis.

A atividade foi elaborada para ser desenvolvida em oito aulas. Num currículo escolar onde, normalmente, são reservadas duas aulas semanais para o ensino de física, isso representa um mês de aula. Para muitos professores não é possível dispor desse tempo em prol de um tema que não faz parte dos conteúdos curriculares. Porém, é necessário que se leve em consideração o custo benefício da atividade no contexto do Plano de Intervenção Pedagógica – PIP. Um planejamento adequado pode beneficiar outras disciplinas como, por exemplo, a Língua Portuguesa, uma vez que os alunos são convidados a analisar e produzir textos a partir da discussão de problemas e situações que envolvem o tema da investigação.

Para o desenvolvimento da atividade, os alunos devem ser organizados em pequenos grupos com o objetivo de argumentar e defender pontos de vista, de estabelecer critérios para tomada de decisão, de buscar e organizar as informações disponíveis. Além da Língua Portuguesa, podem ser criadas parcerias com outras disciplinas como a química, no estudo de materiais radioativos, a história, no estudo dos modos de vida e consumo, a geografia, no estudo dos metais, minerais e questões ecológicas.

Apesar de o conteúdo de ondas eletromagnéticas ser trabalhado prioritariamente no terceiro ano do Ensino Médio, julgamos que essa atividade, com as devidas adequações, possa ser desenvolvida em qualquer série do Ensino Médio e também nas séries finais do Ensino Fundamental.

### **Distribuição das Aulas**

A seguir apresentaremos a divisão da atividade em módulos-aula. A organização apresentada pode ser adaptada pelo professor de acordo com suas necessidades.

#### **Aula nº1 – Atividade introdutória**

Nesta aula, com o objetivo de melhorar a interatividade entre os alunos, por meio de sorteio, a turma é dividida em grupos de no máximo cinco integrantes;

É apresentada a proposta de trabalho e o roteiro com as etapas do projeto;

São passadas as orientações sobre as fontes de pesquisas;

E, por fim, a tarefa:

Pedir aos alunos que recortem de jornais e revistas figuras que mostrem objetos, aparelhos, etc. com propriedades de emitir ou captar radiações eletromagnéticas.

### **Aula nº 2 – Exposição sobre o Espectro Eletromagnético**

TAREFA:

Os grupos deverão fazer a colagem das figuras, podendo neste momento, comparar os conceitos sobre o tema, que tinham antes dessa atividade.

As ilustrações recortadas devem formar um painel informativo do grupo/classe.

### **Aula nº 3 – A Física no Cotidiano**

Análise do rótulo de um produto alimentar.

TAREFAS:

Solicitar aos alunos uma pesquisa, no supermercado, de rótulos e embalagens de produtos alimentícios para ser apresentada em sala de aula.

Classificar as informações quanto ao processo de estocagem e embalagem dos produtos;

Estabelecer uma discussão sobre os aditivos alimentares e a questão da saúde, abordando nomes, classificações e efeitos no organismo. Verificar a data de validade dos produtos, sobretudo quando estiverem em promoção, possível violação de embalagens, frios fora da geladeira ou geladeiras desligadas, etc.

Faça uma pesquisa em rótulos de alimentos industrializados e procure informações sobre os processos utilizados na conservação do alimento e dos nutrientes.

Qual a intenção do fabricante ao trazer esse tipo de informação?

### **Aula nº 4 – Palestra**

Palestra com profissional da área de engenharia de alimentos.

TEMA: conservação de alimentos.

### **Aula nº 5 – Pesquisa sobre Conservação de Alimentos**

TAREFA:

Metade dos grupos irá investigar o uso de agrotóxicos na conservação de alimentos, enquanto a outra metade investiga alimentos tratados por irradiação, como preparação para o debate da aula nº 8.

**Aula nº 6 – Visita Coordenada**

Visita ao CDTN, Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear Energia CNEN – UFMG.

**Aula nº 7 - Debate**

Debate sobre os temas: ALIMENTOS COM AGROTÓXICOS X ALIMENTOS IRRADIADOS, nesse debate um grupo deverá explicar para o outro o “PORQUÊ” da escolha desse tipo de alimento para sua pesquisa.

**Aula nº 8 – Encerramento da Atividade**

Pretende-se que a atividade seja encerrada pelos alunos com a elaboração das seguintes tarefas:

Cartilha informativa para ser distribuída em supermercados;

Textos para a produção de folhetos e propagandas, sem esquecer que o objetivo central do texto é conscientizar a população sobre os processos de produção e conservação dos alimentos;

Painéis informativos, para serem afixados na escola.

Ao final do projeto será feita uma avaliação com a participação de todos os alunos.

## 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do envolvimento ativo do aprendiz evidencia a necessidade de apresentar os conhecimentos escolares num determinado contexto para que o estudante perceba os objetivos do conhecimento. Julgamos o ensino de ciências por investigação é uma forma de tornar o estudante um elemento ativo no processo de ensino e de aprendizagem. Nesse trabalho investimos no estudo do tópico “Irradiação de Alimentos” por julgamos pertinente para essa modalidade de ensino. Assim como esse tema despertou a nossa curiosidade, acreditamos que o mesmo possa acontecer com o estudante.

Lembramos que para o desenvolvimento da atividade proposta, o professor deve fazer, inicialmente, uma pesquisa com seus alunos para saber se eles têm um real interesse pelo tema. Além disso, atenção especial deve ser dada às contribuições individuais e coletivas e ao conhecimento prévio dos jovens estudantes. A nossa intenção é integrar os conhecimentos elaborados na forma de conteúdo escolar aos conhecimentos do dia-a-dia, por meio de uma abordagem reflexiva. Isso está de acordo com Lima et al (2004) que afirma ser razoável supor uma maior efetividade na aprendizagem dos conceitos científicos à medida que os estudantes adotam atitudes mais positivas e reflexivas para com a Ciência.

Para nós é importante que os alunos possam desenvolver o raciocínio crítico e emitir juízo de valor em relação ao uso de tecnologias. Com isso; acreditamos que estaremos contribuindo para formar pessoas capazes de interferir, positivamente, na sociedade e nas comunidades onde estão inseridas.

Pelo fato de ainda não termos aplicado a atividade em sala de aula, podemos apenas falar dos benefícios que ela nos trouxe e que esperamos que sejam aproveitados também pelos alunos. Declarei, na introdução, a dificuldade pessoal que tenho em relação aos conteúdos de Física. Desenvolver esta monografia foi para mim um duplo desafio. O primeiro foi fazer a investigação do tema. Lia muito e encontrava diversas informações que, para mim, eram novidades.. Com isso, tive que estudar muito sobre o tema que pesquisei e as áreas de conhecimento co-relacionadas. Contudo, pude contar com o auxílio de meus colegas professores, que muito colaboraram para a melhoria do meu entendimento sobre os tópicos estudados. O segundo desafio foi organizar todas essas informações na forma escrita. Etapa esta, que venci com o apoio constante do meu orientador.

Ao terminar este trabalho posso afirmar que aprendi muito e espero que essa declaração sirva de incentivo a outras pessoas, pois ainda que com muita dificuldade, fui movida pelo grande interesse que o tema despertou em mim e sinto-me realizada por concluir tão importante tarefa. Desejo que os estudantes tenham o privilégio de aprender como nós professores. Acredito que a atividade proposta possa despertar nos alunos a mesma

reação, ou seja, a vontade de investigar um tema proposto, qualquer um capaz de promover a aprendizagem de ciências por investigação.

## 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. P. G, **Avaliação da Influência do processo de irradiação em especiarias utilizando a técnica de difração de raio X** disponível em: [www.con.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/Ana%20Paula/Prog\\_Eng\\_Nuclear\\_Dissert\\_Ana\\_Paula\\_Setembro\\_2006.pdf](http://www.con.ufrj.br/MSc%20Dissertacoes/Ana%20Paula/Prog_Eng_Nuclear_Dissert_Ana_Paula_Setembro_2006.pdf)
- ANDREUCCI, R. A., **Proteção Radiológica/Aspectos industriais**. julho/2003 Disponível em <http://www.insolda.com.br/andreucci>. Acessado em 18 maio.2007.
- BORGES, A. T., Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, v. 19, n.3, p. 291-313, 2002.
- CAMARGO, A. C., WALDER, J. M. M. Divulgação da Tecnologia de Irradiação de Alimentos e Outros Materiais. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA. USP-CENA/PCLQ. Disponível em: <http://www.cena.usp.br/irradiacao/index.asp> (acessado em 02/07/07).
- CARDOSO, E. M., Aplicação da Energia Nuclear. Comissão Nacional de Energia Nuclear CNEN, Apostilas Educativas. Disponível <<http://www.cnen.gov>>. Acessado em 09 junho 2007.
- CARON, Wilson, e GUIMARÃES, Osvaldo. **As Faces da Física**. 2ª Edição, Ed. Moderna, ano 2002.
- COSTA, C.M. L., ANDRADE, D. M. S., Exposição Humana a Radiação Não Ionizantes, com Ênfase na Radiação Emitida por Sistema de Comunicação Móvel. Faculdade Albert Einstein, Brasília, 2003.
- Disponível em <http://br.geocities.com/abglimtec/textoagb.htm>. Acessado em 18 julho 2007.
- Disponível em <http://www.pratiqueleite.com.br/>. Acessado em 18 julho 2007.
- Disponível em <http://www.preventcancer.com/>. Acessado em 18 julho 2007.
- Disponível em <http://www.thechironclinic.co.uk>. Acessado em 18 julho 2007
- FILHO, A.G, TOSCANO, C. **Física para o ensino médio**. Assessoria Pedagógica, Editora Scipione, 2002.
- LEAL, A.S., KRAMBROCK, K., GUEDES, K. G., RODRIGUES, R. Ressonância paramagnética eletrônica: RPE aplicada à análise de especiarias irradiadas (com radiação gama). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Vol.24nº3 Campinas Julho/Setembro2004. Disponível em <http://www.scielo.br>. acessado em 15 julho 2007.
- LIMA, M. E. C. C., AGUIAR, O. G. Jr., BRAGA, S. A. M., Ensinar Ciências. **Revista Presença Pedagógica**, v.6, n.33, maio/jun. 2003.
- LIMA, M.E.C.C.JUNIOR, O.G.A. **Aprender Ciências um Mundo de Materiais**, Editora UFMG, 2004
- MAXIMO, Antônio; ALVERENGA, Beatriz. **Física volume 3**. São Paulo: Scipione, ano 2000
- Métodos de conservação de Alimentos:
- NOUAILHETAS, Y. N., Radiações Ionizantes e a Vida: Comissão Nacional de Energia Nuclear CNEN, Apostilas Educativas. Disponível em <http://www.cnen.gov.br>. Acessado em 12 julho 2007.
- PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

REVISTA DA SBHC. As Primeiras investigações de Marie Curie sobre Elementos Radioativos. São Paulo: Instituto de Física Gleb Wataghin, UNICAMP, n.1/2003, pp.29-41.

SAMPAIO, José. L. e CALÇADA, Caio C. **Universo da Física**. São Paulo: Atual, 2003.

SCHMITT, CÉSAR EDUARDO. O uso da astronomia como instrumento para a introdução ao estudo das radiações eletromagnéticas no ensino médio. Disponível em [http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Cesar\\_Schmitt\\_2006.pdf](http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Cesar_Schmitt_2006.pdf). <acessado em 06/08/07>.