

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA



AS RADIAÇÕES NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO

TESE DE MESTRADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA

Abílio Alberto Machado Lima

Janeiro de 2007

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA



AS RADIAÇÕES NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO

TESE DE MESTRADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Rui Ferreira Marques

Abílio Alberto Machado Lima

Janeiro de 2007

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho só foi possível graças à colaboração e apoio de diversas pessoas, às quais desejo agradecer:

Ao Professor Doutor Rui Ferreira Marques, os incentivos para dar continuidade ao mestrado, os saberes transmitidos, as orientações teóricas e metodológicas, as sugestões durante a realização do trabalho, a amizade e consideração evidenciada proporcionou que a elaboração do trabalho tenha decorrido de uma forma bastante agradável e saudável. Agradeço ainda, as leituras, orientações e correcções que efectuou a versões provisórias deste trabalho e que foram preciosas para o resultado final.

Aos colegas que se disponibilizaram para colaborar na investigação, respondendo ao Inquérito aplicado neste estudo e aos membros dos conselhos executivos das diversas escolas que autorizaram a aplicação do mesmo.

Ao Museu de Física do Departamento de Física a cedência do material, radiografias do Professor Teixeira de Bastos, de 1896.

A todos os meus familiares e amigos por todo o incentivo e apoio que me têm prestado durante todo o meu percurso académico e pela compreensão manifestada ao longo de todo este trabalho.

RESUMO

As fontes de radiação estão em toda a parte. O ser humano está exposto a radiações vindas do espaço, do ar, das rochas, dos alimentos, etc. Até, o próprio ser humano é levemente radioactivo!

A radioactividade natural sempre existiu, contudo a sua descoberta só ocorreu, ocasionalmente, em 1896. Desde então, muitas outras descobertas têm sido feitas em torno da energia libertada por núcleos instáveis e em 1934 conseguiu-se criar, em laboratório, radioisótopos. A energia libertada durante o decaimento radioactivo é ionizante. Essa energia tem levantado problemas a nível científico e tecnológico, pois o ambiente e os seres vivos poderão sofrer os seus efeitos. No entanto, não podemos esquecer as aplicações benéficas que os radioisótopos têm tido na sociedade actual como por exemplo: na medicina, na obtenção de energia eléctrica, na agricultura, na indústria, etc.

Em geral, os conhecimentos dos cidadãos nesta área são reduzidos, no entanto utilizam com frequência meios emissores de radiações como por exemplo: computador, telemóvel, televisão, etc. Embora as doses de radiação sejam na generalidade baixas, quando são utilizados com frequência podem tornar-se prejudiciais. As implicações pessoais e sociais da ciência e tecnologia requerem uma compreensão básica destes assuntos de modo a que possam contribuir de uma forma activa e esclarecida para o progresso da sociedade em que estão inseridos.

Pretende-se com este trabalho realizar um estudo sobre a forma como os assuntos, relacionados com radiações, são leccionados no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário. Assim, realizou-se um estudo através de inquérito aplicado aos docentes da disciplina de Física e Química dos referidos níveis de ensino, em algumas escolas da área educativa de Leiria.

Depois de analisados os resultados, fez-se uma sugestão de ensino sobre o assunto radiações.

Ainda sobre este assunto, estudaram-se os programas leccionados no Reino Unido e em Espanha, comparando-os com o que se faz em Portugal. Verifica-se que o atraso é significativo, pois a não obrigatoriedade da frequência das disciplinas de Física e de Química, no 12º ano, mesmo para estudantes de áreas científicas, não permite aos alunos consolidar os conhecimentos básicos.

ABSTRACT

The radiation sources are everywhere. The human being is exposed to radiations coming from space, air, rocks, food, etc. Even the very human being is slightly radioactive.

The natural radioactivity always existed, although its discovery just occurred, by chance, in 1896. Since then, many other discoveries have been made on the nature of the energy freed for unstable nuclei, and in 1934 the creation of nuclear isotopes in laboratory was achieved. The energy emitted from radioactive decay is ionizing. This energy has raised concerns at the scientific and technological levels, as the environment and the living creatures may suffer its harmful effects. However, we cannot forget the beneficial applications that the nuclear isotopes have in the present day society, as for example in medicine, generation of electric power, agriculture, industry, etc.

In general, the knowledge of the citizens in this area are reduced, although they currently use radiation emitting devices, such as computers, mobile phones, television sets, etc. Despite the corresponding doses of radiation being generally low, when used frequently they eventually become harmful. The personal and social implications of science and technology require a basic understanding of these subjects, in order that people can contribute in an active and clarified way to the progress of the society they belong to.

The goal of the present work is to study the way in which the subjects related with radiations are taught along the 3rd cycle of Ensino Básico (7th to 9th school years) and in Ensino Secundário (10th to 12th school years), by means of an inquiry applied to teachers of Physics and Chemistry in some schools of the area of Leiria.

The results of this inquiry were analysed, and suggestions for the improvement of the teaching of these subjects are presented.

The equivalent curricula of the United Kingdom and Spain have been studied and compared with the Portuguese one. A significant difference was observed: given that the subjects of Physics and of Chemistry are not mandatory in Portugal in the 12th year, even for students of science, the necessary consolidation of the knowledge is in general not achieved.

ÍNDICE

Introdução	1
Capítulo 1 - Física das radiações	7
1.1. Radiações	7
1.2. O espectro electromagnético	8
1.2.1. Ondas de rádio	9
1.2.2. Radiação de Microondas	10
1.2.3. Radiação Infravermelha (IV)	11
1.2.4. Radiação Visível	12
1.2.5. Radiação Ultravioleta (UV)	13
1.2.6. Raios X	14
1.2.7. Raios Gama	16
1.3. Origens da radiação Natural e Artificial	17
1.3.1. Radão (^{222}Rn)	17
1.3.2. Radiação Cósmica e de fundo	19
1.3.3. Alimentação	22
1.3.4. Radiação Gama	23
1.3.5. Equipamentos Médicos e indústria Nuclear	23
1.4. Séries radioactivas naturais	24
1.5. Radiação ionizante	27
1.5.1. Tipos de radiação ionizante	29
1.6. Decaimento radioactivo	31
1.6.1. Decaimento alfa (α)	31
1.6.2. Decaimento (β)	32
1.6.3. Captura electrónica	33
1.6.4. Emissão de neutrão	33
1.6.5. Decaimento (γ)	33
1.7. Lei do decaimento radioactivo	34
1.8. Efeitos biológicos da radiação emitida pelos materiais radioactivos	36
1.9. Benefícios do uso da radioactividade	38
1.9.1. Utilização médica das radiações	38
1.9.2. Indústria e agricultura	40
1.9.3. Investigação	40
1.9.4. Arqueologia e geologia	41

1.9.5. Produção de energia	42
1.10. Interacção da radiação ionizante com a matéria	44
1.10.1. Efeito fotoeléctrico	45
1.10.2. Efeito de Compton	46
1.10.3. Produção e aniquilação de pares	48
1.11. Perspectiva histórica	49
Capítulo 2 – O que se lecciona nas escolas portuguesas	55
2.1. Introdução	55
2.2. Programas	55
2.2.1. 3º Ciclo do Ensino Básico	56
2.2.2. Ensino Secundário	57
2.2.2.1. Física e Química A – 10º Ano	57
2.2.2.2. Física e Química A – 11º Ano	58
2.2.2.3. Química – 12º ano	58
2.2.2.4. Física – 12º Ano	59
2.3. Manuais dos alunos e guias do professor	60
Capítulo 3 – Investigação por Inquérito	67
3.1. Objectivos do estudo	67
3.2. Elaboração dos questionários	68
3.2.1. Inquérito	69
3.3. Aplicação do Inquérito	75
3.4. Caracterização da amostra	76
3.5. Análise dos resultados	79
3.5.1. Os Docentes	79
3.5.2. Assuntos leccionados no 3º ciclo e ensino Secundário.	82
3.5.3. Estratégias utilizadas (10º e 11º anos)	87
3.5.4. Avaliação (10º e 11º anos)	90
3.5.5. Recursos didácticos (10º e 11º anos)	91
3.5.6. Balanço dos resultados atingidos no ensino.	94
3.6. Conclusão	97
Capítulo 4 – Programas leccionados em países europeus	101
4.1. Introdução	101
4.2. Reino Unido	101
4.3. Espanha	105
4.4. Comparação	105
Capítulo 5 – Sugestões para o ensino	113

Conclusões	121
Bibliografia	131
Anexos	
Anexo I – Unidades de Radiação	135
Anexo II – Programas leccionados no Ensino Secundário	137
Anexo III – Resultados obtidos no Inquérito	165
Anexo IV – Exposição às radiações	195
Anexo V - Legislação	197

Introdução

De acordo com o documento “Revisão Curricular do Ensino Secundário”, a formação específica tem como intenção a consolidação de saberes no domínio científico que confira competências de cidadania, que promova igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional.

A física e a química terão de ser encaradas como uma via para o crescimento dos alunos e não apenas como o espaço curricular onde se adquirem conhecimentos exclusivamente do domínio cognitivo, com pouca ou nenhuma ligação com a sociedade. Estas disciplinas deverão contribuir para tornar os alunos conscientes do papel da física e da química na explicação de fenómenos do mundo que nos rodeia, bem como na sua relação íntima com a tecnologia.

As finalidades gerais destas disciplinas são o desenvolvimento de capacidades e atitudes fundamentais, estruturantes do ser humano, que permitam aos alunos designadamente ser cidadãos críticos e intervenientes na sociedade, normalmente através de:

- Consolidação de conhecimentos em áreas da física, realçando o papel desta disciplina no desenvolvimento das sociedades e na qualidade de vida das populações.
- Compreensão da cultura científica como componente da cultura actual;
- Capacidade de ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos;
- Preparação para a compreensão, no futuro, do desenvolvimento científico e tecnológico, em particular quando veiculado pela comunicação social.
- Capacidade para avaliar melhor campos de actividade profissional futura, em particular para prosseguimento de estudos.

No presente trabalho analisa-se como é tratado o assunto das radiações no terceiro ciclo do ensino básico e no ensino secundário. O estudo realizado permite ter noção dos conhecimentos sobre radiações que os alunos deverão ter no final do ensino secundário, mostra como os programas encaram esta temática e que informação objectiva os alunos recebem e deverão desejavelmente receber. Pretende-se dar um contributo para ensinar correctamente as concepções, erradicar pré-concepções incorrectas, desenvolver o uso da linguagem científica e habilitar os alunos a pronunciarem-se sobre o tema no âmbito da sua participação cívica.

A radiação é um tema da maior relevância para a educação de qualquer cidadão. Está presente em inúmeros aspectos da sua vida, pois, devido ao enorme desenvolvimento tecnológico, o incremento da aplicação das radiações torna-as presentes em todo o quotidiano (doméstico, ambiental, terapia e diagnóstico, telecomunicações, esterilização de alimentos, etc.). Este aumento da presença das radiações no nosso quotidiano não foi até agora acompanhado por uma informação/formação mínima adequada. Nos nossos dias, há bastante informação sobre este assunto, nomeadamente na Internet, revistas científicas e teses específicas de dissertações de mestrado. Contudo, no ensino básico e secundário, estes assuntos raramente são abordados com um grau de aprofundamento que permita aos alunos obter um conjunto de conhecimentos científicos apropriado.

O resultado é o enorme desconhecimento sobre as radiações, as inúmeras concepções erradas (e muitas vezes alarmistas) transmitidas pelos meios de comunicação social, bem como uma enorme confusão entre os vocábulos que constituem o discurso científico desta área.

Fala-se muito em energia nuclear mas muitas vezes sem qualquer rigor científico. A tecnologia nuclear, como muitas outras coisas tem prós e contras. Vale a pena conhecê-la melhor para tomar posições melhor fundamentadas face aos problemas que a envolvem. É errado considerar que tudo o que diz respeito às reacções nucleares é perigoso. Existem de facto utilizações perigosas da energia nuclear, como por exemplo, armas destruidoras.

Normalmente, quando se fala em radiação, centra-se a atenção nas fontes de radiação artificiais, como os reactores nucleares e os aparelhos de raios X. Todavia, para a maioria da população, as principais fontes de radiação são naturais – raios cósmicos provenientes do espaço exterior, raios gama provenientes das paredes e pavimentos e radão das rochas e do solo.

Os meios de comunicação social dão por vezes realce à contaminação radioactiva causada pelos desastres ocorridos em centrais nucleares e à utilização abusiva real ou potencial em cenários militares. Contudo, a exposição média do homem a estas fontes de radiação é diminuta. Mais importantes revelam-se os exames médicos, designadamente os de diagnóstico de raios X, que utilizam doses consideráveis de radiação. No entanto, a elevada percentagem da dose média anual é atribuída a factores naturais, como sejam a radiação cósmica proveniente do espaço exterior, a radiação gama emitida pelas rochas e materiais de construção, a presença no organismo de quantidades vestigiais de elementos químicos radioactivos e o gás radão que por si só é responsável por mais de 50% desse valor.

Porém, no nosso quotidiano encontramos utilizações vantajosas dos fenómenos nucleares, existindo mesmo um ramo da medicina designado de medicina nuclear que

serve não só para diagnosticar doenças como também para as tratar. Através da utilização de equipamentos que usam raios gama e recurso a radioisótopos tratam-se hoje vários tipos de cancro. Fenómenos nucleares também permitem aos paleontólogos e aos arqueólogos datar objectos antigos.

No primeiro capítulo faz-se uma revisão de conceitos fundamentais na área da física das radiações. Estes conceitos serão apresentados de forma acessível, não recorrendo a demasiadas fórmulas matemáticas, por forma a serem compreendidos por públicos alvo de diferentes níveis de escolaridade. A linguagem utilizada propiciará a compreensão destes assuntos numa perspectiva de cidadania e permitirá a escolha consciente de uma carreira futura ligada, ou não, a esta temática.

No segundo capítulo faz-se a análise aos programas do ensino básico e secundário por forma a compreender quando e com que grau de profundidade os assuntos relacionados com radiações são leccionados analisando-se também os manuais dos alunos e os guias do professor.

O terceiro capítulo é dedicado a um inquérito surgido no âmbito desta matéria. Elaborou-se um inquérito, destinado a professores de Física e Química para conhecermos a realidade do ensino nomeadamente, conceitos introduzidos no ensino básico e secundário, extensão e forma como são abordados, estratégias de ensino, tipos de avaliação e resultados obtidos. Analisa-se o que parece questionável e o que se poderá fazer melhor.

No quarto capítulo é feita a análise dos programas leccionados em dois países europeus, Reino Unido e Espanha, para compreender como o tema é tratado e confrontar essas experiências com a realidade portuguesa.

No quinto capítulo são feitas algumas sugestões visando melhorar a qualidade do ensino desta matéria.

Por último são apresentadas algumas conclusões, que sintetizam os aspectos mais relevantes dos estudos efectuados, procurando assim transmitir as ideias gerais que deles se podem inferir.

Como pano de fundo à apresentação se sugestões, valerá a pena introduzir aqui alguns parágrafos acerca das estratégias utilizáveis no ensino das matérias em análise.

Os docentes de física e química utilizam com grande frequência como estratégia de ensino a exposição de conteúdos e a resolução de exercícios e problemas. A exposição de conteúdos deverá ser aproveitada para conhecer as ideias dos alunos e consolidar saberes. Através de diálogo orientado professor/aluno, perante exemplos reais, os alunos são questionados e motivados a explicitar as suas ideias e interpretações, devendo o professor agir em conformidade. A análise de situações reais, por parte do docente em colaboração

com os alunos, poderá revelar-se muito útil na aquisição e aprofundamento de conceitos se o professor as souber explorar adequadamente. A ligação da ciência a contextos do dia-a-dia não só motiva os alunos como facilita a compreensão de muitas ideias científicas permitindo a aplicação dos conhecimentos noutros contextos. Para tal, o professor deve definir os objectivos a atingir e as capacidades que pretende desenvolver.

A abordagem histórica da ciência permite desenvolver capacidades de pensamento crítico e contribuir para uma maior compreensão dos conteúdos científicos. A abordagem histórica deve ser contextualizada. No ensino dos conteúdos deverá haver uma preocupação com o carácter histórico, biografia de quem fez a descoberta, dificuldades, tentativas, erros, etc. Para além de aprenderem a forma como as ideias evoluíram através dos tempos, os alunos têm a possibilidade de aprender também como a natureza destas ideias e as suas aplicações são afectadas pelos contextos social e cultural em que se desenvolveram.

A desmontagem de concepções alternativas dos alunos é um outro meio eficaz de aquisição de conhecimentos. Contudo, frequentemente se constata que os alunos parecem modificar os seus conhecimentos quando questionados em contexto escolar, mas fora deste continuam a prevalecer concepções menos correctas. O professor poderá também aproveitar a história da evolução dos conceitos científicos para a desmontagem de concepções alternativas dos seus alunos. O facto de os alunos constatarem que, no passado, houve ilustres cientistas que tiveram ideias idênticas às suas pode, por exemplo, ajudar a ultrapassar as dificuldades em as expressar.

A promoção de debates em torno de factos controversos da história da ciência permite também desenvolver nos alunos capacidades de argumentação e análise crítica. No entanto, o professor deverá ter sempre presente que debater sem a devida explicação poderá contribuir para aumentar a confusão e afastar os alunos do assunto em questão.

Advoga-se a proposta de uma questão-problema cuja resolução implique atitudes de reflexão e questionamento promovendo uma articulação entre o conhecimento conceptual e prático, através do estabelecimento de relações entre as actividades desenvolvidas e os fenómenos do quotidiano. Poder-se-ão fornecer tópicos para o desenvolvimento da actividade, para que os alunos dirijam a sua “investigação”, mas não sujeitar a execução a protocolos rígidos. Contudo, dependendo dos objectivos definidos, como por exemplo aprender a medir, poderá ser benéfico o uso de tais protocolos.

A experiência e a demonstração têm o seu papel. A física, perante uma situação nova, permite prever resultados. É importante que o aluno verifique não só a lei, mas também que ela funciona. É uma mais valia se forem os alunos e executar a experiência.

O trabalho prático continua a ser uma componente importante e fundamental para a formação no domínio da física. Permite encontrar respostas a situações problema, fazer a articulação entre a teoria e a experiência e explorar resultados. Os alunos devem conhecer perfeitamente a situação problema, o que prever em termos de resultados, como executar e como estabelecer conclusões.

O professor deverá assegurar que os alunos compreendam o objectivo de cada actividade de modo que possam envolver-se na sua planificação e, após discussão, resulte no desenvolvimento de mais competências.

As novas tecnologias permitem experiências diversificadas, medir com maior precisão, maior rentabilização de tempo e aumentar a motivação dos alunos. A implementação de estratégias de ensino/aprendizagem é facilitada mediante a realização de actividades laboratoriais com interfaces de computadores ou calculadoras gráficas. Estes equipamentos permitem disponibilizar tempo que será melhor utilizado no tratamento, apresentação e compreensão de resultados. Assim, os alunos poderão concentrar-se melhor no assunto que está a ser estudado. Contudo, nas “novas experiências”, há algo entre o ecrã e os sensores que pode constituir uma barreira à compreensão.

A avaliação deve ser encarada como instrumento de intervenção estimulador da aprendizagem, visando a melhoria do ensino, incidindo nos factores que contribuam para a sua eficácia. Por isso, a avaliação de qualquer disciplina não deve ser associada apenas à ideia redutora de classificação.

A avaliação formativa, que o professor deverá fazer permanentemente, visa proporcionar ao aluno o conhecimento do nível de competências já alcançadas com vista a melhorar o seu desempenho. Assim, por exemplo, as competências de natureza laboratorial não devem ser avaliadas através de testes escritos. Neste contexto é necessário apreciar o que o aluno faz, como faz, quais as razões que o levaram a proceder de determinada maneira, analisar o modo como apresenta e discute os resultados e como elabora conclusões. O docente deverá ter presente que um vasto conjunto de competências não é, geralmente, atingido por meio de um único trabalho nem deve ser avaliado globalmente em cada actividade. Cada competência deve pois ser avaliada recorrendo a um instrumento de avaliação adequado.

O professor deverá fazer uma avaliação progressiva das aprendizagens que contemple os aspectos evolutivos do aluno. Para o efeito, deverá utilizar de forma sistemática técnicas e instrumentos variados adequados às tarefas em apreciação, tais como testes, questões de resposta oral ou escrita, relatórios de actividades, observações do desempenho na sala de aula, perguntas formuladas pelos alunos, planos de experiências, relatórios, portfólios, etc.

Quando chegar o momento de atribuir uma classificação, ela irá recair, parcial ou totalmente, sobre a avaliação realizada anteriormente. Nem tudo tem de ser classificado, mas tudo deve ser avaliado.

Capítulo 1 - Física das Radiações

1.1. Radiações

O homem está exposto às radiações naturais que provém do Sol, do espaço e de substâncias radioactivas existentes na Terra. Os níveis das radiações naturais variam consideravelmente de lugar para lugar. Além das fontes naturais de radiação, o homem está exposto às fontes por ele criadas, como os raios X e outras radiações utilizadas em medicina, precipitações radioactivas devidas a testes nucleares, etc.

O termo radiação aplica-se a todo o espectro electromagnético, raios cósmicos e a certas emissões de partículas, nomeadamente às partículas α e β . Vivemos mergulhados num “oceano” de radiações provenientes do Sol, do espaço, de um ecrã de televisão, dos telemóveis, dos aparelhos de raios X, das rochas do solo, etc.

O termo radiação refere-se tanto a partículas como a ondas electromagnéticas. A radiação nuclear, os raios X e a radiação ultravioleta são radiações ionizantes. É precisamente por transportarem muita energia que podem ser úteis ou extremamente perigosas para os seres vivos se usadas sem os devidos cuidados.

Uma das principais propriedades destas radiações é ionizar os átomos, que significa que ao interagirem com a matéria arrancam electrões aos átomos formando iões, tornando-os electricamente carregados.

A radiação ionizante (radiação ultravioleta, raios X e radiação nuclear) pode então provocar o aparecimento de iões a partir dos átomos das substâncias que constituem as células dos seres vivos. É importante referir que a radiação nuclear é sempre ionizante, mas nem toda a radiação ionizante é nuclear como é o caso da radiação ultravioleta e dos raios X. Os iões resultantes são quimicamente activos, podendo originar reacções que destroem ou danificam as células e até provocar mutações genéticas, isto é, alterações hereditárias.

Apesar de a radiação nuclear e raios X serem conhecidos apenas há cerca de um século, isso não significa que a sua existência seja dependente da acção humana. A radiação pode ser natural ou artificial (provocada). A Terra está constantemente a ser bombardeada pela radiação proveniente do Sol, das estrelas e do espaço à sua volta, radiação cósmica. A própria crosta terrestre contém uma variedade de rochas constituídas por materiais radioactivos, os quais emitem a chamada radiação natural ou de fundo.

Com o progresso científico e tecnológico do século XX, o homem descobriu e por vezes produz substâncias artificiais emissoras de radiação ionizante. A radiação X e a

radiação nuclear, desde que foram descobertas por volta do ano 1900, têm sido usadas para inúmeros fins: na produção de energia eléctrica, na industria, na medicina, etc.

1.2. O espectro electromagnético

Vivemos num mundo cheio de radiações! O espaço está preenchido por ondas electromagnéticas, com maior ou menor energia, que provêm do Sol e das estrelas. Também na terra há radiações naturais ou artificiais, que servem para variados fins. Ouvir música num rádio, ligar um forno de microondas ler um livro usando a luz de um candeeiro ou tirar uma fotografia são apenas algumas das muitas actividades que envolvem radiações electromagnéticas. Estas radiações também podem prejudicar a qualidade de vida, como acontece na exposição solar nas horas mais críticas ou em acidentes de centrais nucleares como o que ocorreu em Chernobyl, na Ucrânia, em 1986. dada a diminuição da defesa natural das radiações UV, devido à diminuição da camada do ozono, é sempre aconselhável o uso de protectores solares, ou melhor ainda, evitar demoradas exposições ao Sol.

A radiação electromagnética tem um espectro de energias muito mais vasto do que a luz visível, resultando diferentes efeitos quando estas radiações interagem com a matéria. A este espectro solar chamamos espectro electromagnético (Fig.1).

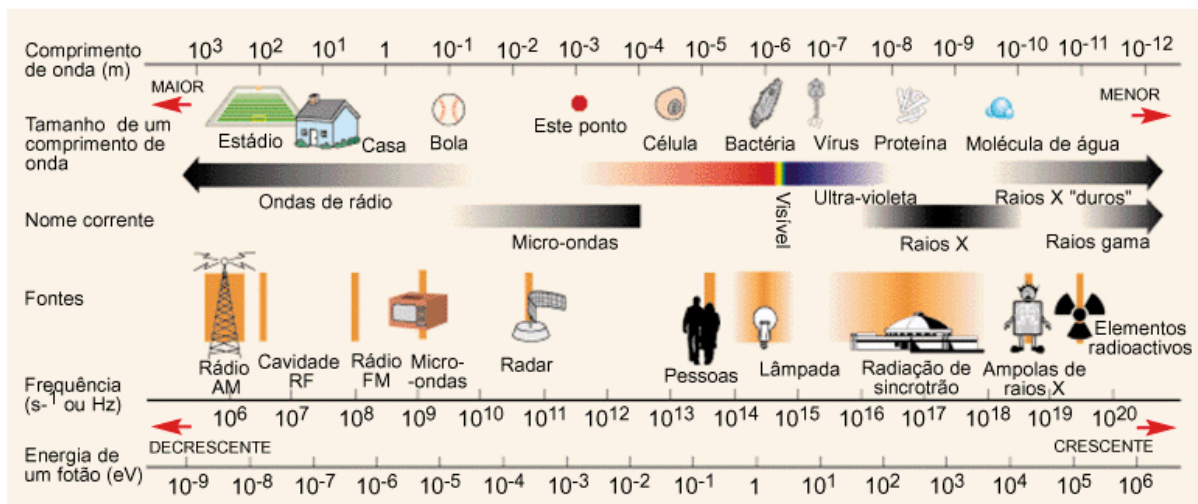


Fig. 1 - Espectro electromagnético

Fonte: <http://cfif.ist.utl.pt/radvida>

As radiações electromagnéticas que constam na figura estão ordenadas em função da energia, frequência e comprimento de onda.

1.2.1. Ondas de rádio

Em 1887, oito anos após a morte de Maxwell, Heinrich Hertz, então professor de física no Technische Hochschule em Karlsruhe, Alemanha, conseguiu gerar e detectar ondas de rádio¹. O seu transmissor consistia fundamentalmente numa descarga oscilante entre dois eléctrodos. Como antena de recepção, utilizava uma espira aberta de fio condutor com uma esfera de latão numa extremidade e uma ponta aguçada de cobre na outra. Uma centelha visível entre estas duas extremidades revelava a detecção de uma onda electromagnética incidente. Como ele próprio escreveu:

“Consegui raios distintos de força eléctrica, e com eles levei a cabo algumas das minhas experiências elementares feitas habitualmente com luz e calor radiante... Poderemos talvez, designá-los por raios de luz com um grande comprimento de onda. De qualquer modo, as experiências descritas parecem-me poder eliminar quaisquer dúvidas acerca da natureza comum da luz, do calor radiante e das ondas electromagnéticas” [2].

As ondas que Hertz manipulou são hoje referidas como ondas de radiofrequência, com frequências desde alguns hertz até aproximadamente 10^9 Hz e comprimentos de onda desde muitos quilómetros até poucas dezenas de centímetros. Estas ondas, habitualmente produzidas por circuitos eléctricos, são utilizadas para emissões de rádio e televisão e em radares para detectar a velocidade dos automóveis.

Quando uma corrente eléctrica alternada percorre uma antena transmissora produzem-se ondas de rádio. Inversamente, quando as ondas de rádio chegam a outra antena receptora, geram corrente eléctrica alternada. Este princípio é utilizado nas comunicações e para tal instalam-se antenas metálicas transmissoras.

Estas ondas, de grande comprimento de onda, propagam-se em todas as direcções contornando obstáculos tais como montanhas, edifícios, etc. A capacidade de difracção das ondas de rádio resulta numa melhoria da qualidade de transmissão.

Os modernos sistemas de transmissão de sinais utilizam bandas de frequência específicas às comunicações, em função das características de propagação das ondas electromagnéticas. As ondas com frequências superiores (3 a 30 MHz) são reflectidas pela ionosfera² e pela superfície terrestre. As sucessivas reflexões permitem que as ondas se propaguem em torno da Terra. As ondas electromagnéticas de frequências muito mais elevadas (acima de 30 MHz) atravessam a ionosfera, sendo utilizadas nas comunicações via satélite (microondas) [12].

¹ É possível que tenha sido David Huggens quem o tenha conseguido pela primeira vez. As suas experiências de 1897 não foram todavia publicadas e permaneceram desconhecidas durante muitos anos.

² A ionosfera corresponde a uma zona da atmosfera em que existem iões e o ar encontra-se bastante rarefeito.

A ressonância magnética nuclear (RMN) usa os maiores comprimentos de onda úteis da radiação electromagnética. As amostras são colocadas num campo magnético forte e irradiadas a rádio-frequências, o valor das quais depende do núcleo. A energia da radiação absorvida corresponde à energia necessária para que os núcleos tenham determinadas orientações em relação ao campo magnético.

As técnicas de ressonância magnética nuclear fundamentam-se na absorção selectiva de ondas de rádio por amostras colocadas num campo magnético. A amostra assim excitada (apenas de forma muito ligeira devido à pequena energia dos fotões de frequências rádio) regressa ao estado inicial emitindo energia radiante no domínio das rádio-frequências. Só são moléculas “activas” para RMN as que possuem núcleos magnéticos.³

Os desenvolvimentos tecnológicos permitiram o aparecimento de novas técnicas como por exemplo espectros de alta resolução de amostras sólidas, técnicas especiais de dupla ressonância e de RMN bidimensional e outras que permitem obter imagens internas de amostras intactas designadamente as do corpo humano.

A ressonância magnética nuclear é uma alternativa para as radiografias convencionais, com vantagem de que os danos biológicos causados pela radiação de baixa energia utilizada nos exames são mínimos ou inexistentes. Até agora não foram detectados quaisquer efeitos nocivos devido à exposição do nosso organismo aos campos relativamente elevados necessários a estes exames [1,22].

1.2.2. Radiação de Microondas

A região de microondas estende-se desde os 10^9 Hz até aproximadamente 3×10^{11} Hz, correspondendo aos comprimentos de onda entre os 30 cm e 1,0 mm. Os comprimentos de onda capazes de penetrar na atmosfera terrestre variam entre valores pouco inferiores a 1 cm até 30 m. As microondas têm interesse para a comunicação com veículos espaciais, bem como para a rádio astronomia. Muita informação relativa à estrutura da nossa e de outras galáxias foi obtida graças a este tipo de radiação.

As microondas são actualmente utilizadas em aplicações tão diversas como a transmissão de conversas telefónicas e de televisão, a confecção de alimentos, orientação de aviões, detecção de condutores em excesso de velocidade (por radar), estudo das origens do Universo, controlo remoto e estudo da superfície do Planeta.

³ A carga em movimento circular gera um campo magnético com momento magnético, μ , como no caso duma corrente eléctrica num enrolamento.

Nos fornos para cozinhar alimentos usam-se fontes de microondas, capazes de causar lesões aos tecidos. No entanto, com os modelos modernos, bem blindados e com dispositivo automático de corte da potência quando se abre a porta, praticamente não há casos de exposição perigosa a este tipo de radiação.

Para que um alimento aqueça no microondas tem de conter água. As moléculas podem absorver e emitir radiação, alterando o estado de movimento dos seus constituintes, os átomos. A energia associada à rotação ou à vibração de uma molécula é quantizada. Este facto faz com que uma molécula só possa vibrar ou rodar com certas frequências.

As microondas, cujo quantum $h\nu$ é bastante menor do que os das outras radiações utilizadas em espectroscopia podem provocar transições entre os níveis de energia mais próximos, como é o caso dos níveis rotacionais das moléculas.

Como a temperatura de um sistema traduz o estado de agitação molecular deste, a temperaturas altas correspondem estados de elevada agitação das suas moléculas. Nos fornos de microondas (frequência ligeiramente inferior a 2450 Hz) provocam-se transições das moléculas de água a estados de maior energia rotacional, deste modo, eleva-se a temperatura da água.

As moléculas de água são polares e quando são submetidas à acção das microondas ficam alinhadas. Os pólos positivos e negativos apontam em sentido oposto. Num forno microondas a inversão do sentido das ondas ocorre inúmeras vezes e por consequência as moléculas rodam mantendo-se alinhadas com o campo. A agitação das moléculas associada ao atrito provoca o aumento da temperatura [2,14].

1.2.3. Radiação Infravermelha (IV)

O infravermelho estende-se dos 3×10^{11} Hz até aproximadamente os 4×10^{14} Hz. A radiação infravermelha foi detectada pela primeira vez pelo famoso astrónomo Sir Willian Herschel em 1800. O Infravermelho é vulgarmente subdividido em quatro regiões: o IV próximo (próximo do visível 780 - 3000 nm), o IV intermédio (3000 - 6000 nm), o IV térmico (6000 - 15000 nm) e o IV longínquo (15000 nm – 1,0 mm). Trata-se de uma divisão muito pouco precisa e não existe uma nomenclatura universalmente aceite.

Qualquer material pode absorver e emitir radiação IV com base nos fenómenos de agitação molecular. As moléculas de qualquer objecto a temperatura acima do zero absoluto (-273 °C) radiam no IV ainda que com intensidade reduzida. O infravermelho é emitido abundantemente, num espectro contínuo, por corpos quentes tais como aquecedores eléctricos, carvão em brasa etc. Cerca de metade da energia emitida pelo Sol é no IV e uma

lâmpada de incandescência emite bastante mais no IV do que no visível. Tal como todos os animais de sangue quente, o ser humano radia no infravermelho. O corpo humano é um fraco emissor de IV, começando próximo dos 3000 nm, com um máximo na vizinhança dos 10000 nm, e até ao IV extremo. Esta emissão é explorada por dispositivos de visão nocturna, bem como alguns seres vivos que habitualmente estão activos durante a noite. Se o olho humano fosse sensível à radiação infravermelha, não haveria necessidade de iluminação artificial, tudo seria brilhante durante a noite ou dia.

A energia radiante infravermelha é geralmente medida por dispositivos que reagem à variação de temperatura provocada pela absorção de IV por uma superfície escurificada. Qualquer detector, mesmo que de reduzidas dimensões, pode produzir imagens bidimensionais por meio de dispositivos de varrimento. Esta técnica é muito útil no diagnóstico de vários tipos de problemas, desde transformadores defeituosos até doenças em humanos.

No espaço orbitam satélites que detectam o lançamento de mísseis através da sua emissão de IV, satélites de análise de recursos naturais que captam no IV e que podem detectar doenças em colheitas, e satélites astronómicos que estudam as emissões de IV que nos chegam vindas do espaço. Foi possível descobrir deste modo um anel de matéria em torno da Estrela Vega em 1983. Existem mísseis que se orientam em função da posição de fontes de calor e que são guiados por IV, lasers de IV, telescópios IV que prescrutam os céus.

Pelo facto dos objectos se encontrarem a uma dada temperatura resultam emissões características IV que podem ser utilizadas de muitas maneiras diferentes, desde a detecção de tumores no cérebro e do cancro da mama, até sistemas de segurança anti-roubo. Os lasers de CO₂ são bastante utilizados na indústria, especialmente para cortes de precisão e tratamentos térmicos, devido à sua capacidade de emitir continuamente energia da ordem das dezenas de J. As suas emissões no IV longínquo, 18,3 nm – 23,0 nm, são facilmente absorvidas pelos tecidos humanos, fazendo do feixe laser um bisturi eficaz e preciso que corta cauterizando imediatamente o golpe, sem derramamento de sangue [2].

1.2.4. Radiação visível

A radiação detectável pelo olho humano é muitas vezes denominada por luz. A luz corresponde à radiação electromagnética numa gama reduzida de frequências, entre cerca de $3,84 \times 10^{14}$ Hz até $7,69 \times 10^{14}$ Hz.

Newton foi o primeiro a reconhecer que a luz branca é de facto constituída por todas as cores do espectro visível e que o prisma não cria cores por alterar a luz branca, como se pensou durante séculos, mas simplesmente por ser um “meio dispersivo”, $n(v)$, separando-a nas cores constituintes (Fig.2). O detector humano (olho cérebro) percepçiona o branco como uma vasta mistura de frequências, normalmente com energias semelhantes em cada intervalo de frequências. É este o significado da expressão “luz branca” – muitas cores do espectro sem que nenhuma predomine especialmente. Uma folha de papel parece branca quando é vista no interior sob a luz de uma lâmpada incandescente, ou no exterior sob a luz do Sol, mesmo que estes brancos sejam substancialmente diferentes.

As cores constituem respostas subjectivas, fisiológicas e psicológicas do homem a frequências que se estendem numa gama que vai aproximadamente de 780 nm (vermelho) até cerca de 390 nm (violeta). A cor não é uma propriedade da luz mas sim uma manifestação electroquímica do sistema sensorial – olho, nervos e cérebro. Para ser mais preciso dever-se-ia dizer, por exemplo, “a luz que é vista como amarela” e não “luz amarela”.



Fig. 2 – Dispersão da luz branca quando atravessa o prisma.

Fonte: nautilus.fis.uc.pt

1.2.5. Radiação Ultravioleta (UV)⁴

Adjacente à luz no espectro electromagnético encontra-se tal como a radiação infravermelha a radiação ultravioleta, com frequências desde 8×10^{14} Hz até cerca de $3,4 \times 10^{16}$ Hz, descoberta por Johann Wilhelm Ritter. A energia dos fotões desta banda varia entre os 3,2 eV e os 100 eV. Os raios ultravioleta do Sol têm, portanto, energia mais do que

⁴ O ser humano não é capaz de ver a radiação ultravioleta porque tanto a córnea como o cristalino a absorvem.

suficiente para ionizar os átomos do topo da atmosfera, criando assim a ionosfera. Os raios UV, com energias apreciáveis, tornam-se importantes no despoletar de reacções químicas. Podem originar radicais livres de oxigénio que podem causar a ruptura de muitas moléculas orgânicas, incluindo o DNA, podendo daí resultar o cancro.

Os raios UV podem causar queimaduras solares e são a principal causa de cancro de pele no ser humano. As radiações UV podem ser reflectidas por diversas superfícies amplificando os efeitos da exposição. Por exemplo, a areia reflecte cerca de 20% das radiações UV-B⁵ e a neve reflecte aproximadamente 90%, razão pela qual há risco de apanhar queimaduras ou ficar cego quando se pratica desportos de Inverno num dia de Sol.

No entanto, existem certos materiais que não reflectem, mas absorvem estas radiações parcial ou totalmente. Por exemplo, os cremes solares, que têm na sua composição produtos químicos apropriados, e o vidro absorvem as radiações UV.

Note-se que o ozono (O₃) existente na atmosfera absorve o que poderia constituir feixes letais de UV e por essa razão é preocupante a sua diminuição na atmosfera. Refira-se como exemplo, que nos comprimentos de onda inferiores a 290 nm o UV é germicida, isto é, mata microorganismos.

Dada a diminuição da defesa natural das radiações UV (camada de ozono), é sempre aconselhável o uso de protectores solares, ou melhor ainda, evitar demoradas exposições ao Sol nas horas mais críticas [1,9].

1.2.6. Raios X

Os raios x foram acidentalmente descobertos em 1895 por Wihelm Conrad Rontgen. Estendendo-se em frequências entre cerca de $2,4 \times 10^{16}$ Hz e 5×10^{19} Hz, os raios X têm comprimentos de onda extremamente reduzidos, quase sempre inferiores aos diâmetros atómicos. A energia dos fotões, 100 eV a 0,2 MeV, é suficientemente elevada para que os fotões possam interagir com a matéria de um modo claramente corpuscular.

Um dos mecanismos mais eficientes para a produção de raios X é a desaceleração rápida de partículas carregadas a alta velocidade (Bremsstrahlung)⁶. A radiação de travagem é produzida através da interacção dos electrões que provém do cátodo, com o material que constitui o ânodo, sendo desviados da sua trajectória como consequência das

⁵ UV-B são radiações UV de energia intermédia, fonte de queimaduras e que são normalmente absorvidas pela camada de ozono.

⁶ “Radiação de travagem” emitida por uma carga (e⁻) sujeita a aceleração (nas vizinhanças de um núcleo).

forças eléctricas que os núcleos exercem sobre eles (Fig.3). A intensidade da radiação de Bremsstrahlung varia com o aumento da diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo.

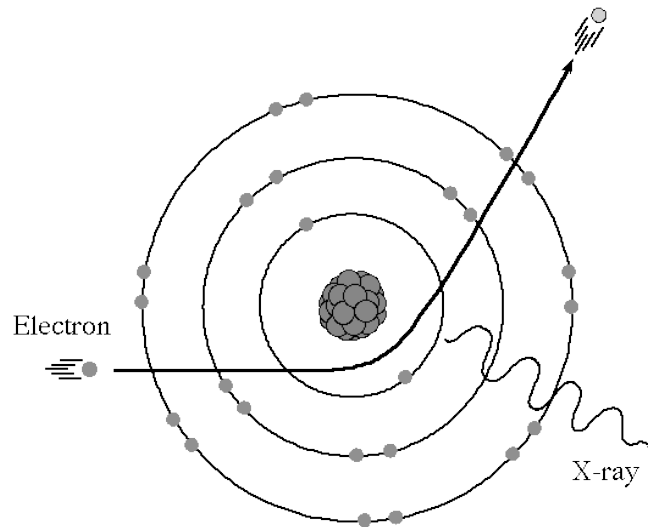


Fig.3 – Radiação de travagem ou Bremsstrahlung

http://surf.agri.ch/wuelfert/lecture/physics/imaging/XR/imag_xr_images/XR_bremsst.gif

Uma gama extensa de frequências resultantes manifesta-se quando um feixe de electrões com energia elevada é projectado contra um alvo, de qualquer elemento de número atómico (Z) elevado. As colisões com os núcleos de Z elevado produzem deflecções nos electrões resultando na emissão de fotões de raios X.

Os átomos do alvo podem ficar ionizados durante o bombardeamento. Se tal acontecer por remoção dos electrões interiores, o átomo emitirá raios X quando a nuvem electrónica retomar o seu estado fundamental. As emissões resultantes são quantificadas e específicas do átomo alvo, revelando a sua estrutura. As radiações emitidas possuem comprimentos de onda bem definidos ao contrário do caso da radiação de travagem (Fig.5).

Contudo, poderá ocorrer a fluorescência quando as moléculas são excitadas por acção de radiação e regressam rapidamente ao estado fundamental por emissão de fotões. As transições electrónicas ocorrem entre estados com o mesmo valor de spin, principalmente entre os estados fundamental (S_0) e excitado (S_1). No fenómeno de fluorescência as moléculas emitem radiações de menor energia do que a energia absorvida na excitação, sendo a restante libertada sobre a forma de calor, em choques intermoleculares e noutros processos não radioactivos [8,21].

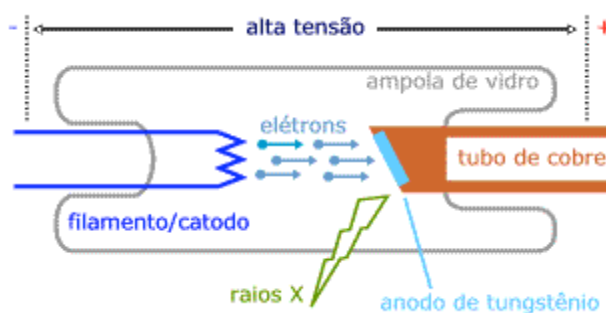


Fig. 4 – Esquema de funcionamento de uma ampola de raios X

Fonte: myspace.eng.br/como/comoe20.asp

Os raios X podem ser usados para produzir imagens dos ossos, órgãos e tecidos internos. As doses de raios X ao atravessarem os tecidos são absorvidas e forma-se um contraste permitindo obter imagens. A radiografia tradicional produz geralmente pouco mais do que simples sombras e não imagens fotográficas no sentido usual. Esta radiação penetrante e altamente energética é capaz de passar através de materiais consideravelmente espessos, mas é absorvida mais intensamente por materiais densos como metal ou osso do que pela pele ou carne. Este facto torna os raios X úteis para o diagnóstico médico, bem como para detectar falhas ou imperfeições nas estruturas metálicas. São ainda usados na cristalografia com raios X, que usa a difracção de um feixe intenso de raios X para analisar estruturas, incluindo as moléculas biológicas complexas, tais como as proteínas ou o ADN.

Os telescópios orbitais de raios X deram-nos a possibilidade de construir uma nova visão do Universo. Existem microscópios, redes de difracção e interferómetros para raios x e vários trabalhos estão em curso no domínio da holografia com raios X. Em 1984, um grupo no Lawrence Livermore National Laboratory conseguiu produzir radiações laser com um comprimento de onda de 20,6 nm. Apesar de esta radiação se situar mais correctamente no ultravioleta extremo, está suficientemente próxima da região dos raios X para que este seja considerado o primeiro laser de raios X [1,2].

1.2.7. Raios Gama

Estas são as radiações electromagnéticas mais energéticas, isto é, de menor comprimento de onda. São emitidas pelos núcleos atómicos ao reorganizarem-se na sequência, por exemplo, da emissão de partículas (decaimento α ou β), emissão de neutrões, etc. Um único fóton de raios gama tem energia suficiente para poder ser

facilmente detectado. O seu comprimento de onda é tão pequeno que se torna extremamente difícil observar o seu comportamento ondulatório.

Os raios gama têm propriedades idênticas às dos raios X. A principal diferença entre os dois é que os raios gama são produzidos na sequência de desintegração de substâncias radioactivas, e não por um gerador eléctrico. Estes dois tipos de radiação encontram-se na mesma zona do espectro electromagnético, distinguem-se pela sua proveniência [2].

1.3. Origens da Radiação Natural e Artificial

As fontes de radiação de alta energia podem ser naturais ou artificiais. A maior percentagem de radiação a que estamos expostos diariamente provém de fontes de radiação naturais. As radiações naturais provém essencialmente de três fontes: Terra (solo, ar e edifícios), radiação cósmica e alimentação.

A irradiação ocorre quando as pessoas ou outro ser vivo recebem uma determinada dose de radiação. A fonte de radiação é externa e quando abandonamos o lugar a radiação cessa. Por exemplo, alimentos irradiados e produtos esterilizados por radiação não ficam radioactivos. Se houver contaminação, o material radioactivo fica incorporado no indivíduo. A contaminação pode ser externa, se o material se deposita sobre a pele e passa a irradiar o indivíduo, ou interna, quando o material entra no corpo, via pulmão, intestino ou poros. Nesse caso, enquanto houver material radioactivo no sujeito, continuará a ser irradiado.

1.3.1. Radão (^{222}Rn)

Há um receio generalizado da utilização de armas atómicas, porque os seus efeitos são terríveis. Um desses efeitos é a contaminação radioactiva da atmosfera. Mas será que só devemos ter receio da contaminação pelas armas atómicas?

O radão, descoberto em 1900, é o elemento químico de número atómico 86. É o último dos gases nobres na tabela periódica. O mais abundante dos seus dezanove isótopos, radão-222, tem aplicações médicas sendo utilizado no tratamento de cancro.

O radão é um gás radioactivo formado a partir do urânio (^{238}U), um outro material radioactivo que existe em maior ou menor abundância nas rochas, particularmente nas rochas graníticas.

Como não tem cor, nem cheiro, nem sabor, não se dá por ele. Porém, em certas regiões, em ambientes fechados, como tantas vezes sucede, principalmente no Inverno, essas concentrações podem atingir valores que o tornam perigoso para a saúde.

Como o radão é um gás, infiltra-se facilmente através das fendas nas fundações, de fissuras ou furos nas paredes ou no chão, das próprias canalizações, para além de provir das próprias paredes de granito. Muitas vezes é transportado por convecção do ar no interior das habitações.

Além disso, o radão decai,⁷ origina nuclídeos como o polónio 218 (^{218}Po), o chumbo 214 (^{214}Pb) e o bismuto 214 (^{214}Bi) que se encontram presentes no ar que respiramos. Estes podem ligar-se a partículas de poeira e gotículas de água que são posteriormente inaladas podendo vir a alojar-se nos pulmões com a consequente emissão de radiação ionizante. Como estes isótopos têm períodos de meia vida⁸ que não excedem alguns minutos, produz-se uma irradiação contínua dos tecidos pulmonares em reduzido intervalo de tempo, até ser atingida a forma mais estável de ^{206}Pb .

A ventilação também influencia a concentração de radão. Quanto menos ventilada é a casa, maior será a concentração de radão. É nos pisos térreos que a concentração de gás é mais elevada, porque aí o fluxo de radão que provém do ambiente é maior e a saída é menor.

A concentração de radão no interior das habitações também depende da região onde se habita. Depende da natureza geológica do solo e das condições climáticas. Verifica-se que é nas regiões de formação granítica que se encontram as concentrações mais elevadas e nos terrenos de origem sedimentar que se encontram as concentrações mais baixas. A temperatura do solo e do ar, a velocidade do vento e a pressão atmosférica influenciam a concentração de radão. Os valores são mínimos no Verão e máximos no Inverno. No inverno, quando as pessoas arejam menos as casas, a concentração do referido gás pode ultrapassar o dobro dos valores encontrados no Verão.

Depois do fumo do tabaco, o radão é considerado o maior responsável pelo cancro do pulmão. Este risco é significativamente maior no caso de fumadores, dado ocorrer uma acção coordenada entre os dois factores.

Nas revistas TESTE SAÚDE e PROTESTE de Novembro de 2003, vem referido um estudo envolvendo 259 medições da concentração de radão, feitas em 212 casas do continente. As medições foram feitas com um detector colocado na divisão mais frequentada de cada casa por um período não inferior a trinta dias. Concluíram que 22% das medições acusaram níveis de radão superiores a 200 Bq/m³ e em 17% dos casos foi mesmo excedido o valor de 400 Bq/m³⁹. Ora a União Europeia recomenda¹⁰ que nas novas casas não seja

⁷ Ver série radioactiva (pagina 26).

⁸ Tempo que demora a actividade de uma amostra radioactiva a reduzir-se a metade do valor inicial.

⁹ Unidade de actividade de uma fonte radioactiva – ver anexo I.

¹⁰ Recomendação da Comissão Europeia em 1990 (90/143/Euratom).

permitida uma actividade superior a 200 Bq/m³, sendo o valor 400 Bq/m³ o máximo tolerado nas antigas construções.

Em alguns países, para diminuir a exposição humana ao gás no interior das casas, sugere-se que, debaixo do soalho de piso térreo, se crie uma caixa de ar e se apliquem sistemas de ventilação. Assim, o radão emanado pelo solo, debaixo da casa, é lançado para o ambiente exterior [5,24,25,26].

PAÍSES	Número de casas controladas	²²² Rn (Bq/m ³)
Alemanha	6000	40
Canadá	9999	13
EUA	50000	65
Dinamarca	348	68
França	1552	50
Irlanda	1036	58
Portugal	4200	37
Reino Unido	2093	22
Suécia	500	103

Tabela 1: Concentrações médias de radão no interior de habitações em vários países

Fonte: M. Mendes, 2002

1.3.2. Radiação Cósmica e de Fundo

Os norte-americanos Arno Penzias e Robert Wilson ao tentarem medir a intensidade das ondas de rádio emitidas pela nossa galáxia, com a antena de rádio da companhia Bell, descobrem, por acaso, um “ruído de rádio” proveniente de todas as direcções do cosmos, com um comprimento de onda de 7,35 cm e portanto correspondente à temperatura de 2,5 K. Esta radiação de microondas é a radiação cósmica de microondas prevista teoricamente em 1948 por Gamon, Alpher e Herman.

Penzias e Wilson não entenderam logo a importância da sua descoberta. O físico Robert Dicke e seus colegas, ao serem interpelados pelos primeiros, perceberam que estes tinham detectado a radiação cósmica de microondas.

Esta é a radiação existente no Universo primitivo que, após os electrões se unirem aos núcleos existentes para formar os primeiros átomos, ficou a vaguear livremente pelo Universo. Com a expansão do universo, o comprimento de onda dessa radiação foi

aumentando e a sua temperatura diminuindo. Em 1990, o satélite COBE mediu com maior exactidão a temperatura de radiação cósmica de microondas: 2,725 K. O espectro da radiação cósmica de fundo foi medido com uma precisão de 0.03% e ajusta-se perfeitamente à de um corpo negro de temperatura de 2.725 K. Embora existam bilhões de estrelas no Universo, estas medidas precisas do COBE mostram que 99.97% da energia radiante do Universo foi libertada durante o primeiro ano após a Grande Explosão, e que agora reside no campo de radiação térmica de 3 K (Fig.5).

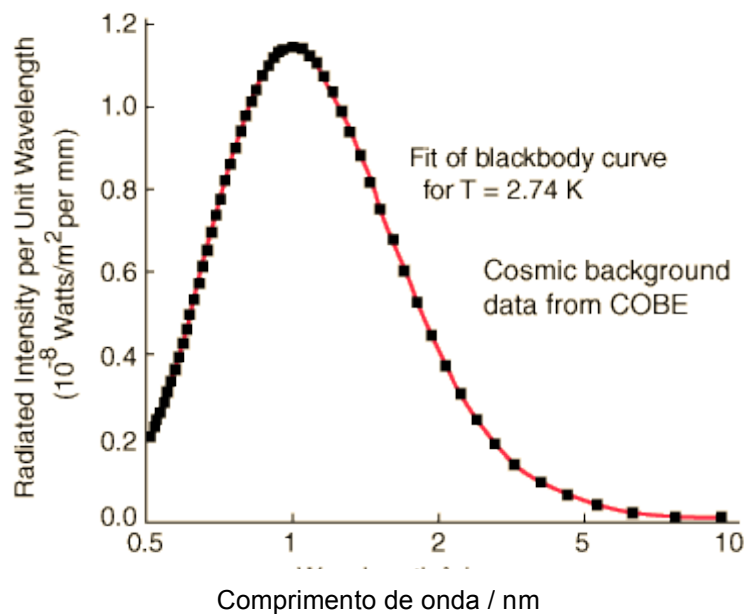


Fig. 5 – Espectro de radiação cósmica de fundo

Fonte: hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/bkg3k.html

A toda a radiação proveniente do Sol, da nossa Galáxia e do espaço envolvente da Terra chamamos radiação cósmica ou raios cósmicos. Estes raios são, na sua maioria, prótons de altíssima energia que radiam não só para a superfície terrestre, como são capazes de atravessar muitos metros de solo e rochas. Os raios cósmicos de altas energias ao atingirem átomos na atmosfera criam novas partículas de elevada energia e produzem chuvarais de partículas que atingem a superfície da Terra (Fig.6).

A intensidade da radiação cósmica varia com a altitude relativa em relação à Terra. Esta é mais intensa a grandes altitudes e regista menor intensidade à superfície da Terra. Por exemplo, a 2000 m recebe-se uma dose de raios cósmicos dupla da recebida ao nível do mar. A exposição às radiações cósmicas aumenta com a altitude porque a camada de ar que actua como protecção é menos espessa.

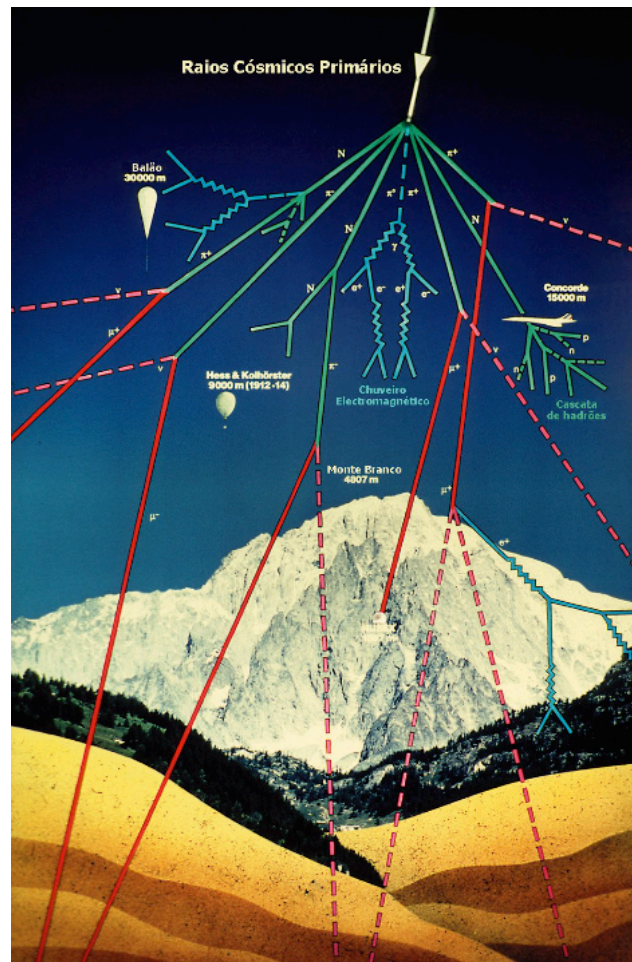


Fig. 6 – Chuveiros de partículas

Fonte: <http://www.lip.pt/~outreach/posters/posters.html>

Uma parte da radiação cósmica não atinge a superfície da Terra, devido ao campo magnético terrestre. Este desvia algumas radiações e, assim, a superfície perto do equador recebe menos radiação do que os pólos. Como consequência, a dose de radiação cósmica que recebemos depende, também, da latitude do local. Quanto mais afastados do Equador vivemos mais radiações recebemos.

A dose que cada pessoa recebe, em média, por ano, está entre 200 e 300 microsievets¹¹.

No entanto, a radiação a que continuamente estamos sujeitos não provém apenas do espaço. Esta, resulta também da actividade radioactiva de alguns isótopos de elementos existentes nas rochas, no ar, na água e nos seres vivos e, ainda, de isótopos radioactivos artificiais. A radiação de fundo é constituída pelo conjunto formado pela radiação cósmica e pela radiação proveniente do meio que nos rodeia.

¹¹ A dose equivalente, que mede os efeitos da radiação no organismo humano (ver Anexo I)

A radiação de fundo, embora esteja sempre presente, varia de local para local e só em casos muito especiais, como por exemplo em acidentes nucleares, atinge níveis perigosos [13,19,20].

Está provado experimentalmente que uma grande percentagem de radiação natural que nos envolve é originada pelo radão (fig.7).

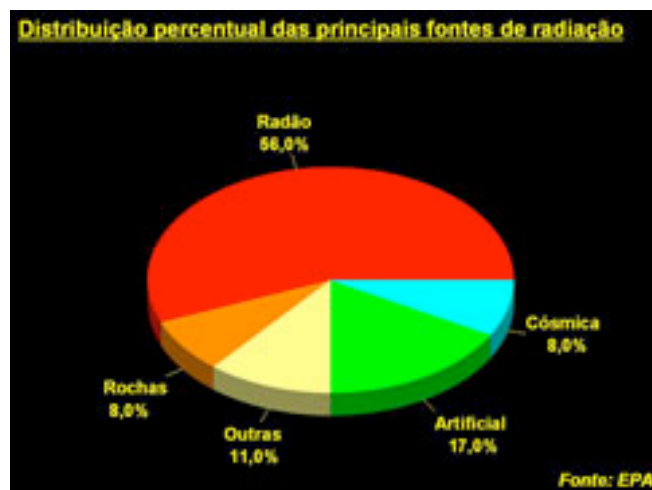


Fig. 7 – Distribuição percentual das principais fontes de radiação em Portugal.
 Fonte: <http://www.uc.pt/cienterra/lrn/rn.html>

1.3.3. Alimentação

As substâncias radioactivas que se encontram na crosta terrestre são absorvidas por animais e plantas e dissolvem-se na água. Praticamente todos os alimentos contêm potássio e parte deste é naturalmente radioactivo devido à presença do radionuclídeo natural ^{40}K . Por este motivo, tudo o que comemos e bebemos é ligeiramente radioactivo.

Através da ingestão de alimentos, o nosso corpo vai adquirir radionuclídeos. Os radionuclídeos originam a emissão de radiação ionizante, incluindo as partículas alfa (núcleos de hélio), beta (electrões) e gama.

O potássio 40 (^{40}K), o carbono 14 (^{14}C) e o estrôncio 90 (^{90}Sr), são exemplos de núcleos radioactivos que existem em pequenas quantidades no organismo humano, provenientes da alimentação.

O potássio 40 é a fonte principal de radiação, cuja média anual está entre 100 e 1000 microsievverts. Há cerca de 50 Bq de ^{40}K num litro de leite e 2000 Bq num quilograma de amendoins. Um adulto contém 145 g de potássio que inclui 5000 Bq de potássio 40. A esta

fonte de radiação interna não podemos escapar, pois o potássio é um elemento essencial na nossa alimentação [4,6].

1.3.4. Radiação Gama

A radiação gama (γ) consiste na emissão de fótons quando um núclido excitado atinge um estado de menor energia. Os fótons emitidos possuem geralmente energias elevadas ($E > 10$ keV). A radiação γ é o equivalente, a nível nuclear, da radiação visível produzida pelos electrões no átomo, quando passam de um estado excitado para um estado de menor energia. No caso do núcleo, a diferença de energia entre os estados quânticos dos prótons e neutrões é muito mais elevada, produzindo radiação de frequência muito maior quando uma dessas partículas passa de um estado excitado para um estado de menor energia.

A radiação γ provém dos solos e das rochas naturalmente radioactivas, umas mais do que outras. A intensidade radioactiva das rochas graníticas é bastante elevada, situando-se a dose média anual entre 100 a 1000 microsievverts¹² [6].

1.3.5. Equipamentos Médicos e indústria Nuclear

Alguns da radiação ambiental tem origem nos materiais radioactivos eliminados na indústria de produtos nucleares, nas instituições de investigação nuclear e nos resíduos eliminados nos hospitais. Nas décadas de 1950 e 1960, a radiação ambiental teve valores mais elevados do que o normal devido à realização de testes de armas nucleares.

As aplicações médicas constituem, hoje em dia, a fonte mais importante da exposição a radiações artificiais na maior parte dos países desenvolvidos. Os diagnósticos de raios X são a forma mais comum de exposição. Contudo, também se recorre a substâncias radioactivas para estudar os processos somáticos e localização dos tumores para o tratamento do cancro.

Nos hospitais, os aparelhos de raios X e os materiais radioactivos são a origem principal das radiações recebidas pelas pessoas, podendo atingir milhares de microsievvert por ano. No tratamento de cancros com radiações a dose recebida pode ser milhares de vezes superior.

¹² ver Anexo I unidades de radiação

A exposição às radiações, devidas a estas práticas médicas, incide sobretudo sobre os próprios pacientes. No entanto, é possível que médicos, enfermeiros, técnicos de radiologia e outros técnicos hospitalares, que lidam com fontes radioactivas, também sejam irradiados¹³.

Na maioria dos casos, será fácil controlar as fontes de radiação artificial intervindo sobre estas. No entanto, deverá ter-se em conta o equilíbrio desejado. Por exemplo, não seria correcto reduzir as doses recebidas em exames de radiografia, pois tal procedimento resultaria numa perda de informação médica essencial [1,28,31].

Fonte	Dose (mSv)
Cósmica	0,26
Raios gama	0,35
Interna	0,30
Radão	1,3
Médica	0,37
Ocupacional	0,007
Produtos	0,0004
Descargas	0,0002
Total	2,6

Tabela: Dose média de radiação recebida pela população

Fonte: F. Rêgo, 2004

1.4. Séries radioactivas naturais

Os elementos químicos com número atómico igual ou superior a 84 são radioactivos, assim como o ${}_{43}\text{Tc}$ (tecnécio) e o ${}_{61}\text{Pm}$ (promécio). Estes elementos, Tc e Pm, e todos os de número atómico superior ao urânio são artificiais, pois têm vidas médias relativamente curtas.

Na natureza existem elementos radioactivos que realizam desintegrações sucessivas até que o núcleo atinja uma configuração estável. Após um decaimento, se o núcleo não possui, ainda, uma organização interna estável, o processo prossegue até atingir a configuração de equilíbrio.

¹³ Irradiação é a exposição de um objecto ou de um corpo à radiação.

Em cada decaimento, os núcleos emitem radiações dos tipos alfa, beta e/ou gama sendo o núcleo originado mais “organizado” que o núcleo anterior. Essas sequências de núcleos dão origem aos isótopos radioactivos naturais que pertencem a cada uma das séries ou famílias radioactivas seguintes.

Nas séries radioactivas naturais, todos os átomos participantes diferem por um múltiplo de 4 unidades de número de massa do elemento inicial, pois temos emissões de partículas α e β , podendo-se prever a que série pertence um dado nuclídeo.

Série do tório: série $4n$

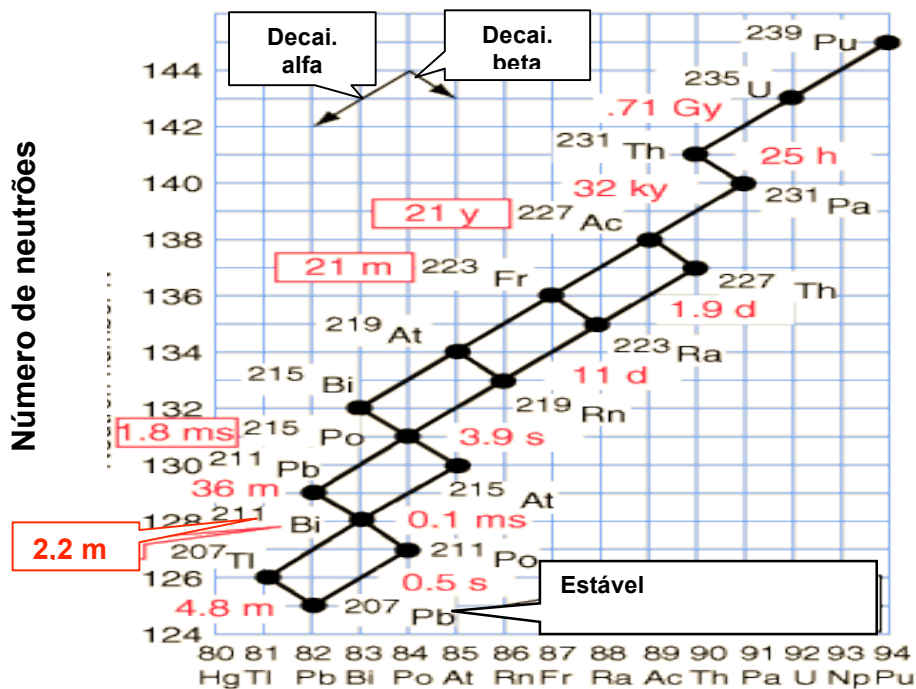
Série do Urânio: série $4n+2$

Série do actínio: $4n+3$

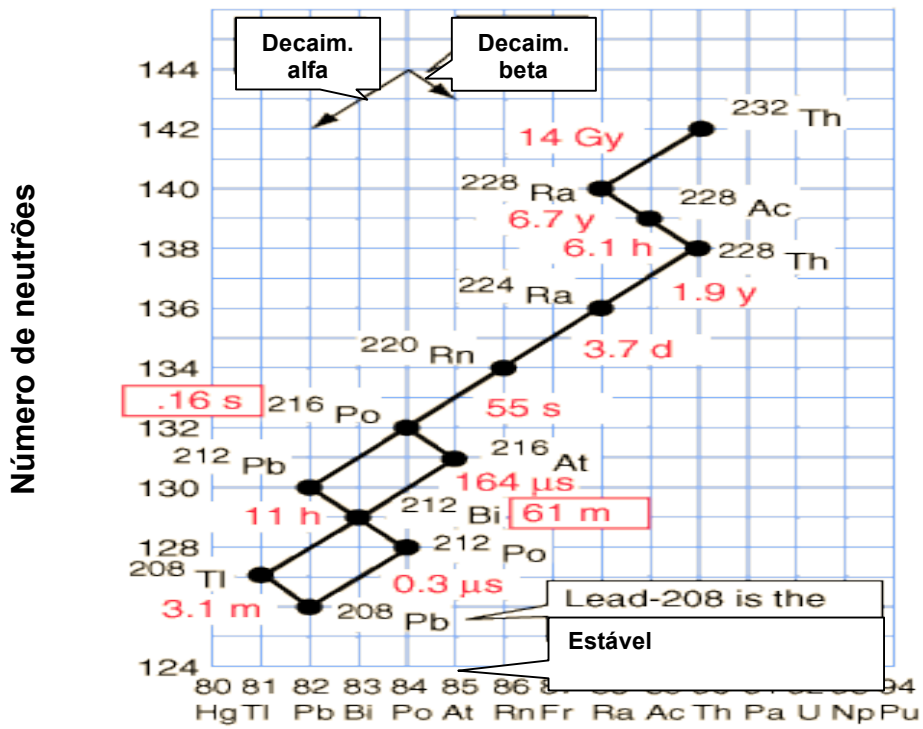
Alguns elementos radioactivos têm meia-vida muito longa, como por exemplo, os elementos iniciais de cada série radioactiva natural. Por essa razão, há uma percentagem tão baixa de urânio-235 em relação à de urânio-238. Como a meia-vida do urânio-235 é de 713 milhões de anos e a do urânio-238 é de $4,5 \times 10^9$ anos, o urânio-235 decai muito mais rapidamente e, portanto, é muito mais “consumido” que o urânio-238.

Analisando a série radioactiva do Neptúnio verifica-se que a meia-vida é 2,3 milhões de anos. Em virtude de decair muito rapidamente, em relação à idade da Terra, actualmente não existe a série do Neptúnio na natureza [3,15,16].

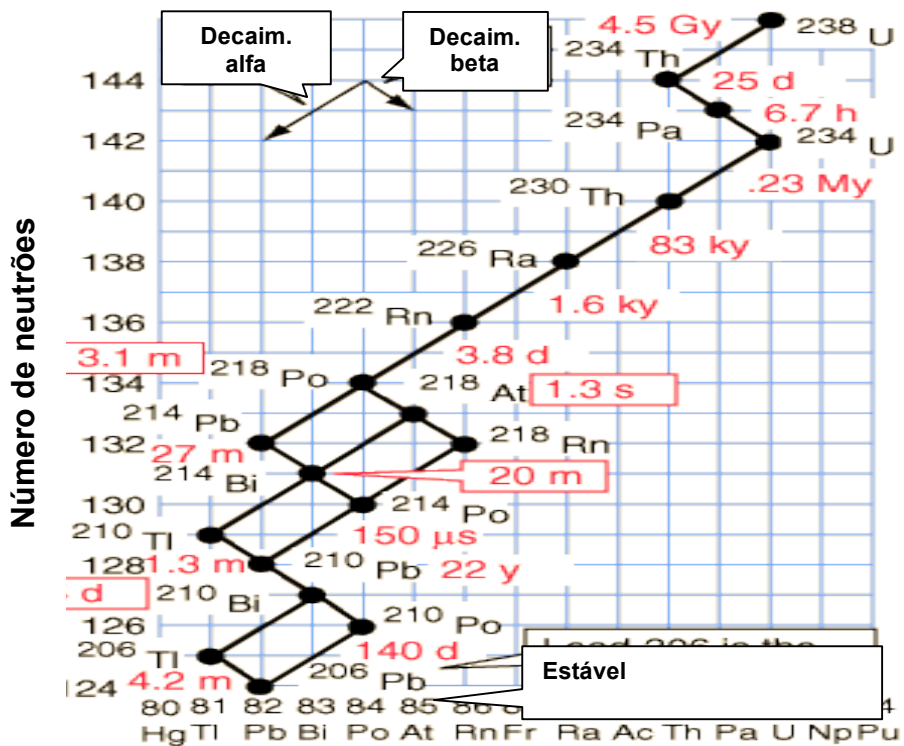
Série radioactiva do actínio



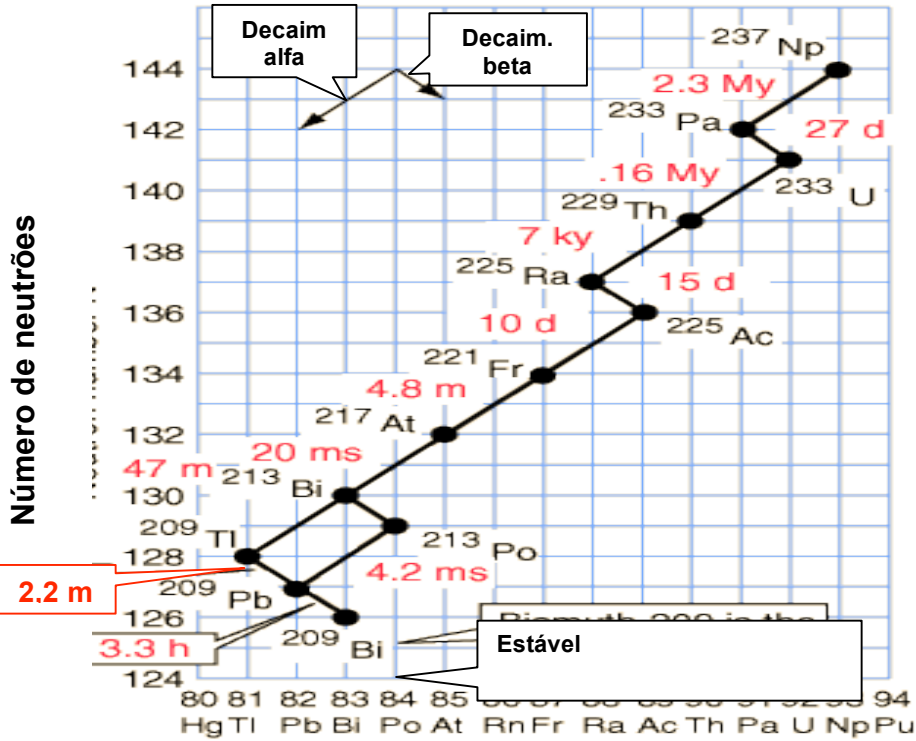
Série radioactiva do tório



Série radioactiva do Urânio



Série radioactiva do Neptúnio



Fonte: hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/.../radser.html

1.5. Radiação ionizante

As radiações alfa, beta, gama, ultravioleta e os raios X têm elevada energia quando comparadas com as restantes radiações do espectro electromagnético. Quando estas radiações ou as partículas de alta energia resultantes da actividade de isótopos radioactivos¹⁴ colidem com alguns electrões dos átomos de uma substância, os electrões vencem a atracção do núcleo e libertam-se deste, originando a formação de iões. Por este motivo, estas radiações são designadas de radiações ionizantes.

¹⁴ É um isótopo de um determinado elemento cujo núcleo se desintegra espontaneamente emitindo partículas e radiação electromagnética.

Este efeito faz-se sentir, quer na matéria inanimada, quer nos seres vivos, podendo provocar danos irreparáveis a nível celular. No entanto, pode também ser usada com benefício para o homem no diagnóstico e tratamento de diversas doenças.

O fenómeno da radioactividade foi descoberto pelo físico francês Henri Becquerel, em 1896. Becquerel realizou diversos estudos e verificou que sais de urânio emitiam radiação semelhante à dos raios-X, capazes de impressionar chapas fotográficas.



Fig. 8 – Henri Becquerel e Marie Curie

Fonte: <http://holvoet.free.fr/Voyage/history>

Em 1898, o casal Curie isolou um novo elemento capaz de emitir radiação, a partir de pecheblenda.¹⁵ A este novo elemento foi dado o nome de polónio, uma vez que Marie Curie era de origem polaca. Continuando o seu estudo, Pierre e M.^{me} Curie isolaram uma pequena quantidade de um elemento, ainda mais radioactivo, que foi designado de rádio devido à grande intensidade de radiação emitida.

O termo radioactivo foi criado por M.^{me} Curie para descrever substâncias nas quais os núcleos dos átomos são instáveis e podem alterar-se espontaneamente ou desintegrar-se, passando a constituir núcleos diferentes, emitindo radiações à medida que este processo se desenvolve.

A radioactividade consiste na transformação de um núcleo atómico acompanhada da emissão de partículas ou de radiação electromagnética. A este processo também se chama decaimento. O núcleo resultante pode ser estável ou pode continuar a ser radioactivo.

Apesar de terem sido descobertos diversos elementos radioactivos, só em 1910, fruto das experiências de Ernest Rutherford, se entendeu a verdadeira natureza das emissões radioactivas. Pela análise dos resultados das suas experiências, Rutherford chegou à conclusão que os elementos radioactivos se transformam espontaneamente em

¹⁵ Minério que contém urânio.

elementos diferentes, emitindo radiação que, por vezes é capaz de atravessar sólidos, líquidos e gases [36].

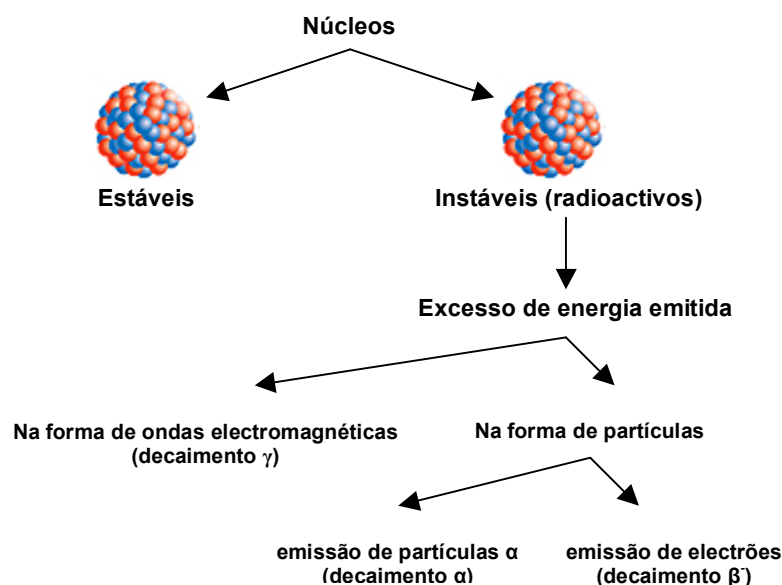


Fig. 9 – Emissão das diferentes radiações pela desintegração de um núcleo.

1.5.1. Tipos de radiação ionizante

Em 1910, Rutherford ao tentar conhecer mais profundamente a natureza da radiação descobriu que os núcleos dos isótopos radioactivos, ao desintegrarem-se, podem emitir três tipos de radiação: alfa (α), beta(β) e gama(γ).

Rutherford colocou uma pequena amostra de rádio num orifício feito num bloco de chumbo e fez passar a radiação emitida pela amostra entre duas placas electricamente carregadas. Colocou também uma chapa fotográfica perpendicularmente ao feixe emitido e após atravessar o campo eléctrico, verificou que parte da radiação era desviada para a placa positiva, outra parte era desviada para a placa negativa e a restante não sofria qualquer desvio.

Concluiu, assim que, o feixe emitido pela fonte era constituído por partículas de carga positiva que designou por radiação α , partículas de carga negativa que designou de radiação β e partículas sem carga que designou por radiação γ .

As partículas que constituem a radiação α são formadas por dois protões e dois neutrões, ou seja, são núcleos de hélio (${}^4_2\text{He}$). Os núcleos de hélio, emitidos a alta

velocidade, ao chocarem com os electrões de um determinado átomo da substância que atravessam provocam a sua ionização. Como a massa da partícula α é muito maior que a massa do electrão, esta radiação tem um elevado poder ionizante. No entanto, é pouco penetrante pois após os choques as partículas α capturam electrões formando átomos de hélio.

A radiação α é pouco penetrante, impede-se a sua passagem com uma simples folha de papel. No entanto, quando penetra na célula, os iões formados, altamente reactivos, podem provocar reacções químicas que alteram o mecanismo de divisão celular.

As partículas que constituem a radiação β são electrões (e^-). Os electrões constituintes da radiação β são emitidos a velocidades próximas da velocidade da luz. Os electrões, sendo partículas muito mais leves que as partículas α , têm um poder ionizante menor, mas um poder penetrante maior pelo facto de ser menor a probabilidade de chocarem com os electrões dos átomos da substância que atravessam.

As radiações β não são absorvidas por uma folha de papel como as partículas α , mas uma placa de chumbo com 1 mm de espessura é suficiente para impedir a sua passagem (Fig.10).

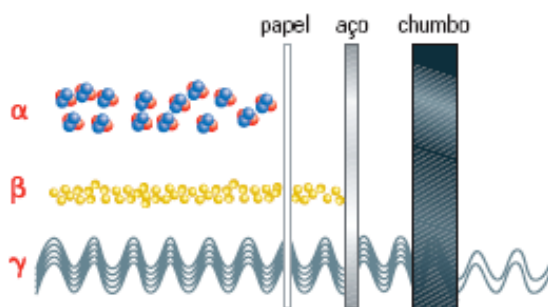


Fig.10 – Representação esquemática dos diferentes poderes de penetração das radiações α , β e γ .

Fonte: www.projectos.TE.pt

A radiação γ , radiação electromagnética de pequeno comprimento de onda, é muito mais penetrante. No entanto, a “densidade de ionização” resultante é baixa quando comparada com a radiação α . Alguma radiação γ consegue atravessar uma placa de chumbo de 15 cm de espessura.

As partículas α e β são desviadas num campo magnético mas não a radiação γ (Fig.11). As partículas α são ligeiramente deflectidas por um campo magnético por terem carga e grande massa. As partículas β^- são fortemente deflectidas por um campo magnético

por terem carga mas pequena massa. Quanto às radiações γ não são deflectidas pelo campo magnético por serem partículas electricamente neutras [15,16].

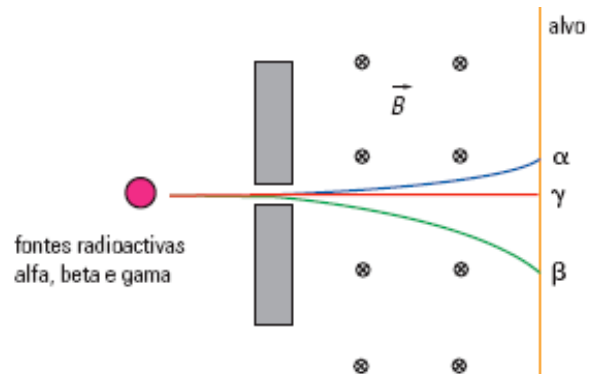


Fig.11 - Característica dos decaimentos α , β e γ .
 Fonte: www.projectos.TE.pt

1.6. Decaimento radioactivo

O decaimento radioactivo consiste na transformação de um núcleo de um átomo radioactivo de determinado elemento num núcleo de um outro elemento, com emissão de radiação. Os núcleos dos átomos radioactivos podem, assim, sofrer decaimentos α , β e γ . Hoje em dia conhecem-se outros tipos de emissões radioactivas, como por exemplo, captura electrónica, emissão de neutrões, de protões, etc.

1.6.1. Decaimento alfa (α)

A emissão alfa ocorre principalmente com isótopos instáveis de elementos de grande massa atómica, originando um isótopo de um outro elemento.

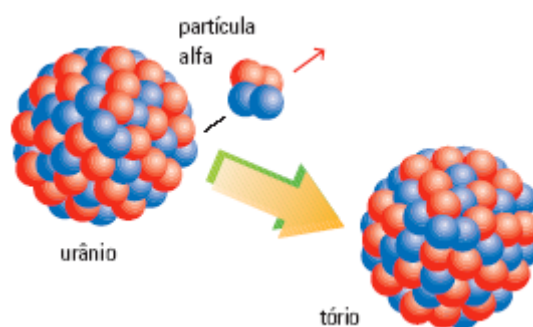


Fig.12 - Processo de emissão alfa (${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$)

Fonte: www.projectos.TE.pt

Neste decaimento, um núcleo perde dois prótons e dois neutrões (partícula alfa ou núcleo de átomo de hélio) (Fig. 12). O número de massa diminui de quatro unidades e o número atómico de duas. Como a massa do núcleo original é maior do que a soma das massa dos produtos de decaimento e esta diferença é grande, a energia com que as partículas α são libertadas é bastante elevada [4,11,16].

1.6.2. Decaimento beta (β)

O decaimento β ocorre em núcleos que possuem um número excessivo ou insuficiente de neutrões para serem estáveis.

No **decaimento β^-** o número de massa mantém-se, mas o número atómico aumenta de uma unidade. Neste processo há emissão de um electrão e de um antineutrino¹⁶. Este electrão provém do núcleo e não dos electrões à volta do núcleo. O exemplo mais simples do decaimento β^- é um neutrão livre decair num próton e num electrão. A energia do decaimento é 0,782 MeV que, pela fórmula de Einstein, se relaciona com a diferença de massa entre a soma das massas do neutrão e do próton.

No decaimento β^+ a emissão de um positrão¹⁷ é acompanhada da emissão de um neutrino¹⁸. Um isótopo instável, com défice de neutrões, transforma-se noutra núcleo com o mesmo número de massa, mas o número atómico diminui de uma unidade [4,11,16].

¹⁶ O neutrino e o antineutrino não têm carga eléctrica e a sua massa é extremamente pequena.

¹⁷ Partícula em tudo semelhante ao electrão, excepto na sua carga eléctrica que é positiva.

Estas partículas foram previstas teoricamente nos anos vinte do séc. XX, mas só mais tarde foram descobertas experimentalmente.

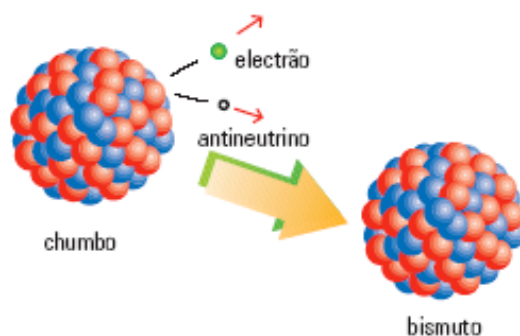
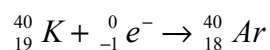


Fig.13 – Processo de emissão β^- (${}^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{210}_{83}\text{Bi} + e^- + \bar{\nu}$)

Fonte: www.projectos.TE.pt

1.6.3. Captura electrónica

Um electrão atómico é absorvido pelo núcleo resultando um novo núcleo com número atómico diminuído de uma unidade e a emissão de um neutrino. Esta captura provoca a transformação de um protão num neutrão. Um exemplo desta reacção nuclear é o decaimento do potásio-40.



Quando o núcleo capta o electrão de uma orbital interna, outro electrão mais externo vai ocupar o lugar vago, havendo emissão de um fotão de raios X [11].

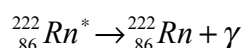
1.6.4. Emissão de neutrão

A emissão de neutrões está frequentemente associada com a cisão nuclear. Os neutrões como não possuem carga eléctrica quando se aproximam da superfície nuclear não sofrem repulsão podendo penetrar e interagir com os núcleos. A fissão ocorre quando um núcleo instável de massa elevada se divide em dois núcleos de menor massa. O núcleo é excitado pela captura de um neutrão, o que faz com que ele se divida em dois núcleos de menor massa e vários neutrões. A quantidade de energia libertada, por cada núcleo que sofre cisão é muito elevada quando comparada com as quantidades de energia envolvida nos decaimentos α e β [11].

¹⁸ O neutrino só foi descoberto experimentalmente em 1955 apesar da sua existência ter sido prevista cerca de vinte e cinco anos antes!

1.6.5. Decaimento gama (γ)

A emissão gama acompanha normalmente os outros tipos de decaimentos α e β . Neste decaimento não há alteração nem do número de massa nem do número atómico. O núcleo passa de um estado de energia mais alta para um de energia mais baixa por emissão de raio gama. Este processo é parecido com o que ocorre num átomo quando passa de um estado excitado para o fundamental, emitindo um fóton. Um exemplo de um decaimento gama é o radão [4,11].



1.7. Lei do decaimento radioactivo

A ocorrência de um processo de decaimento de um núcleo é perfeitamente aleatória. O decaimento radioactivo é um processo aleatório, pois não se consegue saber quando um certo núcleo radioactivo se vai desintegrar.

À medida que o tempo passa, o número de núcleos radioactivos presentes numa amostra vai diminuindo. A actividade de uma fonte radioactiva é o número de desintegrações que podem ocorrer por segundo. Verifica-se experimentalmente que a actividade de uma amostra radioactiva é proporcional ao número de núcleos existentes na amostra num dado instante:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

N designa o número de núcleos instáveis e λ a constante de decaimento, característica da substância, que representa a probabilidade, por unidade de tempo, de ocorrência de um certo processo radioactivo num dado núcleo. O produto λN indica o número de desintegrações por unidade de tempo.

Integrando a equação anterior em ordem ao tempo obtém-se:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

A equação traduz a evolução temporal do número de núcleos instáveis presentes numa fonte radioactiva, independentemente do processo de desintegração. N_0 indica o número de núcleos instáveis presentes na fonte no instante inicial. Tanto o número de núcleos como a actividade da amostra radioactiva diminuem pois exponencialmente.

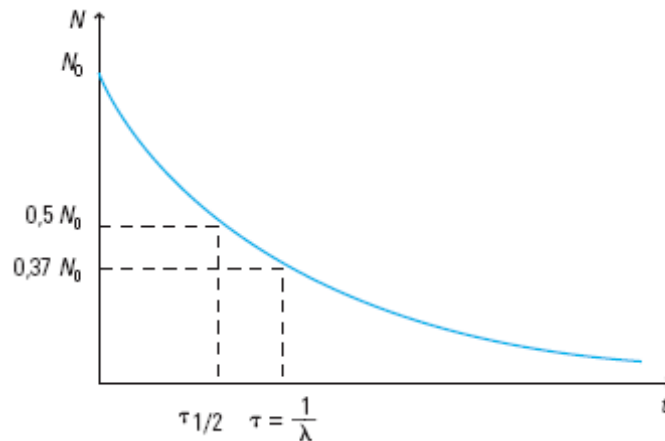


Fig.14 – Lei do Decaimento Radioactivo
 Fonte: www.projectos.TE.pt

O tempo de meia-vida, $T_{1/2}$, ou período de semi-desintegração de um radioisótopo é o tempo que metade dos componentes da amostra leva a desintegrar-se. Como para $t = T_{1/2}$ se tem $N = \frac{N_0}{2}$, da lei do decaimento vem:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

O tempo médio de vida, τ , é o inverso da constante de decaimento. Uma constante de decaimento elevada significa um tempo médio de vida curto.

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

então:

$$T_{1/2} = \tau \ln 2$$

Fazendo $t = \tau$ na lei do decaimento radioactivo vem:

$$N(\tau) = \frac{N_0}{e} \approx 0,37 N_0$$

O tempo médio de vida é pois o tempo que a amostra radioactiva leva a reduzir-se a $\frac{1}{e}$ da sua composição inicial [3,4,11,16].

Os tempos de meia-vida podem ser diversos, desde centenas de milhares de anos até pequeníssimas fracções de segundo e são essenciais na escolha dos núcleos radioactivos para aplicações práticas. Por exemplo, o iodo-131, utilizado na terapia da tiróide, possui tempo de meia-vida de oito dias. Decorridos oito dias a sua actividade será reduzida a metade. Passados mais oito dias, será um quarto da actividade inicial e assim sucessivamente. Após 80 dias a sua actividade será 1000 vezes menor. Isto é, depois de n períodos de decaimentos, a taxa de decaimento será:

$$R = \left(\frac{1}{2}\right)^n R_0$$

1.8. Efeitos biológicos da radiação emitida pelos materiais radioactivos

O efeito de uma determinada radiação ionizante depende do ser vivo. Assim, é importante conhecer a dose de radiação que é absorvida.¹⁹ A radiação ao penetrar numa determinada massa de células pode transferir-lhe a sua energia, provocando a ionização dos átomos e moléculas que a constituem.

A ionização de moléculas existentes nas células do corpo humano dá origem à formação de iões que podem ser fortemente reactivos, reagindo com moléculas muito importantes como são, por exemplo, as moléculas de ADN do núcleo das células, que contêm a informação genética, isto é, informação sobre a construção de moléculas essenciais à vida. A destruição das moléculas de DNA pode, por sua vez, conduzir à morte das células ou provocar nestas mutações, com consequências tão graves como a reprodução descontrolada de células cancerígenas ou, ainda, provocar doenças hereditárias.

¹⁹ A unidade do sistema internacional é o gray (Gy) e corresponde à energia de radiação absorvida por kg de tecido vivo.



Fig.15 – ADN

Fonte: <http://www.iesmariademolina.org>

O efeito que uma determinada radiação pode provocar num ser vivo não depende apenas da quantidade de energia que é transferida, ou seja, da dose de radiação absorvida, mas também do tipo de radiação, isto é, da forma como tal energia se distribui nos tecidos. De facto, as radiações β e γ têm fraco poder ionizante, enquanto a radiação α , quando é absorvida, gera uma enorme quantidade de iões por unidade de massa.

A dose equivalente, que mede os efeitos da radiação no organismo humano, exprime-se em sievert (Sv)²⁰.

Os efeitos da radiação dependem também dos tecidos que são irradiados e da duração da exposição. A sensibilidade às radiações não é igual para todos os tecidos do nosso corpo, isto é, os danos que uma determinada dose de radiação pode provocar não são iguais para todos os órgãos. Os órgãos reprodutores são os mais sensíveis, enquanto o estômago, o fígado e os rins são dos menos sensíveis.

O tempo de exposição também é importante. Se uma pessoa for exposta a uma dose de 2 Sv durante toda a vida, esta poderá não causar danos visíveis. Contudo, se esta mesma dose de radiação for absorvida num curto espaço de tempo pode até provocar a morte.

As radiações podem provocar efeitos a curto prazo ou agudos, observados ao fim de algumas horas, dias ou semanas, geralmente quando as doses de radiação são elevadas. Náuseas, vômitos, perda de apetite, queda de cabelo, febre, diarreias hemorragias dispersas são sintomas associados a doses fortes de radiação. Também podem provocar efeitos a longo prazo, com mutações genéticas que afectam gerações futuras, embora tal perigo seja bastante menor do que é por vezes referido. Com base na análise das populações japonesas afectadas pela radiação das duas bombas lançadas sobre Hiroshima

²⁰ O sievert é uma unidade que tem em conta a quantidade de energia absorvida e a eficácia biológica dos diversos tipos de radiação. (ver Anexo I)

e Nagasaki, sabe-se hoje que os efeitos genéticos devidos à radiação são bastante raros. Os genes têm grande capacidade de reparação e o próprio processo de reprodução do ser humano só é bem sucedido se não houver problemas graves no embrião.

Dose equivalente (Sv)	Efeitos da exposição aguda
> 10	Morte
7	90% de mortalidade no espaço de meses
6	Diarreias, vómitos, dores de cabeça, alterações do sistema imunitário e morte a longo prazo.
2 a 5	Efeitos agudos: diarreias e vómitos. Efeitos a longo prazo: Lesões na medula, no sistema imunitário e alterações genéticas.
0,5 a 2	Perturbações digestivas ligeiras, queda de cabelo, fadiga, esterilidade permanente nas mulheres e temporária nos homens.

Tabela:3 – Efeito da exposição às radiações.

Fonte: M. Mendes, 2002

A Comissão Internacional de Protecção Radioactiva conclui que o factor de risco total de morte por cancro induzido por radiação é de cerca de 1 em 100 por sievert de radiação absorvida. Pensa-se que o risco de alteração genética produzindo doença hereditária nas duas primeiras gerações depois da exposição de um dos progenitores à radiação é também de cerca de 1 em 100 por sievert e que o risco adicional para as gerações seguintes é semelhante. [1]

É possível controlar diversos tipos de lesões limitando o tempo a que os indivíduos são expostos à radiação. As pessoas que, por inerência das suas profissões, estão expostas à radiação devem ser cuidadosamente vigiadas a fim de garantir que essa exposição não excede os limites considerados seguros e que o total dos períodos de exposição se mantém abaixo da dose-limiar. Devem ser protegidos os órgãos reprodutores de pessoas jovens e/ou em idade fértil submetidas a raios x ou a radioterapia.

Segundo a legislação em vigor em Portugal, o limite máximo de radiação recomendado para pessoas que estão expostas a actividades de isótopos radioactivos é 0,05 Sv. No que respeita à dose total de radiação recebida, uma directiva europeia já transposta para a legislação nacional (96/29/Euratom), aplicável a locais de trabalho susceptíveis de

conterem elevados níveis de radiação fixa em 20 mSv por ano a dose máxima de radiação ionizante para trabalhadores e em 1 mSv a dose máxima para a população em geral [5,16, 24,27,28,29,30].

1.9. Benefícios do uso da radioactividade

Os isótopos radioactivos, quer naturais quer artificiais, apresentam grandes benefícios quando aplicados em diversas áreas, como a medicina, a arqueologia, a indústria e na produção de energia.

1.9.1. Utilização médica das radiações

As radiações emitidas por isótopos radioactivos podem ser usados como meio de diagnóstico de diversas doenças ou como meio terapêutico na destruição de tumores.

Os radioisótopos podem ser usados para a identificação e estudo de determinados órgãos e localização de tumores. Um isótopo radioactivo é injectado ou ingerido pelo doente, o seu percurso é seguido exteriormente através de dispositivos detectores de radiação. Uma vez que as radiações ionizantes α e β são fortemente absorvidas, é necessário que o isótopo utilizado emita radiação γ . Os mais utilizados são o iodo-123 (usado para verificar o funcionamento da tiróide, que possui tempo de semi-vida curto) e o tecnécio-99, por ser eliminado naturalmente. Por exemplo, os fotões γ emitidos pelo cobalto-60 são aplicados na destruição de células doentes, na terapia do cancro. As radiações γ emitidas por pequenas amostras injectadas de compostos de tecnécio-99, tálio-201, iodo-123 ou gálio-67 permitem obter imagens (cintigrafia) de partes do corpo humano, designadamente tumores onde aqueles compostos se acumulem.

A tomografia de emissão de positrões, PET, é uma técnica que permite ver o funcionamento dos órgãos e não apenas a sua estrutura, como noutras técnicas de tomografia (raiosX). Os emissores de positrões mais utilizados são o fluor-18, carbono-11, e o azoto-13 por possuírem tempo de semi-vida relativamente curto.

Num emissor β^+ , o próton em excesso decai produzindo um neutrão, um positrão e um neutrino. O positrão produzido no decaimento nuclear combina-se rapidamente com algum electrão dando origem a dois fotões, com energias iguais a 511 keV, que se deslocam em sentidos opostos. Este valor tem a ver com a pequena energia cinética do positrão e do electrão em comparação com a sua energia em repouso.

O dispositivo, dito tomógrafo PET, consegue determinar os pontos de interação e descobrir quando dois fótons foram produzidos num mesmo ponto e no mesmo instante. A reconstrução dos eventos de decaimento radioactivo permite determinar a localização do marcador radioactivo no corpo do paciente, dando informação sobre o funcionamento dos seus órgãos. O tratamento da informação fornecida pelos detectores, colocados num anel que envolve o doente, permite que se obtenha imagens e produzir um retrato do metabolismo do órgão examinado.

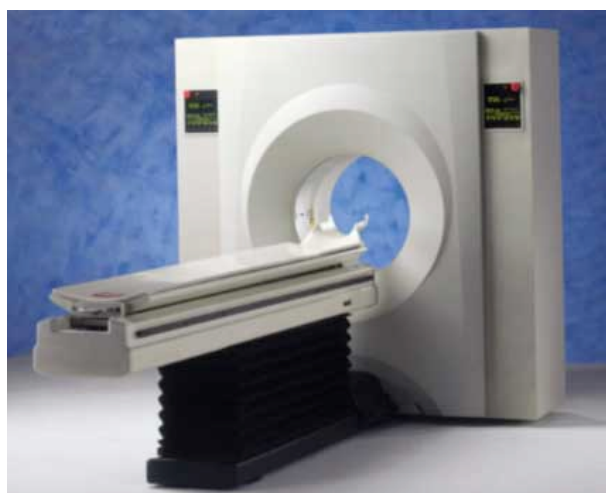


Fig.16 – Equipamento para tomografia de emissão de positrões.

Fonte:<http://www.radiologyinfo.org/>

A tomografia PET é particularmente útil para a detecção de cancros, doenças da artéria coronária e doenças cerebrais.

As radiações emitidas pelos radioisótopos são também usadas no tratamento de algumas doenças relacionadas com o cancro, por exemplo, na destruição de tumores localizados e na leucemia. As doses de radiação utilizadas são calculadas de forma a destruir os tecidos dos tumores provocando o mínimo de danos possível nos tecidos sãos que os rodeiam.

Os radioisótopos, em muitos casos fontes mistas intensas de ${}_{27}^{60}\text{Co}$, podem também ser usados na esterilização de seringas, agulhas, próteses, etc.

No futuro, a radiação produzida em aceleradores (radiação de sincrotrão) irá substituir, pelo menos em parte, as fontes tradicionais. A terapia com prótons e até com alguns núcleos leves tem vindo a ganhar uma importância crescente. A energia destas radiações tem a vantagem de se depositar numa região limitada, poupando os tecidos vizinhos [1,7,8,28,31].

1.9.2. Indústria e agricultura

Os isótopos radioactivos, como por exemplo o cobalto-60 e o irídio-192, são usados para detectar anomalias em órgãos de máquinas ou detectar fissuras em zonas de soldadura de peças importantes, como por exemplo nas paredes dos reactores nucleares. O processo é idêntico às radiografias obtidas por raios X.

A radiação γ é também utilizada na esterilização de produtos alimentares, para medir espessuras de papel, objectos de metal, etc.

Na agricultura usam-se marcadores radioactivos para estudar a acção dos adubos e pesticidas. Também se utilizam as radiações γ emitidas por radioisótopos para esterilizar alimentos evitando-se assim o uso de pesticidas tóxicos prejudiciais aos seres vivos e ao meio ambiente. Estas radiações matam as células reprodutoras dos insectos e fungos, mas não danificam os frutos nem acarretam consequências para quem os consome [6,7].

1.9.3. Investigação

Uma técnica relativamente recente de análise, análise por neutrões térmicos, utiliza uma fonte de neutrões de baixa energia que excita os núcleos dos átomos levando-os a emitir radiações γ . Como estas são características de cada tipo de núcleo podem, assim, identificar-se os elementos presentes numa amostra. Alguns aeroportos utilizam este método para detectar, designadamente, quantidades anormais do elemento azoto nas bagagens, sinal provável da presença de explosivos, e detecção de drogas. Este tipo de análise é também usado por cientistas da NASA e da ESA, na exploração espacial, para conhecer a composição de rochas na Lua ou em Marte.

1.9.4. Arqueologia e geologia

Certos núcleos radioactivos actuam como “relógios naturais” que podem ajudar a determinar a época em que, por exemplo, diversos depósitos de rochas se formaram. A desintegração do Urânio-238 ocorre por uma série de etapas, das quais a mais lenta tem um período de desintegração de $4,5 \times 10^9$ anos. Assim, medindo a proporção de chumbo-206 e urânio-238 numa amostra de dada rocha uranífera, pode calcular-se o tempo decorrido desde a sua formação.

A análise do teor em urânio e em chumbo nas mais velhas rochas da Terra, assim como dos meteoritos, permitiu estabelecer a idade da Terra (4,45 mil milhões de anos) e do Sistema Solar (4,55 mil milhões de anos).

Também na determinação da idade de fósseis se utilizam radioisótopos como o árgon-40 e o carbono-14.

O carbono-14 existe em certa percentagem, constante, no dióxido de carbono da atmosfera, sendo absorvido pelos tecidos vegetais, posteriormente, pelos tecidos animais. Por essa razão, todos os organismos vivos têm uma pequena quantidade de carbono-14.

Depois de um organismo morrer já não pode incorporar carbono-14, e o existente vai decaindo a uma taxa conhecida. Medindo a quantidade deste radioisótopo no fóssil e comparando-a com a quantidade normal nos tecidos vivos, pode saber-se o tempo que decorreu entre a morte do ser vivo e o tempo presente.

Também no estudo de processos biológicos o uso de radioisótopos permitiu progressos assinaláveis. As moléculas, como por exemplo o CO₂ (dióxido de carbono) e H₂O (água), são assimiladas pelos organismos vivos e esses “átomos marcados”, presentes nas moléculas, podem ser localizados nas células e nos tecidos, devido à sua radioactividade. É possível, assim, visualizar os processos bioquímicos celulares em que estes átomos intervêm, o que permite conhecer cada vez mais e melhor os mecanismos biológicos [7,8,10].

1.9.5. Produção de energia

Uma importante aplicação da energia nuclear é a produção de energia nos reactores nucleares. É possível produzir grandes quantidades de energia através de reacções nucleares. O calor produzidos nos reactores nucleares gera vapor de água que impulsiona um gerador produzindo energia eléctrica. A grande diferença relativamente às centrais termoeléctricas é que se produzem grandes quantidades de energia com pequenas quantidades de isótopos radioactivos sem emissão de gases de efeito estufa, embora com a acumulação duma quantidade não desprezável de resíduos radioactivos.

A produção de energia eléctrica nas centrais nucleares envolve a extracção e o tratamento do urânio, o funcionamento dos reactores, o transporte, o tratamento e remoção dos resíduos radioactivos.

Os níveis de radiação nas proximidades das centrais nucleares são controlados continuamente, e, em condições de funcionamento normal, estas actividades provocam emissões muito reduzidas de radiações e descargas muito pequenas de materiais

radioactivos para o ambiente. O problema está nos acidentes nucleares que podem ocorrer, quando não são respeitadas as regras de segurança, e na dificuldade da eliminação dos resíduos radioactivos.

O reactor nuclear é constituído por barras de combustível intercaladas com barras de controlo encerradas num contentor. As barras de combustível são cilindros que contêm o material que sofre fissão.²¹ Depois de um certo tempo de funcionamento, os produtos da reacção de fissão que absorvem os neutrões acumulam-se nas barras de combustível prejudicando a reacção em cadeia e as barras têm de ser substituídas.

Um grande problema que se coloca à indústria da produção nuclear de energia eléctrica é a do armazenamento seguro dos resíduos radioactivos. Os resíduos resultantes, que já não podem ser usados para a produção de energia, têm de ser armazenados, pois se fossem lançados livremente na Natureza representariam um perigo para a humanidade. Os lixos nucleares têm de ser colocados em contentores a grande profundidade e demoram muitíssimos anos a tornar-se inofensivos. Os custos de armazenamento são elevados e ainda não totalmente conhecidos.

Apesar disso, atendendo às grandes necessidades energéticas a nível mundial, resultante do crescimento demográfico e tecnológico, a energia nuclear deverá constituir uma alternativa para ultrapassar esta crise energética. A quantidade de energia obtida por fissão de 1 kg de urânio-235 é cerca de 2 milhões de vezes superior à que é obtida por combustão de 1 kg de carvão. Isto justifica a importância que é dada à produção de energia.

Ao contrário da fissão, que ocorre apenas em nuclídeos raros e “pesados”, a fusão ocorre em nuclídeos leves. As reacções de fusão nuclear libertam grande quantidade de energia, mas para se iniciarem necessitam de temperaturas da ordem de 100 milhões de graus celsius para ser ultrapassada a barreira de energia criada pela repulsão electrostática entre os núcleos. A essa temperatura a matéria encontra-se sob a forma de um plasma constituído essencialmente por núcleos e electrões.

A fusão²² nuclear parece ser uma fonte de energia promissora sendo um processo muito mais limpo que a fissão, pois não criará gases de efeito de estufa ou resíduos radioactivos de grande duração. Além disso, utiliza combustíveis baratos, quase inesgotáveis e não é necessário transportar material radioactivo de vida longa. Em termos de segurança, estas máquinas quando são desligadas param instantaneamente não havendo o perigo de se destruírem.

Mesmo com tantas vantagens, não há ainda hoje um único reactor nuclear a produzir energia por fusão nuclear. Apesar de haver conhecimento científico e técnico para projectar

²¹ Processo no qual um núcleo de massa elevada e instável se divide em dois outros núcleos de menor massa.

²² Processo no qual dois núcleos leves unem-se para formar um núcleo mais “pesado”

um reactor deste tipo, há dificuldades técnicas que ainda não foram resolvidas. O problema principal no desenvolvimento da fusão nuclear controlada é o armazenamento do plasma porque as temperaturas elevadíssimas provocariam a fusão de qualquer contentor sólido. Para a resolução deste utiliza-se um campo magnético para manter o plasma isolado do recipiente que o contém, como acontece nos reactores do tipo tokamak [16,17].

Muito em breve entrará em funcionamento o ITER²³, um importante reactor de fusão que servirá para investigação (Fig. 17). O ITER é um projecto internacional de pesquisa e desenvolvimento do conhecimento científico e técnico da fusão nuclear. Os actuais participantes do projecto são União Europeia, Japão, República Popular da China, Índia, República da Coreia, Federação Russa e Estados Unidos da América.

O objectivo da pesquisa é aproveitar a energia nuclear fornecida pela fusão para produzir energia eléctrica. Os cientistas pretendem obter os conhecimentos necessários para projectar e pôr em funcionamento a primeira central nuclear de fusão para produção de energia eléctrica.

Neste projecto, os investigadores estudarão os plasmas, nomeadamente os sistemas de reabastecimento e extracção, nas circunstâncias similares às esperadas numa central nuclear de fusão. Além disso, testarão os diversos sistemas de aquecimento, controlo, diagnóstico e manutenção remota, necessários para o funcionamento de uma central deste tipo.

Em 2005, os participantes do projecto decidiram implementar o reactor termonuclear experimental ITER em Cadarache, no sul de França. O início da construção está previsto para 2008 e estima-se que entrará em funcionamento até ao final da segunda década do Século XXI [34,35].

²³ International Thermonuclear Experimental Reactor

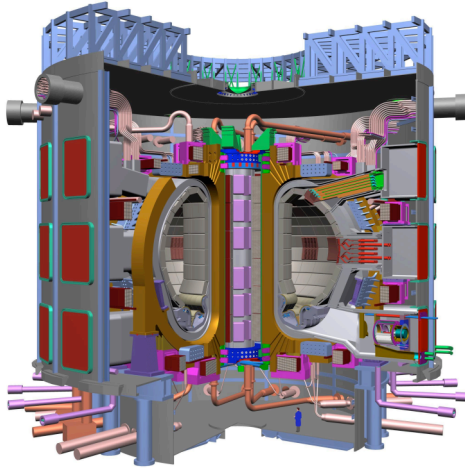


Fig.17 – Reactor de fusão nuclear

Fonte: www.iter.org

1.10. Interação da radiação ionizante com a matéria

A interação da radiação electromagnética com a matéria pode ocorrer por diversos processos. O processo que é dominante em cada situação depende da energia da radiação incidente e do material absorvedor. Quando a energia de radiação é baixa, predomina o efeito fotoelétrico. Quando a energia de radiação é muito superior à energia de ligação dos electrões aos núcleos, mas inferior a $2m_e c^2$, o efeito Compton prevalece sobre o efeito fotoelétrico. Quando a energia da radiação é superior a $2m_e c^2$, o processo mais provável é a produção de pares electrão-positrão.

Na interação da radiação electromagnética com a matéria, a probabilidade relativa de ocorrência de cada um dos três efeitos (efeito fotoelétrico, efeito de Compton e produção de pares) depende da frequência da radiação incidente, ou seja, da energia dos fótons que interactivam e do número atómico do elemento que sofre a interacção, tal como ilustra a figura 18 [16,18].

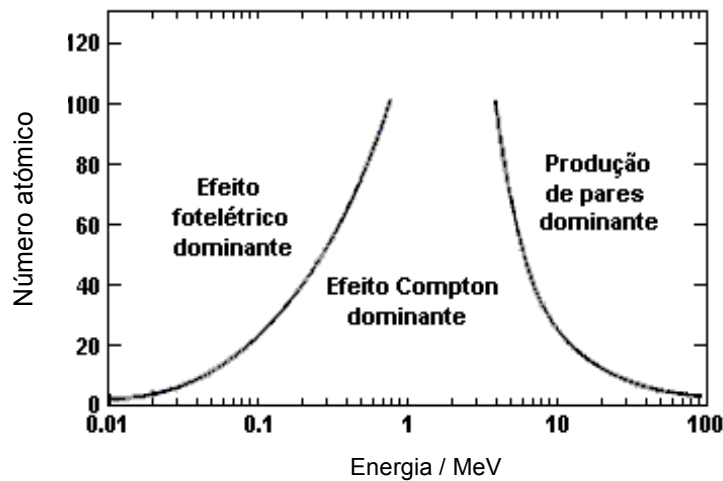


Fig.18 – Processos de interacção da radiação com a matéria.

Fonte: <http://server.fsc.ufsc.br>

1.10.1. Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico consiste na emissão de electrões da superfície de um metal quando incide uma radiação electromagnética com uma certa frequência. Quando um fóton atinge uma placa metálica, a sua energia, $h\nu$, é usada para ejectar um electrão. Para que tal seja possível, a energia do fóton incidente deve ser superior à quantidade de energia necessária para libertar o electrão da rede metálica. Para a maioria dos metais, a emissão de electrões só ocorre com radiação ultravioleta.

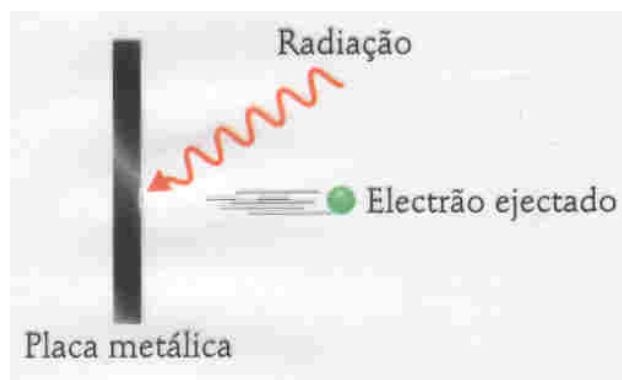


Fig.19 – Efeito fotoelétrico

Fonte: <http://form.ccems.pt>

Quando o electrão é ejectado, a lacuna na respectiva orbital, origina um átomo no estado excitado. A vaga pode ser preenchida por um electrão de uma orbital mais externa

(mais energética), com a emissão de energia ou também pode ocorrer a emissão de “electrões Auger”

Mesmo com radiação muito intensa pode não haver emissão de electrões. Ao contrário, com uma radiação menos intensa, mas de maior frequência há emissão de electrões. Há, assim, uma energia mínima de remoção (E_{rem}) que é característica de cada metal.

Se a energia do fotão for superior à energia de ligação o electrão será arrancado do metal saindo da sua superfície com uma certa energia cinética. A energia cinética resulta da diferença entre a energia cedida pelo fotão, $h\nu$, e a energia necessária para arrancar o electrão de condução mais energético do metal.

$$E_{cin} = E_{rad} - E_{rem}$$

ou

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2} m v^2$$

Verifica-se, assim, que para cada metal há um valor mínimo de frequência, ν_0 , abaixo do qual não é possível haver emissão de electrões por mais intenso que seja o feixe de radiação. Uma vez atingida a frequência limiar, ν_0 , quanto maior for a frequência da radiação incidente, maior será a energia cinética dos electrões emitidos.

Uma maior intensidade da radiação incidente significa um maior número de fotões. Portanto, o aumento da intensidade da radiação incidente não eleva a energia dos electrões ejectados, mas dá origem à libertação de maior número de electrões, todos de igual energia cinética.

A absorção selectiva dos fotões por efeito fotoeléctrico é responsável pela distinção de elementos de diferente número atómico, como por exemplo no osso ou nos tecidos moles, permitindo assim a obtenção de contraste radiológico.

O efeito fotoeléctrico tem muitas aplicações, por exemplo, na abertura automática de portas, em sistemas de alarme, nos geradores fotovoltaicos utilizados na produção de energia eléctrica, no controlo automático das luzes da rua, etc [4,8,11,18].

1.10.2. Efeito Compton

O efeito Compton consiste numa colisão elástica entre um fotão e um electrão de uma camada mais externa do átomo. O fotão incidente transfere para o electrão parte do seu momento linear e sai noutra direcção, com energia e momento linear menor do que antes.

Este efeito ocorre quando a energia do fóton incidente é muito superior à energia de ionização. A diferença entre o efeito fotoelétrico e o “espalhamento” de Compton tem a ver com a emissão. Enquanto no efeito Compton são emitidos um electrão e um fóton no efeito fotoelétrico apenas é emitido um electrão.

Quando estudava a dispersão de raios X por um bloco de grafite, Compton observou que os raios X, monocromáticos, que fazia incidir num bloco de grafite eram desviados em todas as direcções e mantinham o comprimento de onda. Contudo, uma fracção significativa da radiação incidente era também desviada em todas as direcções com um comprimento de onda maior, à excepção da direcção de incidência.

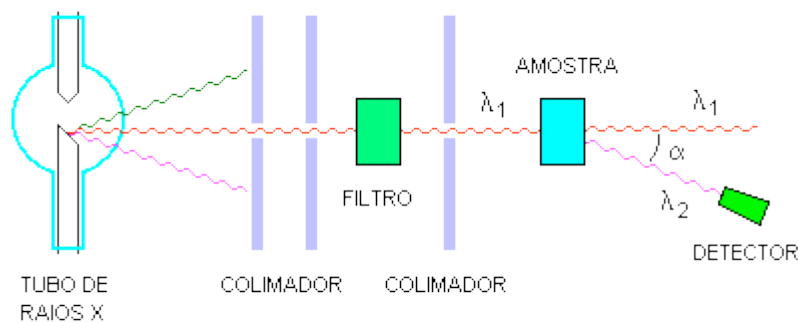


Fig.20 – Experiência de Compton

Fonte: <http://www.ufsm.br/gef/Fmod10.gif>

Compton entendeu que se o processo de espalhamento das ondas fosse motivado pela colisão entre um fóton e um electrão, haveria recuo do electrão e conseqüentemente absorção de energia. O fóton “espalhado” teria menos energia, logo menor frequência, do que o inicial.

Para determinar o momento linear e o comprimento de onda do fóton espalhado, Compton estudou a colisão entre o fóton e o electrão aplicando as leis da conservação do momento linear e da energia, bem como da teoria da relatividade restrita de Einstein. Obteve uma relação entre o comprimento de onda, λ_2 , da radiação dispersa e o ângulo de dispersão da radiação, α , que produzia perfeitamente os resultados experimentais.

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\alpha)$$

A variação do comprimento de onda $\Delta\lambda$ é independente do comprimento de onda da radiação incidente. Assim, a variação relativa do comprimento de onda, $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_1}$, é tanto maior quanto menor for o comprimento de onda da radiação incidente, por isso, o efeito Compton é mais facilmente observado com raios X do que com radiação menos energética. Compton

contribuiu decisivamente para que o conceito de fóton, proposto por Einstein para explicar o efeito fotoelétrico, fosse aceite pela comunidade científica [4,8,11,18].

1.10.3. Produção e aniquilação de pares

Quando um fóton de elevada energia atravessa um campo eléctrico intenso, normalmente perto de um núcleo atómico, pode converter-se num electrão e um positrão²⁴. A este fenómeno chama-se produção de pares, por dar origem a um par partícula-antipartícula.

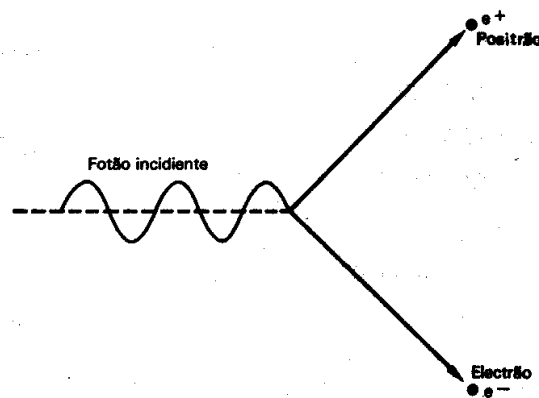


Fig. 21 – Produção de pares

Fonte: form.ccems.pt

O fenómeno constitui uma das provas mais convincentes da equivalência entre massa e energia, pois toda a energia do fóton incidente é transformada nas massas do electrão e do positrão e ainda nas respectivas energias cinéticas.

A produção de pares só é possível quando a energia do fóton for superior à da massa em repouso do par formado pelo electrão e positrão. Como o positrão e o electrão têm a mesma massa, a que corresponde a energia de 511 keV, a produção de pares só é possível para fótons de energia superior a $E = 2 m_e c^2 = 1,022 \text{ MeV}$. A energia mínima do fóton corresponde a criar o par de partículas em repouso está portanto na região da radiação gama [4,8,11,18].

O positrão é uma partícula estável se estiver isolada, mas devido à abundância de electrões na matéria, rapidamente se aniquila produzindo geralmente dois fótons. O destino

²⁴ O positrão é a anti-partícula do electrão, com igual massa e spin, mas com carga eléctrica de sinal contrário. O positrão foi descoberto por Carl Andersen em 1932 (ano da descoberta do neutrão) durante experiências sobre a interacção dos raios cósmicos com a matéria.

do positrão é a sua aniquilação devido ao desaparecimento de um par electrão - positrão com emissão de fotões, na região da radiação gama, altamente energéticos, segundo o esquema: $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$

1.11. Perspectiva histórica

A nossa sociedade mudou muito nas últimas dezenas de anos. Os meios de comunicação modernos, como por exemplo, a televisão, o telemóvel, e a Internet permitem que a informação chegue rapidamente a todo o lado. A Física das radiações esteve na base de todas estas comunicações. A rádio, a televisão os telemóveis, os controlos remotos, o GPS, etc., são tecnologias inventadas no século XX que fazem uso de ondas electromagnéticas.

No início, a comunicação por ondas electromagnéticas apenas se processava em código Morse. Depois dos trabalhos de Marconi, os sinais passaram a ser enviados de um lado para o outro sem fios. Em 1901, Marconi iniciou a era das comunicações a longa distância ao estabelecer a primeira ligação por ondas de rádio entre a Europa e a América do Norte.

No século XIX foram anunciadas várias descobertas. A título de exemplo destaco as levadas a cabo por Hertz e Rontgen.

Em 1886 Heinrich Hertz (1857-1894) caracterizou a radiação electromagnética dotada de grande comprimento de onda.

Em 1895, Wilhelm Rontgen verificou que, dos tubos de raios catódicos, que estava a utilizar nas suas experiências, eram emitidas radiações invisíveis. Estas radiações eram capazes de atravessar cartão, madeira e carne mas, não conseguiam atravessar, por exemplo, ossos e metais. Uma vez que a natureza e a origem dessas radiações era desconhecida, Rontgen designou-os de raios X. Outros cientistas também produziram essa radiação durante as suas experiências sem, porém a reconhecerem.

Durante muito tempo continuou-se a não ter grande conhecimento dos raios X contudo, passaram a ser utilizados a nível da medicina. Em dezembro de 1895, Röntgen tirou a primeira radiografia de uma das mãos da sua mulher.

A sua primeira comunicação sobre o assunto foi feita cerca de um ano depois, a 3 de Janeiro de 1897 e dois meses depois uma segunda não menos importante.

Curiosamente, a existência de radiações electromagnéticas com comprimentos de onda muito mais pequenos do que o da luz visível, por exemplo, a radiação X, tinha sido prevista por Herman Von Helmholtz na sua teoria da dispersão do espectro.

Este Físico, baseado na teoria do Campo Electromagnético e em trabalhos de Hertz, formulou que, *“as ondas electromagnéticas com comprimentos de onda maior que os da luz, as chamadas ondas Hertzianas ou ainda ondas rádio, não só viajavam com a sua velocidade como podiam também ser reflectidas, refractadas e de outras maneiras evidenciavam as suas propriedades”*. A existência da radiação X foi, de facto, demonstrada uns anos antes da sua descoberta!

A comunidade científica começa então a procurar outras substâncias que possuíssem a mesma propriedade e a tentar encontrar explicação para o fenómeno. Em 1898, Pierre e Marie curie²⁵ isolaram dois novos elementos radioactivos, o polónio e o rádio. Contudo só em 1910 foi estabelecida a natureza das radiações emitidas graças aos trabalhos de Ernest Rutherford e Frederick Soddy.

A radiação X começava a ser encarada como algo muito importante. A título de exemplo, refira-se que a rainha D. Amélia incentivou as suas damas a sujeitarem-se a radiografias para tomarem consciência dos malefícios que causavam, no seu corpo, os espartilhos apertados usados na época.

Embora a descoberta da radioactividade tenha sido extraordinariamente importante foi, contudo, pouco noticiada. Por exemplo, a descoberta do Rádio, consequência do trabalho de Becquerel, foi muito publicitada e popular enquanto que, a descoberta da radioactividade não mereceu a mesma atenção.

No nosso País, admite-se que terá sido Sousa Pinto o primeiro a dissertar sobre a descoberta da Radioactividade em 1902. Durante várias décadas, outros trabalhos de reconhecida qualidade foram desenvolvidos nomeadamente em Coimbra. Os trabalhos apresentados são bem elucidativos do grau de actualidade com que alguns assuntos da Física Moderna eram tratados em Coimbra.

Pouco tempo após a descoberta dos raios X, em 1896 Teixeira Bastos, Professor de Física da Universidade de Coimbra, obtém a primeira radiografia de que há conhecimento entre nós. Segundo registo da época, é utilizada numa aula uma radiografia da mão duma criança de dois anos que apresentava uma lesão tuberculosa óssea. Com este facto, na cidade de Coimbra, abre-se a porta da prática em Portugal à “Radiografia”.

Os desenvolvimentos nesta área não pararam e, hoje em dia, é muito difícil imaginar a nossa vida sem as condições que estas descobertas permitiram criar [17,32,33].

²⁵ Em 1902 o prémio Nobel da física foi atribuído ao casal Curie e a Henry Becquerel devido às descobertas realizadas.



Fig. 22 – Radiografias obtidas por Teixeira Bastos em 1896

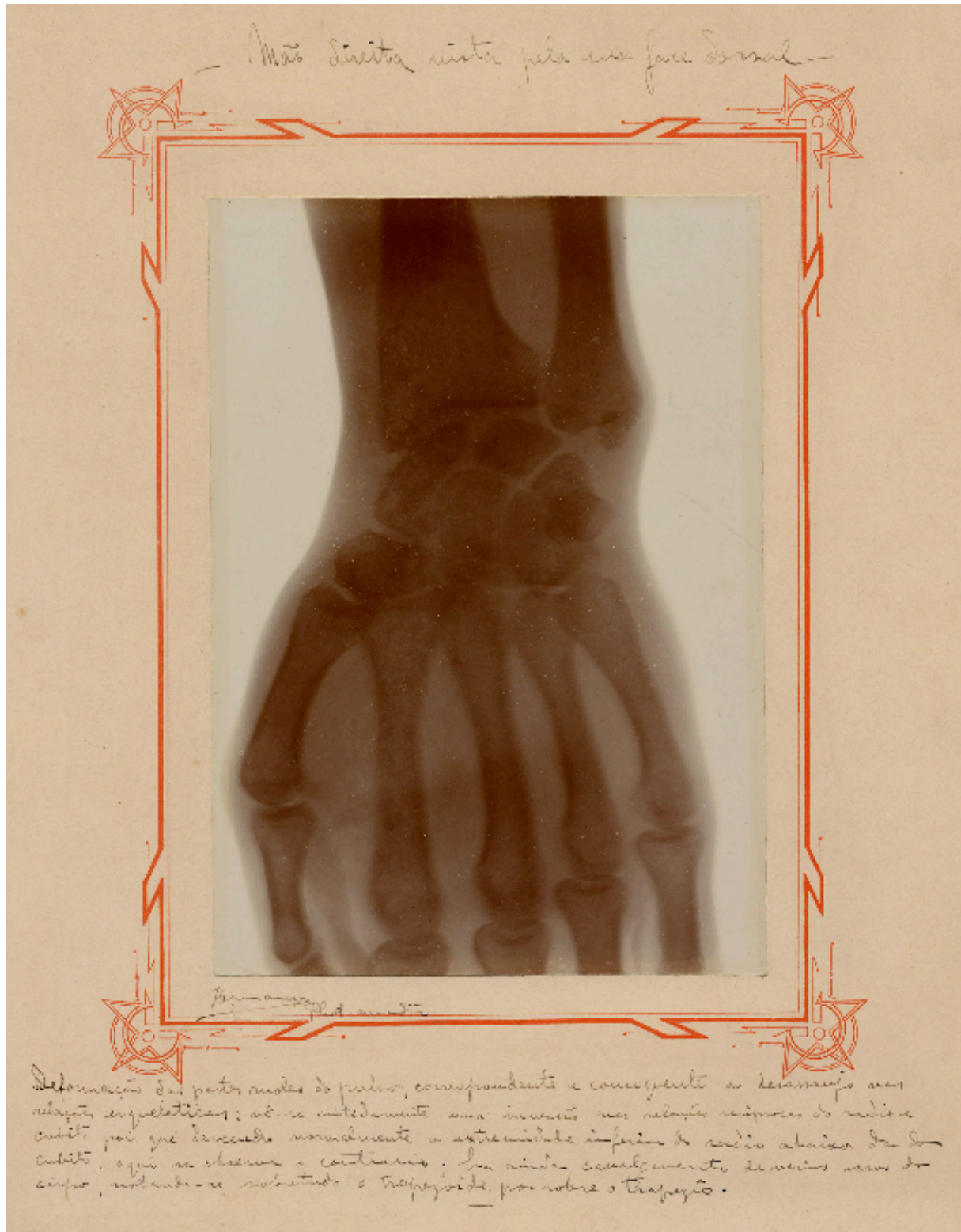


Fig. 23 – Diagnóstico dum problema ortopédico em 1896.

Material cedido pelo Museu de Física do Departamento de Física da faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.

Referências bibliográficas

- [1] **Enciclopédia de Medicina**, Selecções do Reader's Digest, Lisboa, 1996.
- [2] Hecht, Rugene (1991) **Óptics**, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa.
- [3] Kuckuck, T. (1993) **Física Nuclear**, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa.
- [4] Belo, A., Caldeira, H., Gomes, J. (2005) **Ontem e Hoje – 2ª parte**, Física 12º ano, Porto Editora, Porto.
- [5] Caldeira, C.; Valadares, J.; Neves, M.; Vicente, M.; Teodoro, V.; (2004) **Viver Melhor na Terra**, Didáctica Editora, Lisboa.
- [6] Caldeira, C., Valadares, J., Silva, L., Teodoro, V. (2000) Ciências Físico-Químicas **Física 9º Ano**, Didáctica Editora, Lisboa.
- [7] Dantas, M^a, Ramalho, M. (2005) **Jogo de Partículas – Química 12º Ano**, Texto Editores, Lisboa.
- [8] Maciel, N., Gradim, M^a, Campante, M^a, Villate, J. (2005) **Eu e a Física 12º ano – 2ª parte**, Porto Editora, Porto.
- [9] Simões, T., Queirós, M^a, Simões, M^a (2005) **Química em Contexto 10º ano**, Porto Editora.
- [10] Simões, T., Queirós, M^a, Simões, M^a (2005) **Química em Contexto – Combustíveis, energia e Ambiente - 12º ano**, Porto Editora.
- [11] Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C., Paixão, J. (2005) **12 F**, Texto Editores, Lisboa.
- [12] Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C., Paiva, J., Ferreira, A., **11 F_B** – 11º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2005.
- [13] Santos, Filipe (1998) **O Big Bang e as Forças fundamentais da Física – Colóquio Ciências**; Fundação Caloust Gulbenkian. Nº 22.
- [14] Barboza, A.; Cruz, C.; Graziani, M.; Lorenzetti, M.; Sabadini, E.; Ato em forno microondas, química Nova, vol.24, nº6, 901-904, 2001
<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n6/6802.pdf>
- [15] Hyperphysics, Department of physics and Astronomy, GeorgiaState University, 2005
hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/.../radser.html
- [16] Luiz Ferraz Netto, Leituras sobre Energia Atómica e Relatividade Restrita
<http://www.feiradeciencias.com.br>
- [17] Lysian Delva, Stéphane Holvoet, François Moreau, [Voyage au coeur de l'atome](#), Université de Marne la Vallée, 1997-1998
<http://holvoet.free.fr/Voyage/accueil.htm>
- [18] Silva, Nelson Canzian, Física das radiações, departamento de física – UFSC (Forianópolis)
<http://server.fsc.ufsc.br/~canzian/intrort/fig-schoque.html>
- [19] Curso astrofísica II, [Cosmología \(La radiación del fondo cósmico\)](#), [El universo temprano](#)
<http://www.astro.ugto.mx/cursos/astrofisicall>
- [20] Bertulani, Carlos; A temperatura do universo, Ensino da Física à distância

<http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/temperatura/universo/tmp.html>

[21] Fluorescência

<http://imaisd.usc.es.riaidt/raiosX/fluorescencia.html>

[22] Ressonância Magnética e Nuclear

<http://www.geocities.com/viena/choir/9201/espectrometria.htm>

[23] Radioactividade

<http://geocities.yahoo.com.br/chrisriosw/radioatividade.html>

[24] Neves, Luís; Pereira; Alcides; radioactividade natural e ordenamento do território: o contributo das Ciências da Terra Geonovas nº 18, pp. 103 a 114, 2004

<http://www.apgeologos.pt/pubs/geovanas/n-18/neves-pereira.pdf>

[25] A radioactividade natural, Departamento de ciências da terra – Universidade de coimbra

<http://www.uc.pt/cienterra/lrn/rn.html>

[26] Radão, um inquilino indesejável

<http://www.deco.proteste.pt/>

[27] Carvalho, Fernando; A radioactividade e os seres vivos; Instituto Tecnológico e Nuclear

<http://www.cienciaviva.pt/projectos/physics2003/palestrapavconhecimento.pdf>

[28] Radiação é Vida, Instituto superior Técnico (IST)

<http://cfif.ist.utl.pt/radvida/>

[29] Klein, Stanley; Efeitos biológicos da radiação

<http://inorgan221.iq.unesp.br/quimgeral/nuclear/nuclear8.html>

[30] Efeitos da radiação em seres vivos

<http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br/Bio.html>

[31] Nuclear Medicine, Radiological Society of North América

<http://www.radiologyinfo.org/photocat/photos.cfm>

[32] Brito, João; subsídios para a história da protecção contra radiações

<http://www.sppcr.online.pt>

[33] Mendes, Ricardo; Radiologia Técnica

<http://rikmendes.vilabol.uol.com.br/index.htm>

[34] ITER, “International Thermonuclear Experimental Reactor”

<http://www.iter.org/>

[35] ITER, “International Thermonuclear Experimental Reactor”

http://ec.europa.eu/research/leaflets/iter/article_3089_pt.html

[36] Prominent Poles, PolishWashington

<http://www.polishwashington.com/prominent-poles/maria.sklodowska-curie.htm>

Capítulo 2 – O que se lecciona nas escolas portuguesas

2.1. Introdução

Neste capítulo faz-se uma análise à forma como estão organizados os currículos da disciplina de Física e Química no terceiro ciclo do ensino básico e no ensino secundário. Inicia-se este capítulo dando a conhecer um conjunto de temas e conceitos, relacionados com radiações, abordados na disciplina referida, em vigor desde o ano lectivo de 2002/2003 – 3º ciclo do ensino básico e 2003/2004 – ensino secundário.

Seguidamente, para compreendermos a forma como estes temas e conteúdos são abordados, faz-se uma análise a alguns manuais escolares e alguns guias de professor.

Tenho plena consciência de que, o sucesso de qualquer revisão curricular depende dos seus actores principais alunos e professores. Assim, e por forma a obter informação sobre os docentes, como por exemplo, situação profissional, motivação, formação, práticas, etc elaborou-se um inquérito que foi aplicado depois de devidamente autorizado pelos respectivos Conselhos Executivos das escolas visitadas. Os resultados obtidos foram tratados e apresentados sobre a forma gráfica.

No final e após análise dos resultados obtidos são apresentadas algumas propostas visando a melhoria da qualidade do ensino básico e secundário.

2.2. Programas

Os programas actualmente em vigor, desde 2002/2003 (3º ciclo) e 2003/2004 (ensino secundário), pretendem cobrir um conjunto de temas e conceitos de Física e de Química importantes para a compreensão fenómenos naturais ou provocados, numa perspectiva de formação para a cidadania e para permitir escolha consciente de uma carreira futura ligada, ou não, a este estudo.

Com a selecção de conteúdos pretende-se sobretudo que os alunos compreendam a natureza dos fenómenos que lhe terão dado origem e a previsão da sua evolução segundo diversos cenários. Trata-se duma ferramenta importantíssima para a interpretação do mundo como hoje existe. Não se pretende um nível de especialização aprofundado, mas procura-se que os alunos alcancem um desenvolvimento intelectual e bases de conhecimento que permitam aceder, com a formação posterior adequada, a níveis de ensino mais avançados ou ao mercado de trabalho.

Em cada um dos anos o programa estrutura-se em unidades definidas segundo um tema abrangente com uma forte dimensão social.

Os novos currículos dão maior liberdade ao professor relativamente ao modo de abordar os assuntos. Esta liberdade permite ao professor inserir temas e conceitos sobre radiações e outras áreas de ensino. Porém, a formação inicial nesta área recebida por muitos docentes foi insuficiente. A formação contínua oferecida aos professores, nesta área, é insuficiente e praticamente inexistente. A oferta de acções de formação sobre este tema é reduzida e quando elas existem nem sempre há possibilidade da frequência das mesmas. Como consequência, os temas e conceitos além de serem abordados numa perspectiva errada são muitas vezes simplesmente desconhecidos dos docentes.

Na minha opinião a revisão curricular em curso deveria ter começado por preparar convenientemente os docentes. Além disso muitos docentes vivem actualmente situações de constrangimento em virtude da sua precária situação profissional e das condições oferecidas nos estabelecimentos de ensino. Estes factores, entre outros, levam à descrença no sistema educativo originando uma desmotivação colectiva. Só motivando os profissionais e dando-lhes as condições necessárias será possível levar a cabo uma reforma de sucesso. Se não alterarmos esta situação e continuarmos a implementar reformas sucessivas, sem a devida avaliação, não tiraremos delas os devidos proveitos.

2.2.1. 3º Ciclo do Ensino Básico

No 3º ciclo do Ensino Básico, o ensino das ciências está organizado em torno de quatro temas estruturantes [1].

- Terra no Espaço
- Terra em transformação

Unidade 2 – Energia

Fontes e formas de energia

Transferências de energia

- Sustentabilidade na Terra
- Viver melhor na Terra

Constituem áreas do currículo, para além das referidas áreas de carácter estritamente disciplinar, as de natureza transversal e integradora: a Área de Projecto, o Estudo Acompanhado e a Formação Cívica.

2.2.2. Ensino secundário

Unidades de Física e química respeitantes às radiações

2.2.2.1. Física e Química A - 10º Ano¹

(Data de Homologação 12/3/2001)

Unidade – Das estrelas ao átomo

Arquitectura do Universo

- Algumas reacções nucleares e suas aplicações
Fusão nuclear do hidrogénio e do hélio
Síntese nuclear do carbono e do oxigénio
- Fissão nuclear

Espectros, radiações e energia

- Emissão de radiação pelas estrelas – espectro de riscas de absorção
- Espectro electromagnético – radiações e energia
- Relação das cores do espectro do visível com a energia da radiação
- Aplicações tecnológicas da interacção radiação - matéria

Unidade – Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura

Interacção radiação – matéria

- Formação de iões na termosfera e na mesosfera
- A atmosfera como filtro de radiações solares
- Formação de radicais livres na estratosfera e na troposfera

O ozono na estratosfera

- O ozono como filtro protector da Terra

Unidade – Das fontes de energia ao utilizador

- Conservação da energia
- Calor, radiação trabalho e potência

¹ Entrou em vigor no ano lectivo de 2003/2004

UNIDADE – Do Sol ao aquecimento

Energia – do Sol para a Terra

- Balanço energético da Terra
- Emissão e absorção de radiação. Lei de Stefan – Boltzmann. Deslocamento de Wien
- A radiação solar na produção da energia eléctrica – painel fotovoltaico.

2.2.2.2. Física e Química A - 11º ANO²

(Data de Homologação Abril de 2003)

Unidade – Comunicações

Comunicação de informação a longas distâncias

- Transmissão de informação por radiação electromagnética
- Reflexão, refacção, reflexão total, absorção e difracção.
- Bandas de frequência para diferentes tipos de transmissão

2.2.2.3. Química 12º Ano³ (Data de Homologação 22/11/2004)

Unidade – Combustíveis, energia e Ambiente

Combustíveis alternativos e algumas alternativas aos combustíveis

- A energia nuclear

De onde vem a energia dos combustíveis

Equivalência massa-energia: um assunto nuclear

- Energia de ligação nuclear e estabilidade dos núcleos
- A estabilidade/instabilidade nuclear e o decaimento radioactivo
- Emissões radioactivas: partículas alfa e beta e radiações gama
- Período de decaimento ou tempo de meia vida
- Fontes naturais e artificiais de radioactividade
- Datação e radioactividade
- Medidores (detectores) de radioactividade
- Reacções nucleares: a fusão nuclear e a fissão (cisão) nuclear
- Equivalência massa-energia e as reacções nucleares

² Entrou em vigor no ano lectivo de 2004/2005

³ Entrou em vigor no ano lectivo de 2005/2006

2.2.2.4. Física 12º Ano⁴ (Data de Homologação 21/10/2004)

Unidade – Electricidade e magnetismo

Acção de campos magnéticos sobre cargas em movimento e correntes

- Espectrómetro de massa e ciclotrão
- Experiência de Thomson e relação e/m do electrão

Unidade - Física Moderna

Introdução à física quântica

- A quantização da energia de Planck
- A teoria dos fótons de Einstein
- Dualidade onda-corpúsculo para a luz
- Radiação ionizante e não ionizante
- Interação da radiação com a matéria: efeito fotoelétrico, efeito de Compton, produção e aniquilação de pares
- Raios X
- Dualidade onda-corpúsculo para a matéria. Relação de De Broglie
- Princípio de Incerteza e Mecânica Quântica

Núcleos atómicos e radioactividade

Energia de ligação nuclear e estabilidade dos núcleos

Processos de estabilização dos núcleos: decaimento radioactivo

Propriedades das emissões radioactivas (alfa, beta e gama)

Lei do decaimento radioactivo

- Período de decaimento (tempo médio de vida)
- Actividade de uma amostra radioactiva
- Fontes naturais e artificiais de radioactividade
- Efeitos biológicos da radioactividade
- Dose de radiação absorvida e dose equivalente biológica
- Detectores de radiação ionizante
- Aplicações da radiação ionizante
- Reacções nucleares: fusão nuclear e cisão nuclear

⁴ Entrou em vigor no ano lectivo de 2005/2006

2.3. Manuais dos alunos e guias do professor

3º CICLO

- Rodrigues, M.; Dias, F.; **Ciências Na Nossa Vida** – Terra em Transformação, Porto Editora, Porto, 2002.
- Rodrigues, M.; Dias, F.; **Ciências Na Nossa Vida** – Sustentabilidade na Terra, Porto Editora, Porto, 2003.
- Maciel, N.; Miranda, A.; **Eu e o planeta Azul** – Terra no Espaço, Porto Editora, Porto, 2002.
- Maciel, N.; Miranda, A.; **Eu e o planeta Azul** – Sustentabilidade na Terra, Porto Editora, Porto, 2003.
- Rodrigues, M.; Dias, F.; **Ciências Na Nossa Vida** – Viver Melhor na Terra, Porto Editora, Porto, 2004.
- Rodrigues, M.; Dias, F.; **Ciências Na Nossa Vida** – Terra no Espaço, Porto Editora, Porto, 2002.
- Maciel, N.; Miranda, A.; **Eu e o planeta Azul** – Viver Melhor na Terra, Porto Editora, Porto, 2004.
- Maciel, N.; Miranda, A.; **Eu e o planeta Azul** – Terra em Transformação, Porto Editora, Porto, 2002.
- Figueiredo, T.; **Eureka!** CFQ, Texto Editora, Lisboa, 2002.
- Mendonça, L.; Dantas, M^a; Ramalho, M.; **Terra Mãe CFQ** – Viver Melhor na Terra, Texto Editora, Lisboa, 2004.
- Caldeira, C.; Valadares, J.; Neves, M.; Vicente, M.; Teodoro, V.; **Viver Melhor na Terra**, Didáctica Editora, 2004.
- Fachada, C.; Morgado, P.; Lopes, V.; **Descobrir a Matéria**; Areal editores, Porto, 2002.
- Figueiredo, T.; **Ciências Físico-Químicas** – Viver Melhor na Terra, Texto Editora, Lisboa, 2004.

ENSINO SECUNDÁRIO

- Belo, Adelaide; Caldeira, Helena; **Ontem e Hoje** – física 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- Corrêa, C.; Nunes, A.; Almeida, N.; **Química** - Química 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- Maciel, N.; Gradim, M^a; Campante, M^a; **Eu e a Física** - 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- Maciel, N.; Gradim, M^a; Campante, M^a; **Eu e a Química** - 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- Rodrigues, M.; Dias, F.; **Física na Nossa Vida** – 10º Ano, Porto Editora, Porto, 2003.
- Simões, T.; Queirós, M^a; Simões, M^a; **Química em contexto** – 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- Mendonça, L.; Dantas, M^a; Ramalho, M. **Jogo de partículas** – 10º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- Paiva, J.; Ferreira, A.; Ventura, G.; Fiolhais, M.; Fiolhais, C.; **10 Q** – 10º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- Sá, M^a; **Ciências Físico-Químicas 10º Ano**, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- Costa, A.; Costa, A.; Moisão, A.; Caeiro, F.; **Ver +** - Física A 10º Ano, Plátano Editora, Lisboa, 2003.
- Menezes, D.; Curto, M.; **Química 10º Ano**, Lisboa Editora, Lisboa, 2003.
- Simões, T.; Queirós, M^a; Simões, M^a; **Química em contexto** – 11º Ano; Porto Editora, Porto, 2004.
- Rodrigues, M.; Dias, F.; **Física na Nossa Vida** – 11º Ano, Porto Editora, Porto, 2004.
- Paiva, J.; Ferreira, A.; Ventura, G.; Fiolhais, M.; Fiolhais, C.; **10 F** – 10º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- Pereira, A.; Camões, F.; **Ciências Físico-Químicas** – Química 10º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- Silva, Daniel; **Desafios da Física 10º ano**, Lisboa Editora, Lisboa, 2003.
- Maciel, N.; Gradim, M^a; Campante, M^a; **Eu e a Química** - 11º Ano; Porto Editora, Porto, 2004.

Da análise de alguns manuais e guias do professor constata-se que há materiais de grande qualidade pedagógica e científica, mas há outros que poderão não desempenhar cabalmente a função para a qual foram preparados.

Como exemplo desta última situação refira-se os guias de exploração de acetatos que acompanham os manuais “Ontem e hoje” [6], “Eu e a física” [10] e “Física na nossa vida” [14] do 10º ano de escolaridade. A acompanhar o assunto tratado nos acetatos, propõe-se uma metodologia para a sua abordagem, bem como alguns aspectos que devem ser salientados. Finalmente são propostas “questões exploratórias” e as respectivas sugestões de resolução.

No acetato intitulado “Algumas Fontes de Energia” é proposta a seguinte questão exploratória. “Quais são as vantagens e desvantagens da instalação de centrais nucleares para a produção de energia eléctrica?” A sugestão de resolução é:

Vantagens:

- existe combustível nuclear para alguns milhares de anos ;
- os combustíveis nucleares não produzem “fumos” nem originam “chuvas ácidas”.

Desvantagens:

- as centrais nucleares envolvem riscos de acidentes com materiais radioactivos;
- podem ocorrer perigosas fugas de radiação dos reactores nucleares;
- os reactores nucleares contêm combustíveis que originam resíduos (por exemplo plutónio);
- as soluções para o armazenamento dos resíduos nucleares não são as melhores.

A solução apresentada poderá contribuir para evidenciar as desvantagens do nuclear em detrimento dos possíveis benefícios e contribuir para que os alunos continuem a interiorizar que o nuclear é mau. Não podemos esquecer os benefícios da radioactividade na medicina, na agricultura, na investigação, na datação, etc.

Em minha opinião a sugestão de resolução é redutora e o professor conjuntamente com os alunos deverá fazer uma profunda reflexão sobre o assunto. Penso ser necessário referir que os acidentes nucleares de que há conhecimento resultaram da não observação de regras de segurança e os efeitos ambientais ainda não estão devidamente estimados.

Por outro lado é importante referir que no processo de produção de energia eléctrica numa central nuclear não há emissão de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera. Contudo, o urânio usado como combustível sofre um processo de enriquecimento de modo a elevar a concentração de ${}_{92}^{235}\text{U}$. Esta etapa não é inteiramente limpa pois, há emissão de gases para a atmosfera.

Para o nosso país esta opção não será a alternativa mais adequada aos combustíveis fósseis. Ao longo do dia as necessidades energéticas são diversas. Responder às necessidades energéticas num espaço de tempo relativamente curto é extremamente complicado. Ora uma central nuclear deve operar a uma potência praticamente constante. As possíveis alterações terão que ocorrer lentamente, sob pena de causar um “envenenamento” do combustível e provocar reacções indesejáveis. Uma central nuclear por si só não é solução. A acompanhar a central nuclear terá que existir outro tipo de centrais (hidroeléctricas, térmicas ou outras) que funcionarão no período de cheia e em menor escala, no período de vazio, quando as necessidades energéticas forem menores.

A resposta é exactamente a mesma no guia de exploração de acetatos, Ciências na nossa vida – Terra em Transformação [15], do terceiro ciclo do ensino básico. A acompanhar o acetato manifestações de energia é sugerida a questão exploratória “Quais as vantagens e desvantagens da utilização de centrais nucleares na produção de electricidade”. Aqui, para além dos factos já referidos há a acrescentar a confusão de conceitos, dado que o termo electricidade é apresentado como sinónimo de energia eléctrica.

Ainda neste âmbito, podemos dar conta de um exemplo menos feliz no manual “ver + Física A 10º Ano” [8], numa tabela com os prós e os contras das diversas fontes de energia. Na coluna relativa aos prós da energia nuclear faz-se referência à “elevada fiabilidade e capacidade de resposta a variações na procura”. Na coluna referente aos contras é referido que a energia nuclear é “poluente, não renovável, custos de instalação, operação e desactivação muito elevados, efeitos ambientais muito pesados”.

Encontra-se também falta de rigor científico no manual e no guia do professor “Química em Contexto” 10º ano [17]. Neste material de apoio, o termo radioactividade é substituído por radiactividade. No entanto, este mesmo manual apresenta um trabalho muito interessante sobre o Big Bang. Aqui podemos encontrar a história do Big Bang, reacções nucleares no Big Bang e explicação para a diferença existente entre a nucleossíntese no Big Bang e nas estrelas. As evidências do Big Bang não ficaram esquecidas, nomeadamente a radiação cósmica de fundo. Neste contexto é dado realce à sua descoberta e aos esforços que se fizeram para tornar possível a sua medição.

Relativamente à abordagem do tempo de semi-vida é apresentada uma tabela com vários isótopos naturais com períodos diversos. Esta informação afigura-se muito importante, se convenientemente discutida e analisada, para compreender o conceito físico em questão.

Para melhorar a compreensão do conceito, é sugerida uma actividade, utilizando moedas, para se fazer uma analogia do tempo de semi-vida dos elementos radioactivos. A

actividade consiste em colocar um determinado número grande de moedas numa caixa, todas voltadas com a mesma face para cima, agitar com movimentos rápidos e retirar as moedas que entretanto se voltaram. Repetir este procedimento até que todas as moedas tenham sido retiradas. Para além do registo de observações, dever-se-á elaborar um gráfico representando o número de moedas que permanece na caixa em função do número de tentativas. No final é recomendável que se faça a necessária interpretação dos resultados.

Um exemplo de um guião do professor bem conseguido e de grande utilidade para o processo ensino/aprendizagem é o “jogo de partículas” 10º ano [11]. O guião está organizado em três partes. Inicialmente são estabelecidos os objectivos das diversas unidades de ensino. Seguidamente são fornecidos diversos documentos que se poderão revelar extremamente úteis a saber: Efeito de Doppler e teoria do Universo em Expansão; cronologia do Big Bang; radiação do corpo negro e espectros térmicos das estrelas; breve resumo da evolução do Universo; da atmosfera primitiva à atmosfera actual. Finalmente são apresentadas as soluções das fichas de controlo do caderno de actividades laboratoriais e um guião de utilização das transparências onde são focados alguns aspectos a explorar.

Os manuais da Texto Editora “10 Q” [13] e “Química 10º ano” [12] são acompanhados de um guião de exploração de transparências com comentários. Com este material auxiliar podem-se analisar as primeiras reacções nucleares do Universo, o espectro visível, a formação do Universo/Big Bang, génese dos elementos, absorção de energia pelos átomos, a atmosfera como filtro de radiação solar, etc.

Relativamente ao contributo para a formação sobre radiações, no terceiro ciclo do ensino básico, considero bastante positivo o manual “Viver melhor na Terra” [7] da Didáctica Editora. Neste manual encontra-se, sem perda do rigor científico, muita informação pertinente, com linguagem adequada ao nível etário a que se destina. Neste manual podemos encontrar um estudo apresentado pela revista Proteste de Novembro de 2003 sobre o radão em Portugal. Seguidamente, os autores aproveitam para dar conta dos efeitos biológicos da radiação emitida pelos materiais radioactivos. Finalmente sugerem possíveis temas a desenvolver em actividades de projecto, nomeadamente, a energia nuclear e suas implicações na saúde e no ambiente. Como lançamento do tema, sensibilizam os alunos para o facto da energia nuclear, como muitas outras coisas criadas pela natureza ou pelo homem, ter prós e contras. Só conhecendo melhor os assuntos poderemos tomar posições mais responsáveis face aos problemas que a envolvem.

O manual “Ciências na Nossa Vida” – Sustentabilidade na Terra [16] apresenta um acetato sobre o espectro electromagnético de grande valia pedagógica. O guia de exploração de acetatos recomenda que se faça a análise do espectro e se levem os alunos

a identificar as ondas de maior e menor frequência e maior e menor comprimento de onda. Não se deverá perder a oportunidade de referir algumas aplicações das ondas nomeadamente, raios X, microondas e ondas de rádio. Na análise do espectro electromagnético é de primordial importância referir as consequências da radiação ultravioleta. Nunca é de mais alertar para o perigo da prolongada exposição à radiação. Está provado que a radiação ultravioleta altera o DNA das nossas células, podendo provocar cancro da pele.

Na mesma linha de actuação, encontramos o manual “Eu e o Planeta Azul”– Sustentabilidade na Terra [9]. O acetato proposto para análise é diferente, mas tem também elevado potencial para discutir os assuntos referidos.

Esta análise dos manuais é um juízo de valor do autor do trabalho e não o resultado de um estudo das opiniões de outras pessoas (alunos e professores) sobre estes materiais.

Referências bibliográficas

- [1] Educação, Ministério de, DES programa de Ciências Físicas e Naturais, 3º Ciclo, 2001
- [2] Educação, Ministério de, DES programa de Física e Química A 10º ano, 2001
- [3] Educação, Ministério de, DES programa de Física e Química A 11º ano, 2003
- [4] Educação, Ministério de, DES programa de Física 12º ano, 2004
- [5] Educação, Ministério de, DES programa de Química 12º ano, 2004
- [6] Belo, Adelaide; Caldeira, Helena; **Ontem e Hoje** – física 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- [7] Caldeira, C.; Valadares, J.; Neves, M.; Vicente, M.; Teodoro, V.; **Viver Melhor na Terra**, Didáctica Editora, 2004.
- [8] Costa, A.; Costa, A.; Moisão, A.; Caeiro, F.; **Ver +** - Física A 10º Ano, Plátano Editora, Lisboa, 2003.
- [9] Maciel, N.; Miranda, A.; **Eu e o planeta Azul** – Sustentabilidade na Terra, Porto Editora, Porto, 2003.
- [10] Maciel, N.; Gradim, M^a; Campante, M^a; **Eu e a Física** - 10º Ano; Porto Editora, Porto, 2003.
- [11] Mendonça, L.; Dantas, M^a; Ramalho, M. **Jogo de partículas** – 10º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2003.

- [12] Menezes, D.; Curto, M.; **Química 10º Ano**, Lisboa Editora, Lisboa, 2003.
- [13] Paiva, J.; Ferreira, A.; Ventura, G.; Fiolhais, M.; Fiolhais, C.; **10 Q – 10º Ano**, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- [14] Rodrigues, M.; Dias, F.; **Física na Nossa Vida – 10º Ano**, Porto Editora, Porto, 2003.
- [15] Rodrigues, M.; Dias, F.; **Ciências Na Nossa Vida – Terra em Transformação**, Porto Editora, Porto, 2002.
- [16] Rodrigues, M.; Dias, F.; **Ciências Na Nossa Vida – Sustentabilidade na Terra**, Porto Editora, Porto, 2003.
- [16] Sá, M^a; **Ciências Físico-Químicas 10º Ano**, Texto Editora, Lisboa, 2003.
- [17] Simões, T.; Queirós, M^a; Simões, M^a; **Química em contexto – 10º Ano**; Porto Editora, Porto, 2003.

Capítulo 3 – Investigação por Inquérito

3.1. Objectivos do estudo

A investigação que a seguir se apresenta tem como objectivo estudar como são abordados os assuntos relacionados com a física das radiações no terceiro ciclo do ensino básico e no ensino secundário.

Até 2003, estes assuntos praticamente não eram abordados na disciplina de ciências Físico-químicas que é a que mais poderia contribuir para o esclarecimento dos alunos. Com entrada em vigor da nova reforma do ensino secundário no ano lectivo de 2003/2004, estes assuntos começam a ser discutidos. De acordo com os novos programas, os assuntos devem ser abordados numa perspectiva CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade). As disciplinas de Física e Química desempenham nesta abordagem um papel fundamental na aquisição de conhecimentos que tornem os jovens de hoje capazes de compreender e discutir os acontecimentos científicos e tecnológicos importantes para a sociedade em geral, bem como as implicações ambientais. Na perspectiva CTS, as radiações constituem um assunto particularmente rico e de grande interesse para ensinar diversos conceitos, fornecendo ao mesmo tempo o conhecimento necessário para a formulação de juízos críticos acerca deste assunto.

Este estudo, visando analisar “como são abordados” os assuntos relacionados com a física das radiações, foca nomeadamente o grau de aprofundamento, as estratégias, recursos e métodos de avaliação utilizados, identifica o grau de motivação e capacidade dos docentes nesta matéria e partilhar propostas de trabalho. No final, após análise dos resultados obtidos, são apresentadas propostas visando a melhoria da qualidade do ensino nesta área.

Todos os dados fornecidos neste inquérito permanecem absolutamente confidenciais.

3.2. Elaboração dos questionários

Os questionários são processos para adquirir dados interrogando as pessoas. Tornam possível medir o que a pessoa sabe, o que gosta ou não, o que pensa, etc. Os questionários permitem também conhecer as suas experiências e o que em determinada altura está a decorrer. As questões a apresentar num questionário devem reflectir o objectivo que se pretende atingir, ou seja, as hipótese e as questões de investigação [1].

Na construção do questionário identificaram-se as variáveis a medir, seleccionou-se o formato das questões e escolheu-se o tipo de resposta. Interroguei-me constantemente sobre os itens, no sentido de saber se o que se está a tratar é o que se pretende medir. Na escolha do formato das questões senti alguma dificuldade, pois tenho consciência que questões factuais nem sempre levam a produzir respostas factuais. Contudo, as questões opinativas não levam necessariamente a produzir opiniões honestas porque podem ocorrer distorções baseadas na expectativa social.

Neste inquérito optou-se pela escala de Likert, de cinco níveis, em que cada um desses níveis é considerado de igual amplitude. Cada nível mede o grau de concordância com determinada afirmação sobre uma atitude, um juízo de valor, etc.

Num estudo deste género temos que ter presente a possibilidade de distorção das respostas por aquiescência e por expectativa/desejabilidade social. No primeiro caso, há tendência para exprimir aborrecimento, desinteresse ou hostilidade fazendo sempre a mesma opção. No segundo, os sujeitos darão as respostas correspondentes à imagem que pretendem que os outros tenham deles próprios e não as respostas verdadeiras.

**Professores de Física e Química
(Grupos 4ºA e 4ºB)**

INQUÉRITO

Acerca do ensino das radiações nos ensinos básico (3º Ciclo) e secundário

Na actualidade fala-se muito de radiações e seus efeitos. Contudo, não somos, na generalidade, cidadãos capazes de tomar uma posição esclarecida e fundamentada sobre estes assuntos. A informação veiculada pelos meios de comunicação social é pouco esclarecedora já que os profissionais não possuem formação adequada, nestas matérias, para informar devidamente o público alvo.

Ao longo dos tempos, em virtude da informação recolhida, fomos formando uma imagem negativa das radiações. Contudo, as radiações apresentam também inúmeras vantagens, como por exemplo na produção de energia, na medicina, na alimentação, na indústria, etc. É pois imperativo construir bases conceptuais sólidas para podermos compreender o mundo do qual fazemos parte e intervir de forma esclarecida e consciente.

Com a revisão curricular do ensino básico e secundário entraram em vigor, desde o ano lectivo de 2002/2003, os novos programas curriculares de Física e Química. De acordo com a nova proposta de revisão curricular, os novos programas deveriam ser acompanhados de uma alteração nas práticas educativas.

Na perspectiva CTS, a física das radiações é um assunto particularmente rico e de grande interesse para ensinar diversos conceitos, fornecendo ao mesmo tempo o conhecimento necessário para a formulação de juízos críticos acerca deste assunto.

Com este inquérito pretende-se conhecer a forma como são abordados os assuntos relacionados com a física das radiações e com que nível de aprofundamento. Este trabalho permitirá, também, fazer uma caracterização dos professores deste grau de ensino e analisar possíveis mudanças nas suas práticas.

Estou certo que os professores procuram contribuir para a melhoria do processo ensino / aprendizagem. A tua colaboração, o teu esforço e alguns minutos do teu (precioso) tempo poderão eventualmente contribuir para a melhoria do ensino destas matérias. No entanto, a ausência de resposta, essa é que certamente para nada contribuirá.

No final, após análise dos resultados obtidos, serão apresentadas propostas visando a melhoria da qualidade do ensino. Todos os dados fornecidos, neste inquérito, serão absolutamente confidenciais.

Obrigado pela colaboração.

Abílio Alberto Machado Lima

INQUÉRITO

Acerca do ensino das radiações nos ensinos básico (3º Ciclo) e Secundário

Idade:..... sexo: Feminino Masculino

Categoria profissional: Tempo de serviço: (anos)

Curso de licenciatura:

Estabelecimento de ensino:

Outra formação:

Estabelecimento de ensino:

Associação profissional a que pertence:

SPF SPQ Sindicato Outra Qual?

Atenta na tabela seguinte e usa a escala para responderes às questões seguintes:

1	Nunca	Insatisfatório
2	Raramente	Pouco satisfatório
3	Por vezes	Razoavelmente satisfatório
4	Muitas vezes	Muito satisfatório
5	Sempre	Plenamente satisfatório

		1	2	3	4	5
A.	Classifica o teu actual grau de satisfação na actividade docente					
B.	Que preparação, sobre radiações, obtiveste na tua formação inicial?					
C.	Tens frequentado acções de formação sobre os novos programas?					
D.	Ao longo da tua carreira tens frequentado acções de formação onde são abordados aspectos relativos às radiações?					
E.	Sentes-te confortável na abordagem de assuntos relacionados com radiações?					

Se respondeste 1 a alguma questão indica a razão

QUADROS I A IV: Indica o grau de profundidade com que, na tua opinião, os seguintes assuntos são abordados

I – Tema: Terra em transformação (3º Ciclo do ensino básico)

Unidade 2 – Energia

		1	2	3	4	5
A.	Fontes de energia					
B.	Combustíveis nucleares					
C.	Produção de energia em centrais nucleares					
D.	Estudo do processo de transferência de energia por radiação					
E.	Vantagens e desvantagens da utilização de centrais nucleares na produção de energia eléctrica					
F.	Reacções que ocorrem no sol					
G.	Forma de emissão da energia do Sol					

II – Química 10º ano

		1	2	3	4	5
A.	Comparação de diversas radiações quanto à sua energia e efeito térmico					
B.	Caracterização do espectro electromagnético em termos de radiações e energia					
C.	Radiação de fundo					
D.	Partículas elementares					
E.	Distinção entre reacção nuclear e reacção química					
F.	Reacções nucleares de fusão e fissão (cisão) e suas implicações					
G.	Resultado da interacção da radiação ionizante com a matéria					
H.	Efeito fotoeléctrico					
I.	Aplicações tecnológicas da interacção radiação – matéria					
J.	Associação dos fenómenos nucleares a diferentes contextos de utilização (produção de energia eléctrica, medicina, indústria, etc.)					
K.	Identificação de equipamento que utiliza as radiações (laser, forno microondas, radar, aparelhos de raios X, etc.)					
L.	Efeitos da irradiação de objectos com diferentes fontes de energia					
M.	Efeitos das radiações ionizantes sobre os seres vivos					

III – Física 10º Ano

		1	2	3	4	5
A.	Como se transfere a energia do Sol para a Terra					
B.	Radiação electromagnética					
C.	Papel essencial da radiação solar					
D.	Caracterização da radiação electromagnética pela sua frequência e / ou comprimento de onda					
E.	Relação da energia da radiação com a frequência e comprimento de onda					
F.	Poder de absorção da energia de radiação por parte das superfícies					
G.	Radiações electromagnéticas que atingem a superfície terrestre					
H.	Produção de energia eléctrica a partir da radiação solar					
I.	Interpretação de situações do quotidiano em que o aumento de energia interna do sistema se faz à custa da radiação					
J.	Outras utilizações das radiações					
K.	Vantagens e desvantagens das centrais nucleares na produção de energia eléctrica					

IV – Física 11º ano

Unidade 2 – Comunicações

		1	2	3	4	5
A.	Princípios básicos da transmissão de informação por radiação electromagnética					
B.	Importância fundamental da radiação electromagnética na transmissão de informação a grandes distâncias					

Nos quadros I a IV, se respondeste 1 a alguma questão indica a razão

QUADROS V a VII – Faz a tua avaliação da utilização de estratégias, recursos e métodos de avaliação utilizados na leccionação de assuntos relacionados com radiações.

V – Estratégias utilizadas (10º e 11º anos)

		1	2	3	4	5
A.	Exposição de conteúdos					
B.	Resolução de exercícios					
C.	Resolução de problemas					
D.	História da evolução dos conceitos					
E.	Desmontagem de concepções alternativas dos alunos					
F.	Interpretação de textos					
G.	Manual escolar					
H.	Análise de situações reais					
I.	Diálogo com os alunos					
J.	Trabalho laboratorial					
K.	Demonstrações realizadas pelo professor					
L.	Visitas de estudo					
M.	Clubes de ciência					

Se respondeste 1 a alguma questão indica a razão

VI – Avaliação (10º e 11º anos)

		1	2	3	4	5
A.	Testes escritos					
B.	Actividades quotidianas assistidas					
C.	Trabalhos para casa					
D.	Trabalhos de natureza experimental					
E.	Relatórios de actividades					
F.	Trabalhos de projecto					
G.	Portfólios					
H.	Respostas orais ou por escrito a questões formuladas.					

Se respondeste 1 a alguma questão indica a razão

VII – Recursos didáticos (10º e 11º anos)

		1	2	3	4	5
A.	Manuais escolares (manual adoptado)					
B.	Guia do professor					
C.	Jornais					
D.	Revistas					
E.	Livros técnicos ou divulgação					
F.	Computador /Internet					
G.	Trabalho de investigação					
H.	Equipamento de laboratório (demonstrações)					
I.	Trabalho laboratorial					
J.	Simulações computacionais					
K.	Calculadora gráfica /interface de aquisição de dados					
L.	Visita de estudo					

Se respondeste 1 a alguma questão indica a razão

QUADROS VIII E IX – Ajuda-nos agora a fazer um balanço dos resultados conseguidos no ensino

VIII – No início do ensino secundário os alunos ...

		1	2	3	4	5
A.	já ouviram falar de radiações					
B.	distinguem radiação ionizante de radiação não ionizante					
C.	associam às reacções nucleares elevados valores de energia					
D.	têm consciência dos riscos e benefícios associados ao uso das radiações ionizantes					

IX – No final do ensino secundário...

		1	2	3	4	5
A.	Os alunos conhecem perfeitamente os assuntos inquiridos no quadro VIII					
B.	O grau de aprofundamento desses assuntos foi o adequado					
C.	Os alunos adquiriram preparação para compreender debates sociais, políticos, económicos, médicos e tecnológicos sobre radiações e energia nuclear, e tomar uma posição esclarecida e fundamentada sobre tais assuntos					
D.	O programa terá preparado os alunos para a cidadania					
E.	O mesmo programa com outras estratégias e recursos teria preparado melhor					

Comentários e sugestões acerca do ponto IX. E.

Obrigado pela colaboração

3.3. Aplicação do Inquérito

O estudo teve lugar em todas as escolas secundárias dos Concelhos de Marinha Grande, Leiria, e Ansião e numa escola secundária do concelho de Pombal da área educativa de Leiria. A escolha destes estabelecimentos de ensino visou uma cobertura transversal da referida área desde o Litoral ao Interior.

Fig. 3.1 - Área educativa de Leiria

Fonte: <http://viajar.clix.pt>

Para a aplicação dos inquéritos foram contactados pessoalmente os Órgãos de Gestão das diferentes escolas. Através desse contacto e por carta foram explicados o âmbito e objectivos do inquérito.

Os elementos dos conselhos executivos contactados foram muito cooperantes. Relativamente aos docentes, a colaboração da maioria foi muito positiva. No entanto 44,6% não se mostraram interessados em colaborar.

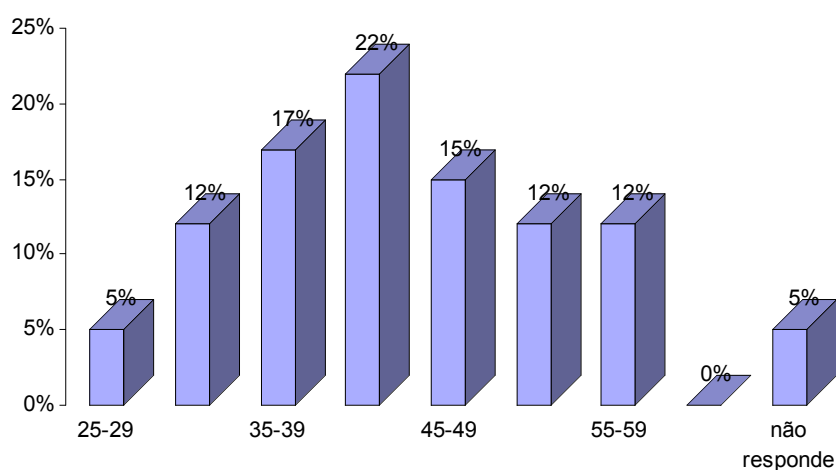
Estabelecimento de ensino / localidade	Nº docentes	Nº de respostas	% de respostas
Escola Secundária José Loureiro Botas – Vieira de Leiria	5	5	100%
Escola Secundária de Ansião - Ansião	4	4	100%
Escola Secundária Eng. Calazans Duarte – Marinha Grande	13	12	92,3%
Escola Secundária Pinhal do Rei – Marinha Grande	6	5	83,3%
Escola Secundária da Maceira - Maceira	4	3	75%
Escola Secundária Afonso Lopes Vieira - Leiria	8	5	62,5%
Escola Secundária da Guia - Guia	6	2	33,3%
Escola Secundária Domingos Sequeira - Leiria	13	3	23,1%
Escola Secundária Rodrigues Lobo - Leiria	15	2	13,3%
Total	74	41	55,4%

Tabela: 2.1 – Escolas onde foram aplicados os inquéritos

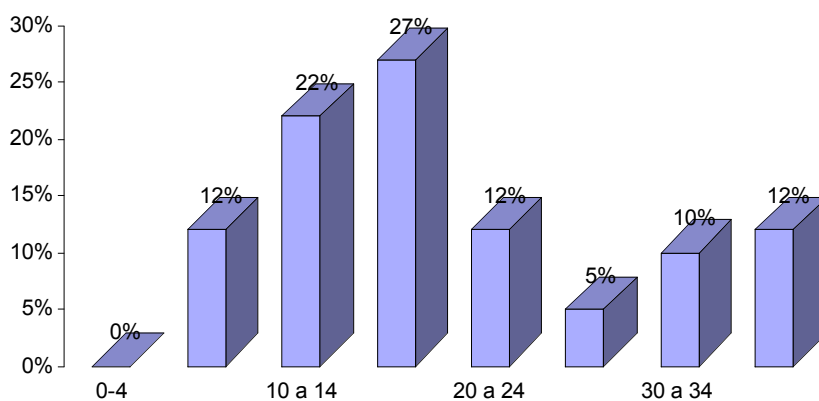
3.4. Caracterização da amostra

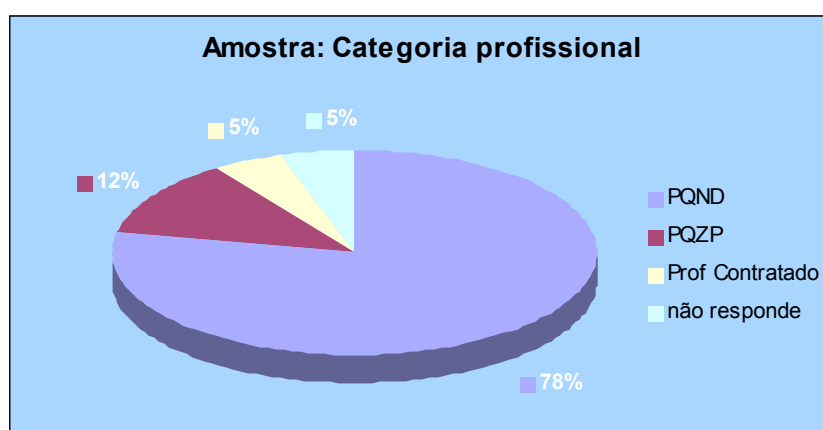
A amostra é constituída maioritariamente por docentes do sexo feminino (73%), com média de idades de 43 anos (28 a 57 anos) e tempo médio de serviço de 17 anos. A maioria dos docentes inquiridos são professores do quadro de nomeação definitiva (78%), 12% são professores do quadro de zona pedagógica e 5% são professores contratados.

Amostra - Idade

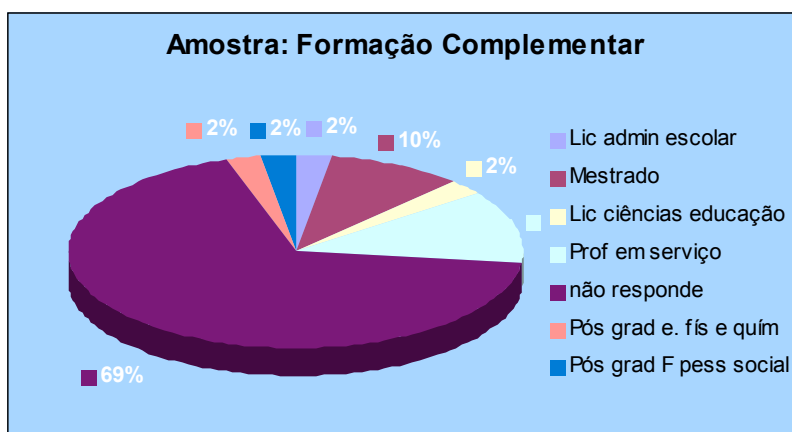
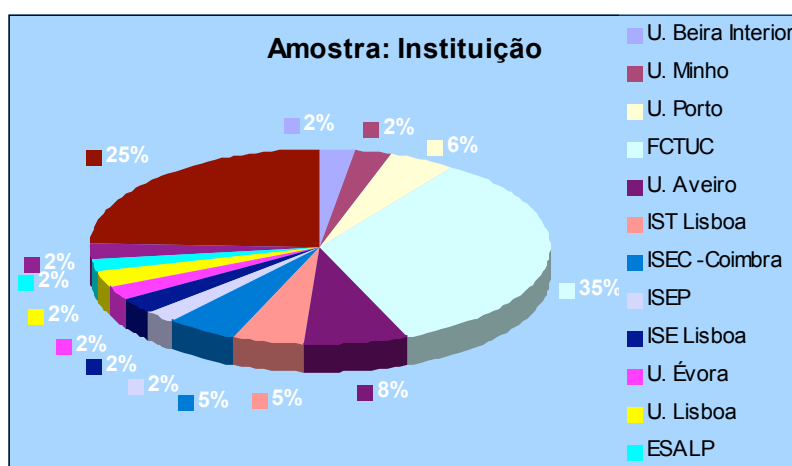
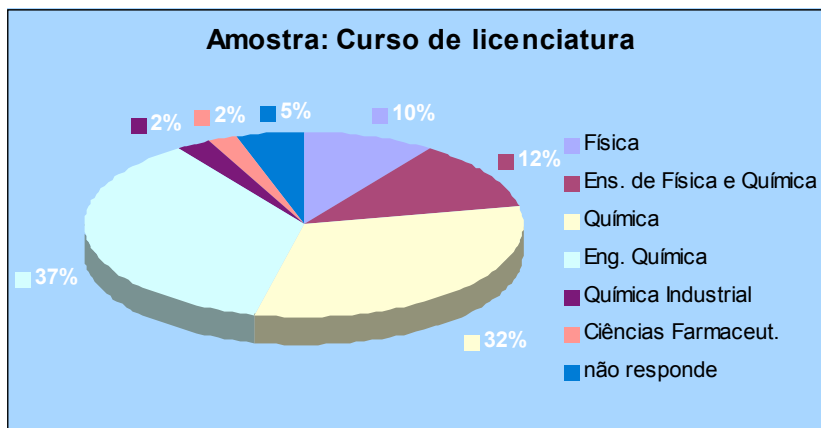


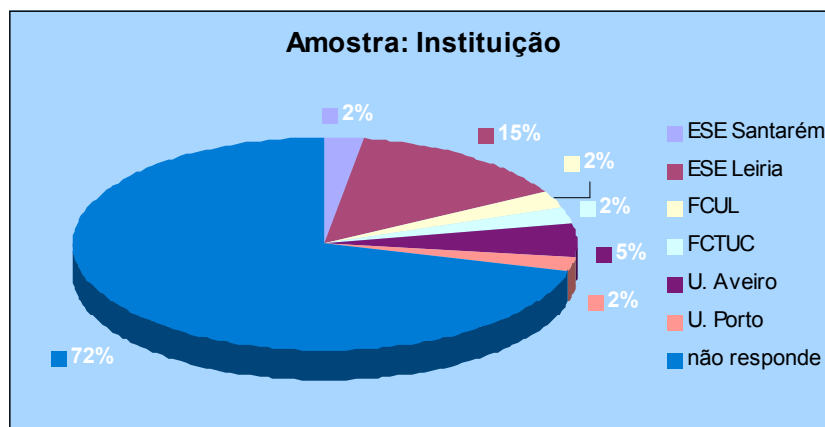
Amostra - Tempo de serviço



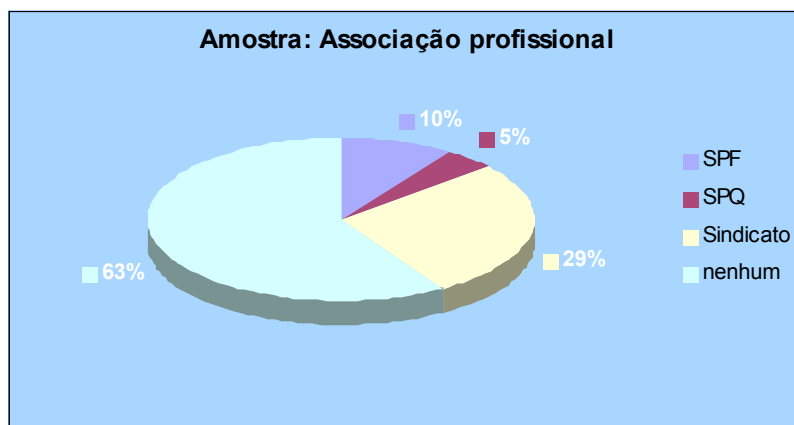


A formação inicial é diversa, prevalecendo as licenciaturas em Engenharia Química (37%) e Química (32%). Dos licenciados em química só poucos indicam explicitamente que têm licenciatura do ramo educacional. Somente 10 % dos docentes têm a licenciatura em ensino da Física. As licenciaturas foram obtidas em diversos estabelecimentos de ensino de Norte a Sul de Portugal, continental, sendo a Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra a mais frequentada (35%). Relativamente a outra formação, só 10% possuem cursos de Mestrado e 13% obtiveram a profissionalização em serviço. A análise dos dados revela um diferencial entre a formação inicial e a profissionalização em serviço. A percentagem de docentes que obtiveram a profissionalização em serviço deverá ser superior. Muitos dos docentes que não indicaram outra formação deverão tê-la feito. Pois, se assim não fosse, não pertenceriam ao quadro e tal só acontece com 10% dos professores inquiridos.





Esta amostra evidencia uma classe muito pouco motivada para pertencer a associações profissionais. A grande maioria dos docentes (59%) não pertence a qualquer associação profissional, somente 27% são sindicalizados, 9% são sócios da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) e somente 5% são sócios da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ).



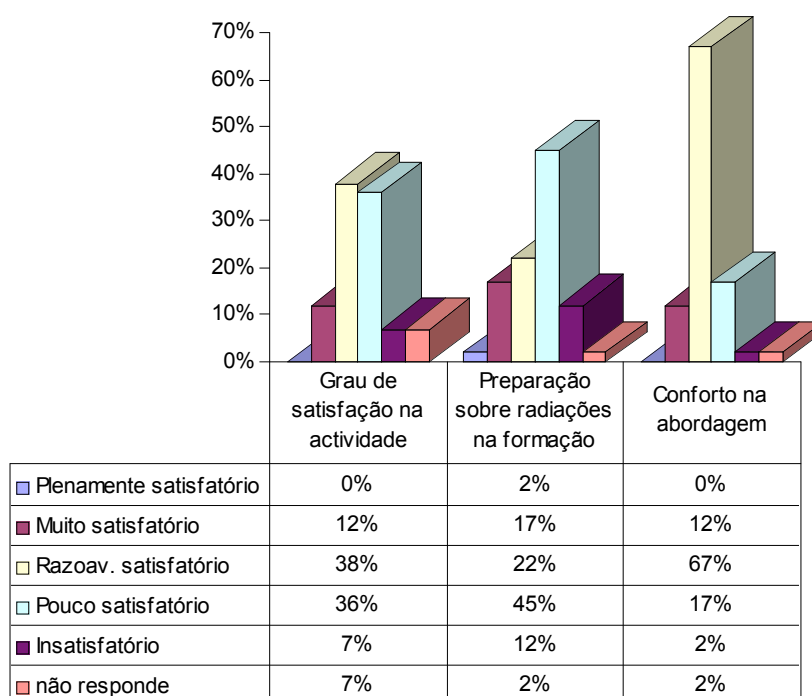
3.5. Análise dos resultados

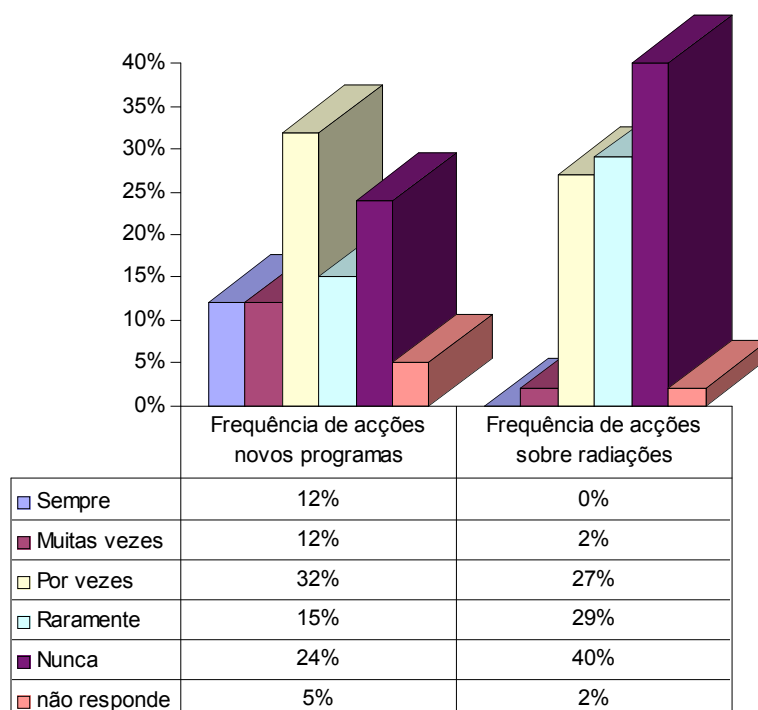
3.5.1. Os docentes

Os resultados obtidos mostram uma classe só moderadamente satisfeita com a actividade docente. Com se vê pelos gráficos e tabelas seguintes, o grau de satisfação é razoavelmente satisfatório para 38% dos inquiridos e pouco satisfatório para 36%. Contudo, os docentes que não respondem, os que se sentem insatisfeitos e os que demonstram pouca satisfação com a actividade docente perfazem 50 %.

A fracção de docentes que considera razoavelmente satisfatório o conforto na abordagem de assuntos relacionados com radiações (67%) divide-se na apreciação que faz sobre a preparação obtida na formação inicial. Deste grupo, considera-a pouco satisfatória 44%, razoavelmente satisfatória 26%, muito satisfatória 15% e insatisfatória 15%.

É um pouco estranho que, dos quatro docentes que consideram simultaneamente a sua formação inicial insatisfatória e o conforto na abordagem de assuntos relacionados com radiações razoavelmente satisfatório, três deles nunca tenham frequentado acções de formação sobre os novos programas ou radiações. Os dados permitem ainda apurar que, cinco docentes consideram a sua formação inicial e o conforto na abordagem de assuntos relacionados com radiações razoável, contudo raramente ou nunca frequentaram acções de formação sobre o assunto.





Quanto à preparação sobre radiações na formação inicial, a maioria considera-a insatisfatória, já que 45% a considera pouco satisfatória, 12% insatisfatória e só 19% muito satisfatório ou plenamente satisfatório. Neste grupo encontramos docentes com formação em Física, Ensino de Física e Química, Química e Engenharia Química. Os engenheiros químicos são os que se mostram mais descontentes com a sua formação, somente 6% a considera muito satisfatória e 69% pouco satisfatória ou insatisfatória. Quanto aos restantes grupos, consideram-na muito satisfatória, 25% dos Físicos e dos Químicos respectivamente e 40% dos formados em ensino de Física e Química.

Finalmente, constata-se que os docentes até 40 anos de idade ou até 10 anos de serviço são os que revelam maior satisfação com a sua formação inicial. 29% dos docentes até 40 anos de idade considera a sua formação sobre radiações muito satisfatória ou plenamente satisfatória e a mesma avaliação é feita por 44% dos que têm até 10 anos de serviço.

Quanto à frequência de acções de formação sobre os novos programas, 24% afirma que nunca as frequentou, 15% raramente, 32% por vezes, sendo de 12% as fracções dos que frequentaram sempre ou frequentaram muitas vezes. As respostas revelam, nomeadamente, que: as acções na maioria das vezes decorrem em pleno ano lectivo o que dificulta que as frequentem; quando se realizam em horário laboral, tal obriga os docentes a faltar às actividades lectivas, comprometendo o cumprimento

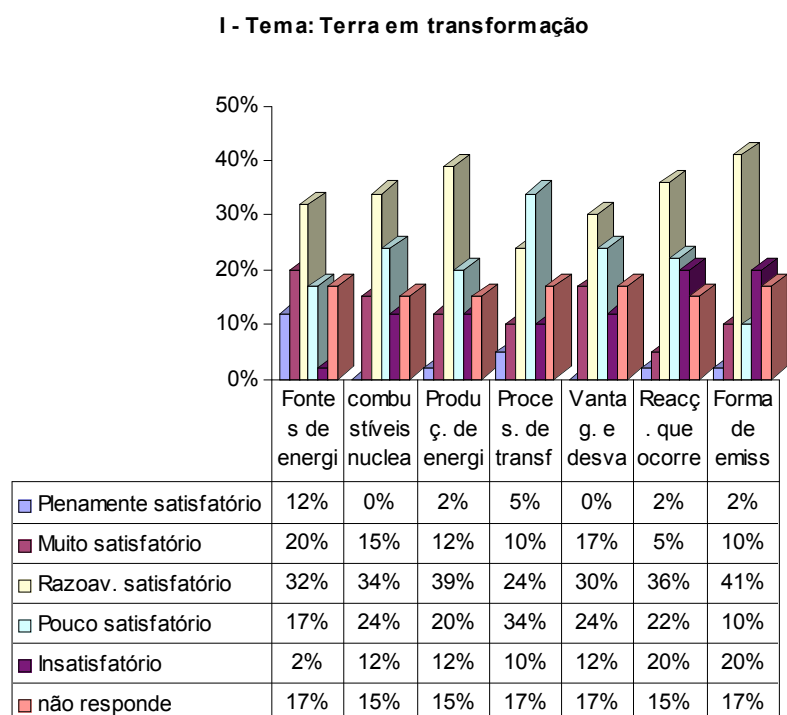
dos programas curriculares; pelo contrário, quando se realizam no período pós laboral, poderão acarretar problemas insuperáveis para as famílias. As sugestões apresentadas pelos docentes dividem-se entre os fins de semana e o período de férias.

Os docentes, na generalidade, não frequentam acções de formação onde são abordados aspectos relativos às radiações. As respostas relativas à frequência são: 40% nunca, 29% raramente e somente 27% por vezes. As justificações encontradas para não frequentar as referidas acções são a falta de oferta, falta de disponibilidade pessoal e opção por outro tipo de formação.

Dos resultados extrai-se ainda que os docentes se sentem razoavelmente confortáveis na abordagem de assuntos relacionados com radiações, sendo que 12% se sentem mesmo muito confortáveis.

3.5.2. Assuntos leccionados no 3º ciclo e ensino secundário

O Gráfico/tabela seguinte mostra os assuntos abordados no 3º ciclo de ensino básico I – Tema: Terra em transformação Unidade 2 – Energia [2].



Só aproximadamente um terço dos inquiridos considera plenamente satisfatório ou muito satisfatório o grau de profundidade relativo às fontes de energia. No entanto,

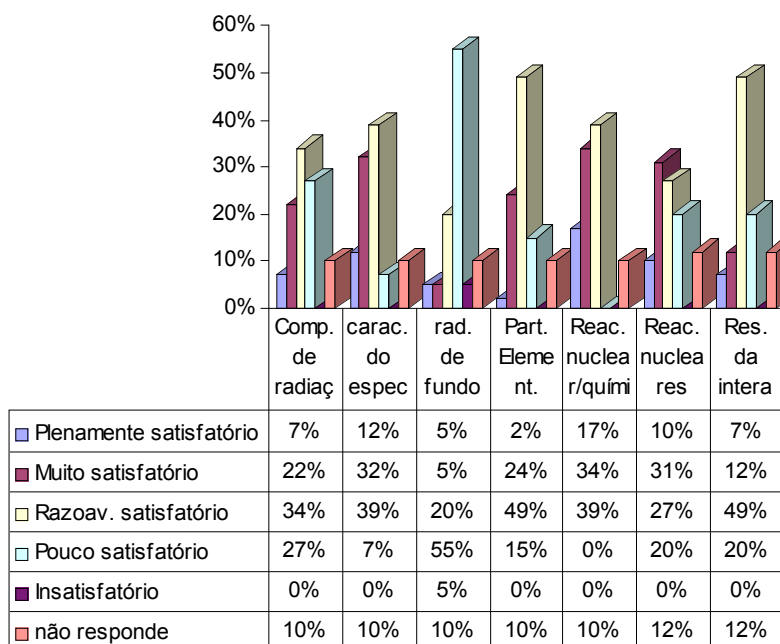
esta fracção reduz-se a metade ou menos quando se pronunciam sobre os restantes itens. Em todos os itens analisados neste quadro é de assinalar o facto de cerca de um terço dos docentes considerarem razoavelmente satisfatório o respectivo grau de aprofundamento, à excepção do processo de transferência de energia por radiação. Neste ponto a fracção de insatisfeitos é bem superior à fracção de satisfeitos.

Analisando os gráficos, relativamente a esta unidade, constata-se que 15 a 17% dos inquiridos não responde. Tal facto não poderá ser entendido como desinteresse por parte dos docentes, mas antes um acto de consciência, já que há quem nunca tenha leccionado o terceiro ciclo. Muitos docentes fazem a observação de não terem ainda leccionado os novos programas do ensino secundário.

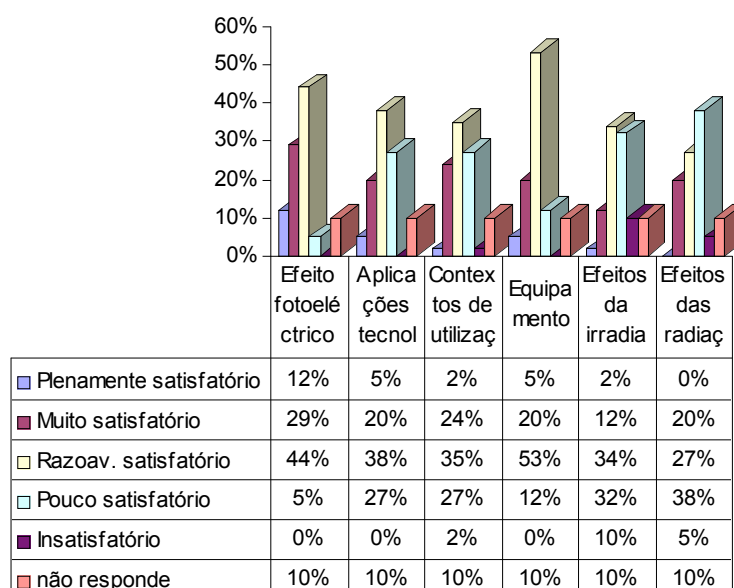
II – Química 10º ano

Os Gráficos/tabelas seguintes mostram os assuntos abordados na componente de Química na disciplina de Física e Química A 10º ano de escolaridade [3].

II (a) - Química 10º ano



II (b) - Química 10º ano



Na componente de química 10º ano de escolaridade, os docentes consideram que os assuntos inquiridos estão satisfatoriamente aprofundados. No entanto, há itens como radiação de fundo, efeitos da irradiação de objectos com diferentes fontes de energia e efeitos das radiações ionizantes sobre os seres vivos que no entender de um grande número de docentes não são abordados com um grau de profundidade satisfatório.

Comparando alguns dos resultados obtidos deve salientar-se que embora a caracterização do espectro electromagnético em termos de radiações e energia e as partículas elementares sejam abordadas com grau de profundidade razoável, na verdade 60% dos docentes não mostram o mesmo entendimento em relação à radiação de fundo.

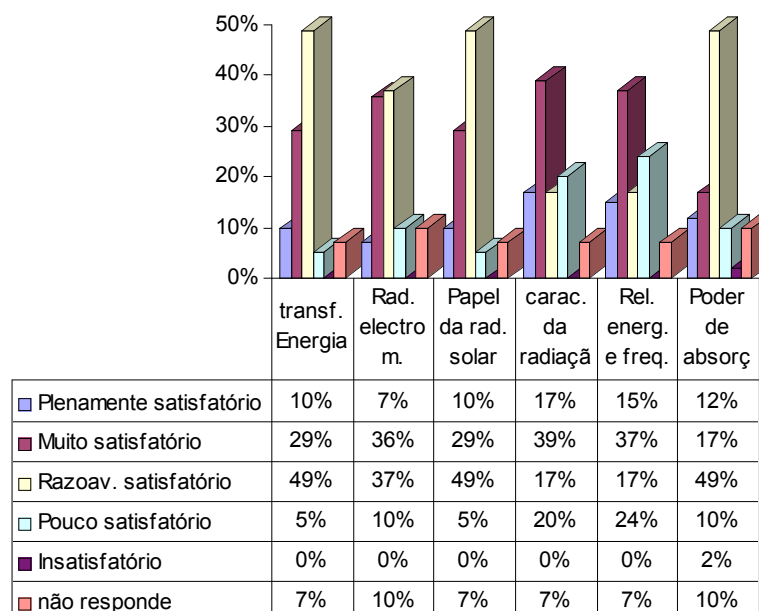
O efeito fotoelétrico e a identificação de equipamento que utiliza as radiações são assuntos abordados com um grau de profundidade muito satisfatório ou razoavelmente satisfatório no entender de 73% dos docentes. No entanto a fracção dos que considera muito satisfatório ou razoavelmente satisfatório as aplicações tecnológicas da interacção radiação – matéria e a associação dos fenómenos nucleares a diferentes contextos de utilização é ligeiramente inferior a 60%. A mesma fracção baixa para valores ligeiramente inferiores a 50% quando os docentes se pronunciam sobre efeitos da irradiação de objectos com diferentes fontes de energia e efeitos das radiações ionizantes sobre os seres vivos.

No geral, as respostas dos professores licenciados em Física, Ensino de física e Química, Química e Engenharia química não diferem. Contudo, na fracção de docentes que considera os assuntos abordados na componente de Química 10º ano plenamente satisfatório encontram-se sempre licenciados em Engenharia Química. Curiosamente, nesta fracção, só encontramos um professor licenciado em Química que considera plenamente satisfatório a distinção entre reacção nuclear e reacção química. Os docentes com formação inicial em Física ou Ensino de Física e Química consideram que nenhum dos assuntos é abordado com um grau de profundidade plenamente satisfatório.

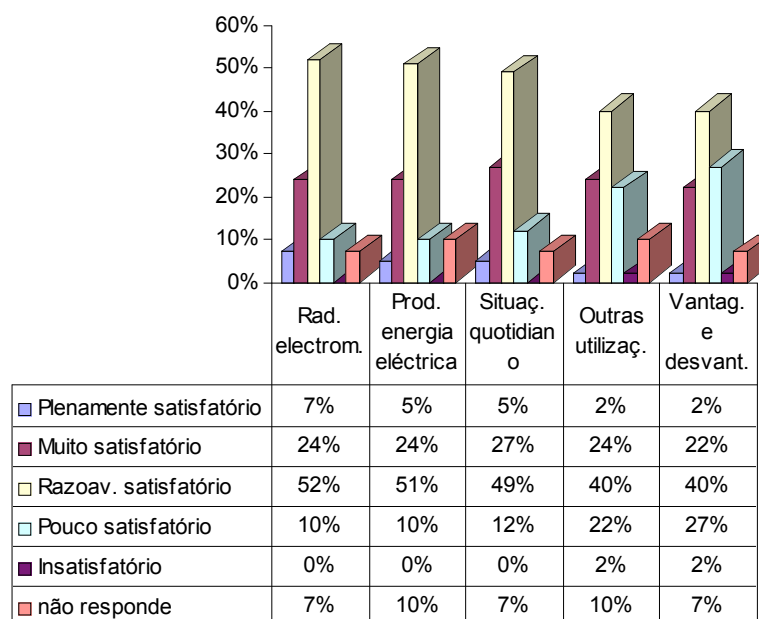
III – Física 10º ano

Os Gráficos/tabelas seguintes mostram os assuntos abordados na componente de Física na disciplina de Física e Química A 10º ano de escolaridade [3].

III (a) - Física 10º ano



III (b) - Física 10º ano



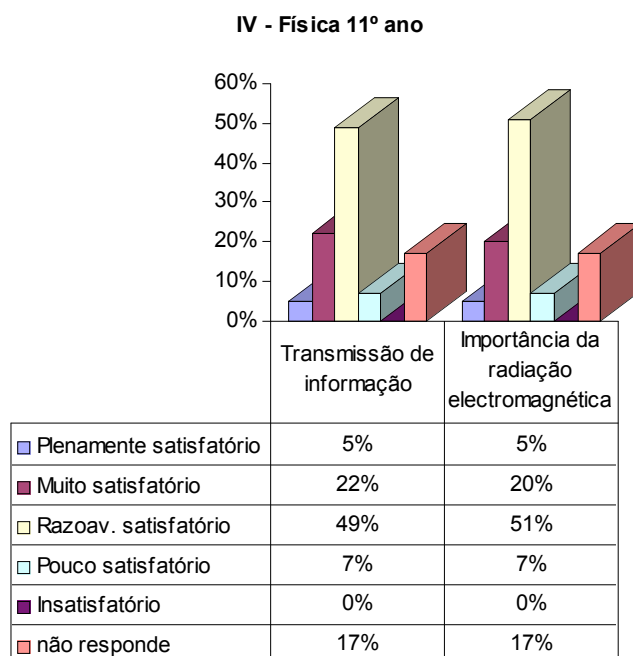
Os resultados evidenciam uma razoável satisfação com o grau de profundidade com que são leccionados os conceitos. Os assuntos para os quais a satisfação é menor são vantagens e desvantagens das centrais nucleares (29%), caracterização da radiação electromagnética, relação da energia da radiação com a frequência e comprimento de onda e outras utilizações das radiações para aproximadamente um quarto dos docentes. Nos restantes itens há coerência nas respostas e somente 10% dos docentes manifestam pouca satisfação relativamente ao grau de profundidade.

Relativamente aos processos de transferência de energia do Sol para a Terra e às vantagens e desvantagens das centrais nucleares, há uma assinalável melhoria quando comparamos a abordagem destes assuntos no terceiro ciclo e no ensino secundário.

Finalmente, refira-se que não há diferenças significativas entre as respostas dadas pelos professores que fizeram a sua formação inicial em física, Ensino de Física e Química, Química ou Engenharia química. Contudo na fracção dos docentes que considera o grau de aprofundamento plenamente satisfatório encontramos quase sempre licenciados em Engenharia Química excepto no tópico relativo a outras utilizações das radiações.

IV – Física 11º ano

O Gráfico/tabela seguinte mostra os assuntos abordados na componente de Física na disciplina de Física e Química A 11º ano de escolaridade [4].



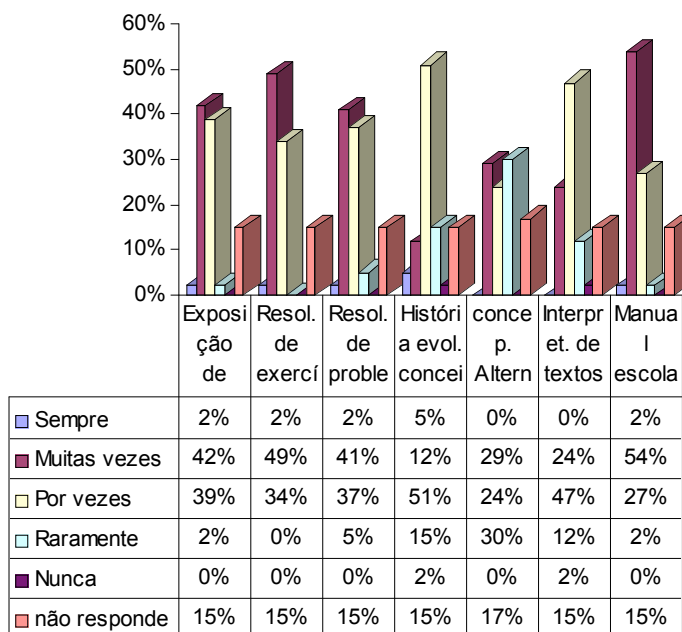
Os assuntos relacionados com radiações abordados na componente de física 11º ano são abordados com um grau de profundidade razoavelmente satisfatório. A coerência das respostas é assinalável e somente 7% dos docentes consideram pouco satisfatório o grau de profundidade com que são abordados estes assuntos.

As respostas dadas pelos professores que fizeram a sua formação inicial em física, Ensino de Física e Química, Química ou Engenharia química são bastante parecidas. Curiosamente, na fracção dos considera bastante satisfatório o grau de aprofundamento destes assuntos encontramos professores com formação inicial em Física e Engenharia química.

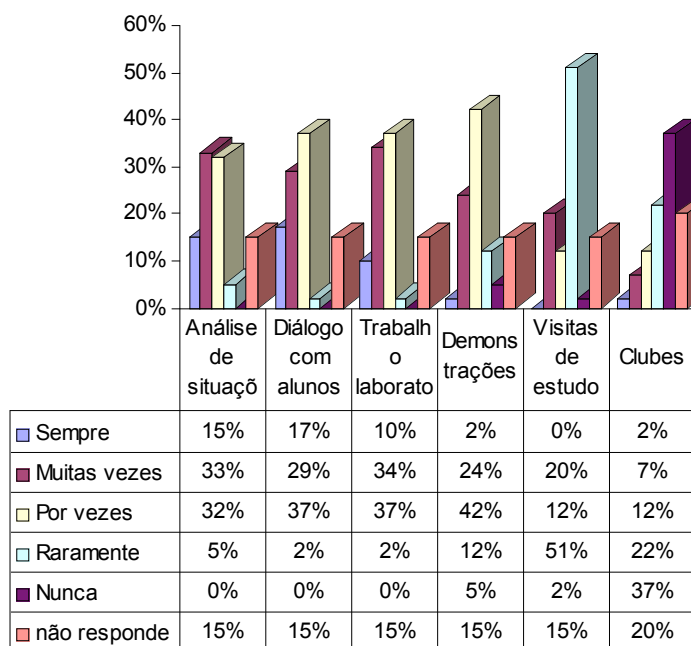
3.5.3. Estratégias utilizadas (10º e 11º anos)

Os Gráficos/tabelas seguintes referem-se às estratégias [3,4] utilizadas pelos docentes nas componentes de Física e Química da disciplina de Física e Química A.

V (a) - Estratégias utilizadas (10º e 11º anos)



V (b) - Estratégias utilizadas (10º e 11º anos)



A exposição de conteúdos, a resolução de exercícios e a resolução de problemas são estratégias muito usadas pelos professores. Recorre à exposição de conteúdos muitas vezes 42% dos docentes e por vezes 39%.

A percentagem de docentes que recorre à resolução de exercícios muitas vezes é 49% e por vezes 34%. Quanto à resolução de problemas a fracção dos que utiliza muitas vezes é 41% e por vezes é 37%.

Cerca de metade dos docentes utiliza por vezes a história da evolução dos conceitos. Contudo, só cerca de 17% destes utiliza sempre ou muitas vezes esta estratégia.

A percentagem dos docentes que raramente utiliza a desmontagem de concepções alternativas dos alunos (30%) é sensivelmente a mesma dos que utiliza muitas vezes esta estratégia. Somente um quarto dos professores admite raramente utilizar esta estratégia.

A interpretação de textos é utilizada pela maioria dos professores. Um quarto dos docentes interpreta textos muitas vezes e 47% admite por vezes fazê-lo. Somente 14% raramente ou nunca utilizam esta estratégia.

Os manuais escolares, a análise de situações reais e o diálogo com os alunos são estratégias frequentemente utilizadas. Mais de metade dos professores recorre ao manual adoptado muitas vezes e um pouco mais de um quarto por vezes utiliza-o.

Cerca de um terço dos professores utiliza a análise de situações reais, respectivamente, muitas vezes ou por vezes e 15 % admite fazê-lo sempre.

O diálogo com os alunos é uma estratégia utilizada sempre por 17% dos docentes, muitas vezes recorrem ao diálogo 29% e 37% fazem-no por vezes.

O trabalho laboratorial continua a ser bastante utilizado no processo ensino/aprendizagem. Mais de um terço dos professores admite recorrer muitas vezes a esta estratégia e 37% admite por vezes fazê-lo.

De acordo com os dados recolhidos, as demonstrações realizadas pelo professor não têm a mesma importância no processo ensino aprendizagem que o trabalho laboratorial. Os que admitem nunca ou raramente utilizar perfazem 17%, por vezes utilizam 42% e os que recorrem a esta estratégia muitas vezes ou sempre somam 26%. A experimentação e a demonstração têm o seu papel. É importante que o aluno verifique a lei e verifique que a lei funciona. Será uma mais valia se forem os alunos a executarem a experiência.

As visitas de estudo e os clubes de ciência são pouco utilizados como estratégia de ensino/aprendizagem. Embora um quinto dos docentes recorra muitas vezes às visitas de estudo, 12% só por vezes o fazem e cerca de metade raramente o

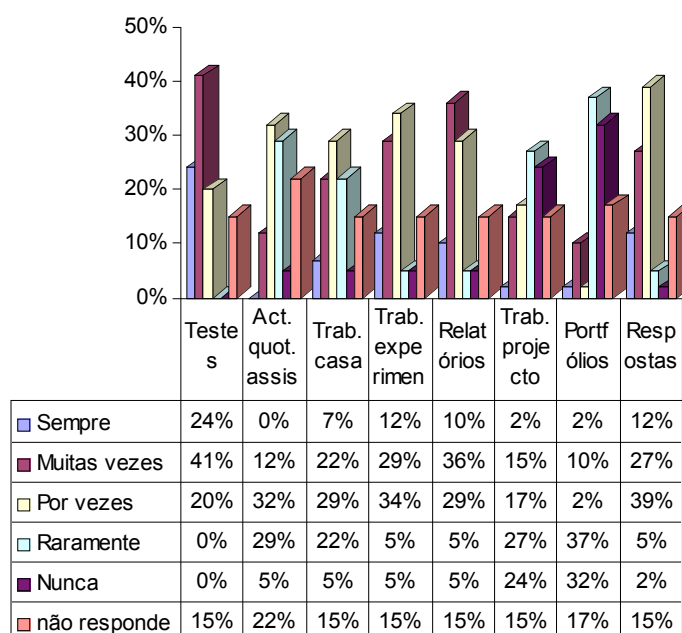
fazem. Quanto aos clubes de ciência somente cerca de um quarto dos docentes admite utilizar por vezes (12%) e muitas vezes (7%). A justificação para raramente ou nunca utilizar esta estratégia reside no facto da maioria das escolas não ter clubes de ciência por falta de instalações para o efeito e por não possuírem material adequado e ou suficiente.

As respostas dos licenciados em Física, Ensino de Física e Química, Química e Engenharia Química são semelhantes. Contudo, dos resultados ressaltam algumas curiosidades como por exemplo: mais de 50% dos Químicos raramente recorrerem à desmontagem de concepções alternativas dos alunos enquanto quase 50 % dos professores formados em Engenharia química recorrerem a esta estratégia de ensino; os dados dão conta que são os licenciados em ensino de física e Química que menos demonstrações fazem; ao contrário dos outros grupos de professores, são os licenciados em engenharia Química que mais recorrem a visitas de estudo.

3.5.4. Avaliação (10º e 11º anos)

O Gráfico/tabela seguinte refere-se aos instrumentos de avaliação [3,4] utilizados pelos docentes nas componentes de Física e Química da disciplina de Física e Química A.

VI - Avaliação



O principal instrumento de avaliação utilizado pelos professores é o teste escrito. No entanto, também são fundamentais outros instrumentos de avaliação como por exemplo trabalhos de natureza experimental e relatórios de actividades. As actividades assistidas e os trabalhos para casa, sendo instrumentos de avaliação importantes no processo ensino/aprendizagem, raramente são tidos em conta por cerca de um terço dos docentes. Somente 12% recorrem muitas vezes às actividades assistidas, enquanto os que têm em consideração os trabalhos de casa muitas vezes ou sempre perfazem 29%.

Quanto à avaliação recorrendo a actividades de natureza experimental, somente 10% dos professores admitem nunca ou raramente o fazer. Um elevado número de professores avalia esta componente. Os trabalhos de natureza experimental são avaliados muitas vezes ou sempre por 41% dos docentes e 46% procedem de igual modo em relação aos relatórios de actividades.

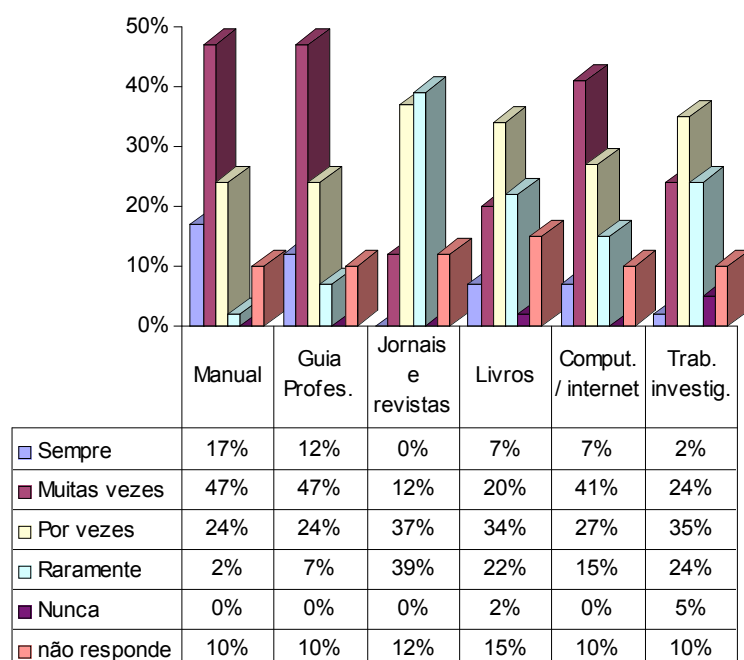
No que se refere aos trabalhos de projecto e portfólios, são os menos usados. Cerca de metade dos docentes admite nunca ou raramente utilizar trabalhos de projecto e a percentagem sobe para 69% quando se pronunciam sobre os portfólios. O reduzido recurso a estes instrumentos tem a ver com a falta de tempo e a dificuldade em motivar os alunos para este tipo de actividades já que, na maioria dos casos, implica trabalho suplementar.

As respostas dos licenciados em Física, Ensino de Física e Química, Química e Engenharia Química são semelhantes. Contudo os licenciados em Ensino de Física e Química parecem dar menos atenção aos trabalhos de casa do que os restantes professores. No tocante aos trabalhos de natureza experimental são os docentes com formação em Química e Engenharia Química que mais vezes os avaliam. Como se pode ver pelo gráfico/tabela, os trabalhos de projecto raramente são tidos em conta na avaliação. No entanto, os que mais admitem fazê-lo são os docentes com formação em Física. É também este grupo de docentes juntamente com os licenciados em química que mais importância dá às respostas orais ou por escrito a questões formuladas.

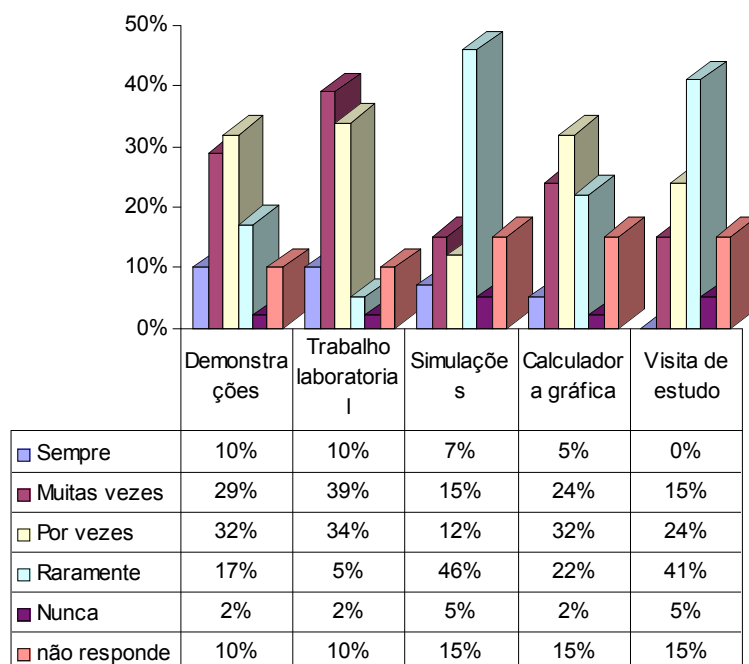
3.5.5. Recursos didácticos (10º e 11º anos)

Os Gráficos/tabelas seguintes referem-se aos recursos didácticos [3,4] a que recorrem os docentes na leccionação da disciplina de Física e Química A.

VII (a) - Recursos didáticos (10º e 11º anos)



VII (b) - Recursos didáticos (10º e 11º anos)



Os docentes do ensino secundário recorrem com muita frequência ao manual adoptado e ao guia do professor. Curiosamente, a percentagem de docentes que utiliza muitas vezes (47%) o manual adoptado e o guia do professor é a mesma. Quase um quarto dos professores utiliza-os por vezes, 17% utiliza sempre o manual adoptado e somente 12% recorre sempre ao guia do professor.

Os jornais e revistas continuam a não ser recursos muito utilizados, já que somente 15% dos docentes admitem fazê-lo. A fracção dos que raramente utilizam este recurso é superior um terço e igual percentagem admite por vezes fazê-lo.

Os livros técnicos ou de divulgação são instrumentos importantes no processo de ensino/aprendizagem. Mais de um quarto dos professores utiliza-os muitas vezes ou sempre e sensivelmente mais de um terço recorre a eles por vezes.

O computador / Internet é um instrumento extraordinariamente importante e é utilizado muitas vezes ou sempre por cerca de metade dos docentes. No entanto, 15% ainda não se renderam a este valioso meio, já que raramente o utilizam.

Sensivelmente um quarto dos docentes recorre muitas vezes ao trabalho de investigação, mas cerca de 29% deles nunca ou raramente o fazem.

As demonstrações laboratoriais são recursos que 19% dos professores nunca ou raramente utiliza, mas em contrapartida 39% recorre a elas com muita frequência.

O trabalho laboratorial configura-se como um recurso poderoso a que sensivelmente metade dos docentes recorre sempre ou muitas vezes. Ao invés, somente 7% nunca ou raramente utiliza este recurso.

O computador é um recurso adoptado pela grande maioria dos professores contudo, sensivelmente metade não utiliza as simulações computacionais. Somente cerca de um quinto dos professores admite recorrer muitas vezes às simulações computacionais. As simulações permitem actividades novas, maior rapidez e motivam mais os alunos. Contudo, se não forem devidamente exploradas poderão revelar-se fontes de distracção desviando a atenção do aluno do que +é verdadeiramente essencial.

O uso da calculadora gráfica como instrumento de aquisição e processamento de dados está a generalizar-se. Uma fracção inferior a um quarto dos professores raramente utiliza este recurso. Contudo, 29% recorre a este meio sempre ou muitas vezes e cerca de um terço admite por vezes fazê-lo.

Há uma certa divisão entre os docentes relativamente às potencialidades das visitas de estudo. Assim, 39% utilizam frequentemente este recurso, mas 46% nunca ou raramente o fazem.

Relativamente à divisão dos docentes em função da sua formação inicial, as suas respostas são semelhantes. No entanto, os resultados indicam que as simulações computacionais são recursos menos utilizados pelos docentes com formação em Química e Engenharia Química. A grande maioria destes docentes raramente utiliza como recurso a simulação computacional. Todos os grupos de docentes raramente recorrem a visitas de estudo, mas 50% dos Engenheiros químicos fazem-no por vezes enquanto somente 25% dos Físicos e dos Químicos por vezes o faz.

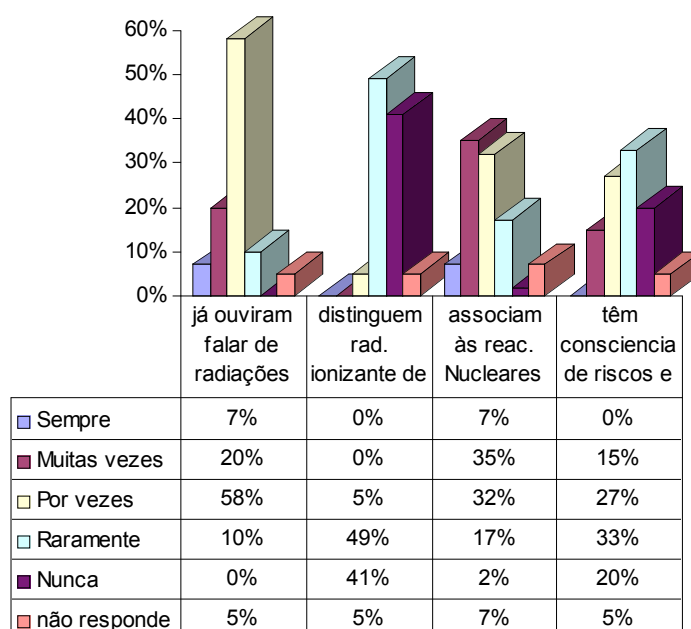
Constata-se também que mais de metade dos professores com formação em Química raramente utiliza jornais e revistas nas aulas.

Os resultados indicam ainda que, são os professores até 40 anos de idade ou até 10 anos de serviço os que mais recorrem a jornais / revistas, ao computador / Internet e ao trabalho de investigação. Destes docentes recorre a jornais/revistas muitas vezes 29%, ao computador/Internet sempre ou muitas vezes 73% e 88% respectivamente e ao trabalho de investigação sempre ou muitas vezes 47% e 86% respectivamente.

3.5.6. Balanço dos resultados atingidos no ensino

O Gráfico/tabela seguinte refere-se ao balanço dos resultados conseguidos no início do ensino secundário.

VIII - No início do ensino secundário os alunos ...



Sensivelmente um quarto dos professores é de opinião que a população estudantil ouviu falar frequentemente de radiações. No entanto, a grande maioria dos docentes considera que (58%) dos alunos só por vezes ouviu falar em assuntos relacionados com radiações.

Os professores licenciados em física ou ensino de Física e Química são os mais optimistas. Enquanto que 75% destes considera que os alunos já ouviram falar de radiações no início do ensino secundário, 77% dos Químicos e 62% dos Engenheiros Químicos entende que raramente ouviram falar.

A opinião dos docentes também varia com o tempo de serviço. Enquanto 78% dos professores com mais de 10 anos de serviço entende que os alunos no início do ensino secundário raramente ou nunca ouviram falar de radiações, somente 44% dos docente até 10 anos de serviço partilha da mesma opinião.

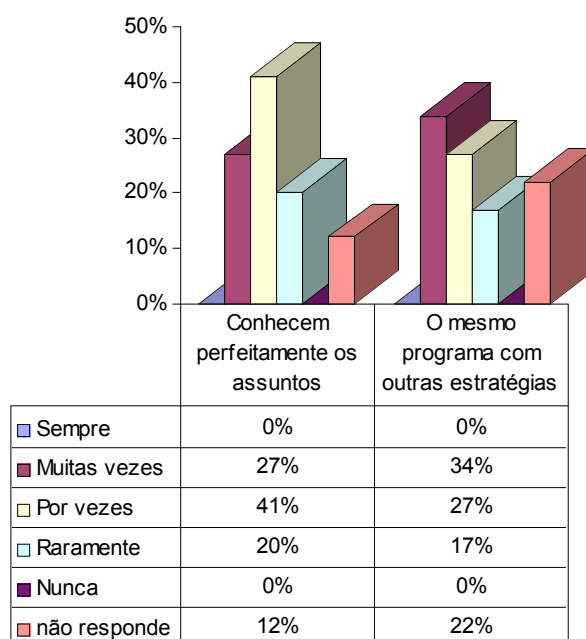
Os conhecimentos que supostamente foram adquiridos pelos alunos não lhes permitem distinguir entre radiação ionizante e radiação não ionizante. De acordo com metade dos docentes, os alunos raramente fazem distinção entre radiação ionizante e não ionizante enquanto 41% dos primeiros afirma que os alunos nunca a fazem.

Uma fracção considerável dos professores (42%) é de opinião que os alunos associam frequentemente às radiações nucleares elevados valores de energia. No entanto, este facto não permite concluir que os alunos demonstram grandes conhecimentos nesta área. Somente 15% dos professores entende que os alunos têm consciência dos riscos e benefícios associados ao uso das radiações ionizantes. Na verdade, mais de metade dos professores inquiridos considera que os alunos nunca ou raramente têm consciência relativamente ao assunto em questão. Dos professores que partilham esta opinião, 68% têm mais de 10 anos de serviço e 44% até 10 anos.

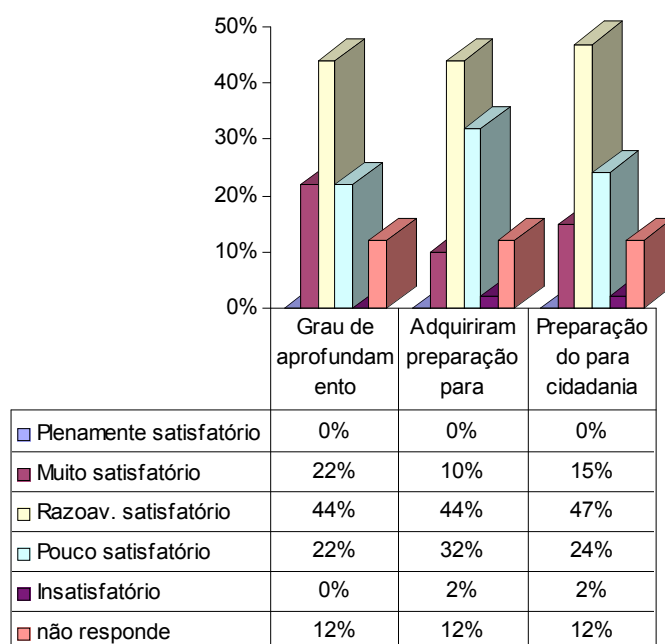
IX – No final do ensino secundário ...

Os gráficos/tabelas seguintes referem-se ao balanço dos resultados atingidos no final do ensino secundário.

IX (a) - No final do ensino secundário



IX (b) - No final do ensino secundário ...



Mais de um quarto dos professores considera que no final do ensino secundário, os alunos demonstram muitas vezes conhecer perfeitamente os assuntos relacionados com radiações. Um quinto dos docentes mostra-se mais céptico e entende que os alunos raramente conhecem perfeitamente os assuntos referidos.

Não há consenso entre os professores relativamente ao grau de aprofundamento destes assuntos. A percentagem dos que consideram o grau de aprofundamento muito satisfatório (22%) é a mesma dos que consideram pouco satisfatório. Os restantes 44% que se pronunciaram consideram razoavelmente satisfatório tal aprofundamento.

A maioria dos alunos não adquire preparação para compreender debates sociais, políticos, económicos, médicos e tecnológicos sobre radiação e energia nuclear e tomar uma posição esclarecida e fundamentada sobre tais assuntos. Na verdade, mais de um terço dos docentes entende que a preparação dos alunos é insatisfatória ou pouco satisfatória. Somente uma fracção de 10% é de opinião que a preparação dos alunos é muito satisfatória.

No tocante à preocupação do programa para conferir competências de cidadania continua a descrença dos docentes. Cerca de um quarto dos professores é de opinião que a preparação é insatisfatória ou pouco satisfatória. Ao invés, 15% entendem que o programa prepara de forma muito satisfatória para a cidadania e menos de metade dos docentes considera a preparação razoavelmente satisfatória.

Na opinião de cerca de um terço dos docentes o mesmo programa com outras estratégias e recursos teria preparado melhor. Contudo, 17% entendem que outras estratégias e recursos raramente influenciariam a preparação dos alunos. Os resultados parecem evidenciar que alguns professores ainda não terão reflectido seriamente sobre esta problemática já que número dos que não respondem relativamente às anteriores aumentou para cerca do dobro.

Finalmente refira-se que a evolução verificada com a mudança de ciclo não é satisfatória. No ensino secundário os conhecimentos que possivelmente os alunos adquiriram não constituem uma mais valia, já que a preparação não é consistente e significativa. A maioria dos alunos parece continuar sem perceber o mundo que os rodeia.

3.6. Conclusão

A validação dos resultados deveria ser feita através de um teste de fiabilidade e coerência. Contudo, entendendo que 41 respostas é muito pouco para aplicar tal teste.

Assim, comparei as respostas dos licenciados em Física, Ensino de Física e Química, Química e Engenharia Química, e também as respostas dadas pelos docentes em função do tempo de serviço e da idade.

A análise que se faz quantitativamente é pouco significativa, no entanto a pequena amostra (41) permite tirar algumas conclusões qualitativas.

Os resultados obtidos mostram uma classe só moderadamente satisfeita com a actividade docente.

Um pouco mais de metade dos docentes considera a sua formação inicial sobre radiações pouco satisfatória. Contudo, e algo estranhamente, uma fracção de cerca de dois terços sente-se razoavelmente confortável na abordagem destes assuntos. Os docentes licenciados em Engenharia Química são os que se mostram mais descontentes com a sua formação nesta área. É de crer que tenham surgido alterações positivas no ensino superior pois, os docentes até 40 anos de idade ou até 10 anos de serviço são os que revelam maior satisfação com a sua formação inicial.

Na generalidade, a frequência de acções de formação sobre novos programas ou assuntos relacionados com radiações é relativamente baixa. Quase um quarto dos docentes admite ter recebido sempre ou muitas vezes formação sobre os novos programas, no entanto, sensivelmente a mesma percentagem só por vezes frequentou acções sobre radiações. Os restantes docentes raramente ou nunca receberam formação, para além da inicial, na área da física das radiações.

As justificações apontadas para não frequentar as referidas acções são diversas sendo as mais referidas a falta de oferta, a falta de disponibilidade pessoal e a opção por outro tipo de formação.¹

Quanto aos assuntos sobre radiações abordados no 3º ciclo do ensino básico, cerca de um terço dos inquiridos considera razoavelmente satisfatório o grau de aprofundamento dos diversos temas, à excepção do processo de transferência de energia por radiação. Deve salientar-se ainda que nos itens produção de energia em centrais nucleares e vantagens e desvantagens da utilização de centrais nucleares na produção de energia eléctrica a fracção que considera o grau de aprofundamento pouco satisfatório ou insatisfatório é semelhante à percentagem que tem opinião contrária.

No ensino secundário uma boa parte dos docentes considera pouco satisfatório o grau de aprofundamento de assuntos como por exemplo efeitos da irradiação de objectos com diferentes fontes de energia, efeitos das radiações ionizantes sobre os

¹ Foi feita uma proposta de formação sobre esta temática e não consegui despertar o interesse dos docentes da Área Educativa de Leiria.

seres vivos, radiação de fundo e vantagens e desvantagens das centrais nucleares na produção de energia eléctrica.

Os docentes com formação inicial em Física ou Ensino de Física e Química consideram que nenhum dos assuntos inquiridos leccionados na componente de química 10º ano é abordado com um grau de profundidade plenamente satisfatório. Curiosamente, na componente de Física 11º ano encontramos professores com formação inicial em Física e Engenharia Química que consideram bastante satisfatório o grau de aprofundamento dos assuntos em questão.

Quanto às estratégias utilizadas na leccionação da disciplina de Física e Química A, os docentes continuam a dar pouca importância às visitas de estudo e clubes. No entanto, cerca de metade utiliza por vezes a história da evolução dos conceitos como estratégia de ensino.

A análise dos dados permite concluir que, mais de 50% dos Químicos raramente recorrerem à desmontagem de concepções alternativas dos alunos enquanto quase 50 % dos professores formados em Engenharia Química utilizam esta estratégia de ensino. Consta-se ainda que, os licenciados em Ensino de Física e Química são os que menos demonstrações fazem e os licenciados em Engenharia Química os que mais recorrem a visitas de estudo.

Os jornais ou revistas e as simulações computacionais são recursos pouco utilizados pela grande maioria dos professores. Os resultados indicam que, são os docentes com formação em Química e Engenharia Química que menos recorrem às simulações computacionais e mais de metade dos Químicos raramente utiliza jornais ou revistas nas suas aulas. Os professores até 40 anos de idade ou até 10 anos de serviço são os que mais recorrem a jornais / revistas, ao computador / Internet e ao trabalho de investigação.

O principal instrumento de avaliação utilizado pelos professores é o teste escrito. No entanto, os docentes também avaliam com frequência as actividades experimentais e os relatórios das actividades. Na generalidade, os professores da disciplina de Física e Química A recorrem pouco ao trabalho de projecto e a portfólios como instrumentos de avaliação. Os Físicos são os que atribuem maior importância ao trabalho de projecto e os Químicos e os Engenheiros Químicos às actividades de natureza experimental.

Os dados parecem indicar que, no início do ensino secundário os alunos já ouviram falar de radiações. Contudo, os conhecimentos que supostamente foram adquiridos não lhes permitem distinguir entre radiação ionizante e radiação não ionizante. Mais de metade dos professores inquiridos considera que os discentes

nunca ou raramente têm consciência dos riscos e benefícios associados ao uso das radiações ionizantes. A opinião dos professores difere conforme a experiência de ensino já que, dos que partilham desta opinião, 81% tem mais de 10 anos de serviço e 29% até 10 anos.

No ensino secundário não há consenso entre os professores relativamente ao grau de aprofundamento dos assuntos sobre radiações. Enquanto 44% dos inquiridos o considera razoavelmente satisfatório, para 22% é muito satisfatório e pouco satisfatório, respectivamente.

A opinião dos docentes parece evidenciar uma evolução positiva na preparação dos alunos no ensino secundário relativamente ao 3º ciclo. Contudo, esta não se afigura consistente e significativa, pois a maioria dos alunos não adquire preparação para compreender debates sociais, políticos, económicos, médicos e tecnológicos sobre radiação e energia nuclear e tomar uma posição esclarecida e fundamentada sobre tais assuntos. Na verdade, mais de um terço dos docentes entende que a preparação dos alunos é insatisfatória ou pouco satisfatória e somente uma fracção de 10% a considera muito satisfatória.

Cerca de um terço dos professores é de opinião que outras estratégias e outros recursos teriam preparado melhor. Ao invés, e um pouco estranhamente, uma fracção de 17% entende que outras estratégias e outros recursos raramente melhorariam a preparação dos alunos.

Estes dados parecem evidenciar a necessidade de reflexão em torno desta problemática. Os resultados do processo ensino/aprendizagem dependerão da reflexão que se fizer acerca do que ensinar, mas sobretudo como ensinar. Para cumprir este desidrato é necessário uma verdadeira formação contínua, pois ninguém ensina bem aquilo que não conhece bem.

Referências bibliográficas

- [1] Tuckman, Bruce (2000) **Manual de Investigação em Educação**, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa.
- [2] Educação, Ministério de, DES programa de Ciências Físicas e Naturais, 3º Ciclo, 2001
- [3] Educação, Ministério de, DES programa de Física e Química A 10º ano, 2001
- [4] Educação, Ministério de, DES programa de Física e Química A 11º ano, 2003

Capítulo 4 – Programas leccionados em países europeus

4.1. Introdução

Neste capítulo dá-se a conhecer como está organizado o ensino da Física no Reino Unido e na Espanha. São apresentados os tópicos sobre física das radiações leccionados nas escolas dos respectivos países e dá-se uma visão geral dos currículos de Física e de Química com o intuito de permitir avaliar a importância atribuída a esta temática.

Finalmente, compara-se o que se faz no ensino básico e secundário em Portugal, na Espanha e no Reino em diversos aspectos do processo educativo, nomeadamente currículos, política educativa e prática docente.

4.2. Reino unido

Por lei, todas as crianças com idades compreendidas entre os 5 e os 16 anos estão sujeitas ao ensino obrigatório. O Reino Unido introduziu um currículo nacional em 1992 e as escolas de estado são responsáveis por pô-lo em prática até que os estudantes alcancem os 14 anos de idade. No entanto, as escolas independentes ou “particulares” a tal não são obrigadas. O currículo nacional para jovens com idades entre 14 e 16 anos entrou em vigor em Setembro de 2004.

O ensino obrigatório está organizado em quatro ciclos, dois deles no ensino secundário. As idades dos alunos do ensino secundário obrigatório estão compreendidas entre 11 e 14 anos para os alunos do 7º ao 9º ano de escolaridade e dos 14 aos 16 anos para os alunos dos 10º e 11º anos.

O currículo nacional na área de ciências foi alvo de revisão em 1991, 1995 e 2000. O programa de ciências está dividido em quatro secções:

scientific enquiry (practical science, investigations and investigative skills);

life processes and living things (broadly, biological science);

materials and their properties (broadly, chemical science);

physical processes (broadly, physical science).

O currículo do 7º ao 9º ano entrou em vigor em setembro de 2002 e o do 10º ao 11º em Setembro de 2004. Globalmente, o currículo nacional¹ define quatro "estádios chave".

Estádio chave 1 (Key stage 1): até aos sete anos de idade (1º e 2º anos)

Estádio chave 2 (Key stage 2): sete a onze anos (3º, 4º, 5º e 6º anos)

Estádio chave 3 (Key stage 3): onze a catorze anos (7º, 8º e 9º anos)

Estádio Chave 4 (Key stage 4): catorze a dezasseis anos (10º e 11º anos) - preparação para qualificações vocacionais académicas e equivalentes.

Os assuntos nacionais do núcleo do currículo são: inglês, matemática e ciências. As escolas do País de Gales e Irlanda do Norte seguem uma estrutura similar. As escolas podem desenvolver elementos adicionais do currículo para satisfazer as necessidades dos alunos e da população em geral, específicas de cada região.

O currículo nacional inglês não é rígido, ajusta-se às necessidades de aprendizagem para todas as crianças e jovens até aos dezasseis anos. Determina o índice do que será ensinado, dos objectivos de realização e como será avaliado.

O currículo nacional de Inglaterra é revisto regularmente para assegurar-se de que continua lado a lado com as necessidades em mudança dos alunos, da sociedade e para emendar e adaptar o planeamento em conformidade. Estas mudanças permitem às escolas uma maior oferta e aos jovens adquirir o núcleo geral da aprendizagem e experiência que será essencial, mais tarde, no ensino e no emprego.

No estágio chave 4, os jovens devem ver como os seus estudos conduzirão a uma instrução adicional ou ao emprego e serão ajudados a desenvolver competências e "habilidades" tais como: análise, resolução de problemas, raciocínio e comunicação.

Para cada assunto e para cada estágio chave para além do estabelecido no currículo nacional, há lugar a actividades (projectos) que vão de encontro às necessidades e interesses dos alunos e das comunidades. As escolas escolhem como organizar o seu currículo de escola para incluir nos programas de estudo. As escolas fornecem a tecnologia necessária, materiais, software, etc., e as bibliotecas estão devidamente equipadas para permitir esta aprendizagem.

Em Inglaterra há uma exigência estatutária para que as escolas incluam no currículo aprendizagem relacionada com o mundo do trabalho para todos os estudantes do estágio chave 4, sendo dadas aos estudantes oportunidades para que:

- aprendam através das experiências directas do trabalho.
- desenvolvam o conhecimento e a compreensão do trabalho na empresa.

¹ O currículo, da Inglaterra, do País de Gales e da Irlanda do Norte é ligeiramente diferente do da Escócia.

- aprendam para o trabalho, desenvolvendo capacidades para enfrentar os desafios colocados na empresa .

Apresentam-se a seguir os tópicos sobre as radiações leccionados nas escolas do Reino Unido [1].

Key stage 1

Waves: *Visible light.*

Light: *Light sources; Properties of light generally; Reflection; colour; Vision.*

Key stage 2

Waves: *Reflection, refraction & difracion ; Visible light ; Ultraviolet ; X-rays.*

Light: *Light sources; Properties of light – generally; Reflection ; Refraction; Colour ; Vision.*

Key stage 3

Waves: *Wave characteristics – generally; Wave amplitude, frequency, peed & wavelengt; Transverse waves; Longitudinal waves; Reflection, refraction & diffraction; Electromagnetic spectrum; Radio waves; Microwaves; Infrared; Visible light; Ultraviolet; X-rays; Gamma rays; Information transmission, analogue & digital signals; Seismic waves.*

Radioactivity: *Nuclear decay; Background radiation; Alpha/beta/gamma radiation; Uses of radioactivity, including radioactive dating; Half-life.*

Energy: *Energy resources; Radiation*

Key stage 4²

Waves: *Wave characteristics – generally; Wave amplitude, frequency, speed & wavelengt; Transverse waves; Longitudinal waves; Reflection, refraction & diffraction; Electromagnetic*

² Entrou em vigor no ano lectivo de 2004/2005

spectrum; Radio waves; Microwaves; Infrared; Visible light; Ultraviolet; X-rays; Gamma rays; Information transmission, analogue & digital signals; Seismic waves.

Radioactivity: *Nuclear decay; Background radiation; Alpha/beta/gamma radiation; Uses of radioactivity, including radioactive dating; Half-life.*

Light: *Light sources; Properties of light – generally; Reflection; Refraction; Colour; Vision.*

Energy: *Energy resources; Radiation.*

Analisando a lista de tópicos, parece que há sobreposição entre os diversos estádios. De facto, o que acontece é que, a abordagem dos assuntos relacionados com radiações tem em conta os conhecimentos físicos e matemáticos assim como o desenvolvimento dos alunos.

Os assuntos abordados na área de Ciências são praticamente os mesmos ao longo dos quatro estádios chave. A evolução dos alunos permite aumentar o grau de aprofundamento dos assuntos e introduzir novos temas.

No estádio chave 1 são tratados os temas:

Conhecimento científico; “processos de vida”; seres humanos e outros animais; plantas verdes; ambiente; sólidos líquidos e gases; materiais e “produtos úteis”; reacções químicas; electricidade e magnetismo; ondas; forças e movimento; luz; som; a Terra e o “além”; energia; ferramentas da Ciência; energia e transferência de nutrientes.

O estádio chave 2 consiste na revisão e consolidação dos saberes adquiridos no estádio anterior e são abordados pela primeira vez os temas:

Elementos, compostos e misturas, materiais em mudança, obtenção e uso de materiais, Ciência da terra e reacções químicas.

No estádio chave 3 aprofundam-se os conhecimentos adquiridos no estádio anterior e são introduzidos os temas:

átomos e moléculas; radioactividade.

O estádio chave 4 consiste na abordagem e consolidação de todos os assuntos leccionados no estádio chave anterior.

Após o ensino obrigatório, para obter o certificado geral da instrução secundária (GCSE), os alunos prestam provas de exame. Os exames, das componentes de Física, de Química e de Ciência aplicada incidem sobre os seguintes assuntos:

Química

Conhecimento científico; sólidos líquidos e gases; átomos e moléculas; elementos, compostos e misturas; materiais em mudança; obtenção e uso de materiais; Ciência da terra; reacções químicas; química orgânica.

Física

Conhecimento científico; electrónica; electricidade e magnetismo; ondas; radioactividade; forças e movimento; luz; som; a terra e o além; energia.

Ciência aplicada

Saúde e segurança; perigos; fogos e prevenção de fogo; primeiros socorros; conhecimento científico; realização de tarefas práticas; apresentação de dados; investigação de organismos vivos; biologia de coisas vivas; cultivar; produtos das plantas; genética; higiene; biologia humana; obtenção de produtos químicos úteis; investigação química; estrutura atómica; investigação de materiais; electricidade e radioactividade; a importância e a geração da energia; instrumentos e máquinas; monitorando organismos vivos.

4.3. Espanha

A Física, em Espanha, é ensinada no ensino secundário. O ensino secundário está organizado em obrigatório e facultativo (*Bachillerato*). O ensino obrigatório é constituído por quatro anos e o *Bachillerato* por dois. As idades dos alunos, no currículo obrigatório, estão compreendidas entre os doze e os dezasseis anos e no *Bachillerato* entre os dezasseis e os dezoito [4,7].

No currículo, as matérias de Biologia, Geologia, Física e Química foram englobadas na área de Ciências da Natureza nos dois primeiros cursos desta etapa. Tal associação permitiu criar uma unidade e manter a aproximação do conjunto dos conhecimentos dos fenómenos naturais, integrando conceitos e estabelecendo relações entre os mesmos. Pretende-se que o aluno descubra a existência de marcos conceptuais e procedimentos de indagação comuns aos diferentes âmbitos do conhecimento científico.

No segundo ciclo, dada a maturidade dos alunos e a sua diversidade de interesses, as matérias podem ser separadas para permitir aprofundar de um modo mais especializado os conteúdos. No 3º curso de educação Secundária obrigatória, com a finalidade de aprofundar o estudo de aspectos concretos, considera-se necessário separar a área das

Ciências da Natureza das matérias de Física e Química e Biologia e Geologia. Tendo em consideração os conhecimentos matemáticos que possuem os alunos, no 3º curso, predominam os conteúdos de Química sobre os de Física e no 4º Curso os de Física sobre os de Química, para que no final da etapa o conhecimento de ambas as matérias seja homogéneo e adequado.

Apresentam-se a seguir os tópicos sobre as radiações leccionados nas escolas da Espanha, no ensino Secundário obrigatório e facultativo [2,3,6].

EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA
CIENCIAS DE LA NATURALEZA
SEGUNDO CURSO³

MATERIA Y ENERGÍA

- *Los sistemas materiales y la energía.*
Tipos de energía. Fuentes de energía.
- *La energía que percibimos.*
Propagación de la luz y el sonido. Diferencias entre ellas.
Otros tipos de ondas.
Percepción de la luz y del sonido: el ojo y el oído.
El calor: energía en tránsito. Efectos.
Calor y temperatura. Los termómetros.
Propagación del calor. Aislantes y conductores.
Percepción del calor: la piel.

TRÁNSITO DE ENERGÍA EN LA TIERRA

- *La energía externa del planeta.*
Origen de la energía solar.
La atmósfera como filtro de la energía solar: su estructura.
La energía reflejada: efecto invernadero; últimas directrices internacionales.
La Hidrosfera como regulador térmico. Corrientes, mareas, olas.
Distribución de la energía solar que llega a la superficie del planeta: origen de los agentes geológicos externos.

³ Entrou em vigor no ano lectivo de 2003/2004

FÍSICA Y QUÍMICA
TERCER CURSO⁴
CAMBIOS QUÍMICOS Y SUS APLICACIONES

- *La química en la sociedad.*
Energía nuclear.

ENERGÍA Y ELECTRICIDAD

- *Energía.*
Energías tradicionales.
Fuentes de energía.
Energías alternativas.
Conservación y degradación de la energía.

CUARTO CURSO⁵

FUERZAS Y MOVIMIENTO

- *Intercambios de energía.*
Calor y transferencia de energía.
Efectos del calor sobre los cuerpos.
- *La energía de las ondas: luz y sonido.*
Concepto de onda. Tipos y características de las ondas.
Transferencia de energía sin transporte de masa.
La luz y el sonido. Propiedades de su propagación.
Espectro lumínico.

Física Y Química⁶
1º Bachillerato

A disciplina de Física e química do 1º Curso do *Bachillerato* tem fundamentalmente uma função formativa e propedêutica (acesso ao 2º curso do *Bachillerato* nas melhores

⁴ Entrou em vigor no ano lectivo de 2002/2003

⁵ Entrou em vigor no ano lectivo de 2003/2004

⁶ Entrou em vigor no ano lectivo de 2004/2005

condições) sendo ao mesmo tempo orientadora e terminal, pois os alunos podem não escolher no curso seguinte alguma das disciplinas que tiveram neste.

O estudo da física centra-se principalmente no estudo da mecânica (forças, movimentos e energia) e da corrente eléctrica.

A química está programada em dois temas: natureza e estrutura da matéria e reacções químicas.

Física⁷

2º Bachillerato

A física do *2º Bachillerato* está organizada segundo os seguintes temas: Mecânica, Electromagnetismo e Física Moderna.

O electromagnetismo considera os campos electrostático e magnético, os fenómenos de indução electromagnética, as ondas electromagnéticas, a óptica física e geométrica. Por último a Física Moderna ocupa-se dos principais conceitos surgidos das crises da Física nos finais do século XIX: o problema do éter e a explicação da radiação do corpo negro, que deram lugar, respectivamente, à teoria da Relatividade e à teoria Quântica.

CONTENIDOS

Óptica

- *Las ondas electromagnéticas y su espectro. El espectro visible.*
- *Naturaleza de la luz: modelos corpuscular y ondulatorio.*
- *Estudio de fenómenos relevantes asociados a la propagación de la luz: reflexión, refracción y difracción. Determinación experimental del índice de refracción de un vidrio basándose en la ley de Snell-Descartes.*
- *Dispersión de la luz: estudio teórico y experimental del color.*
- *Óptica geométrica: dióptrios esférico y plano.*
- *Estudio teórico y experimental de espejos, lentes delgadas y otros instrumentos ópticos.*
- *El ojo humano: descripción y funcionamiento. Defectos y su corrección.*

Introducción a la Física Moderna

- *Insuficiencia de la Física Clásica. De la experiencia de Michelson-Morley a la Teoría de la Relatividad Especial de Einstein: estudio de los conceptos más fundamentales, como*

⁷ Entrou em vigor no ano lectivo de 2005/2006

dilatación temporal y contracción de Lorentz-Fitzgerald. Breve introducción cualitativa a la Teoría de la Relatividad General.

- *De los espectros discontinuos y el efecto fotoeléctrico a la cuantización de la energía (Planck).*
- *Dualidad onda-corpúsculo y principio de incertidumbre: interpretación y significado físico.*
- *Breve introducción a la teoría estándar de las partículas fundamentales.*
- *Física nuclear: composición y estabilidad de los núcleos. Radiactividad natural y artificial. Balances de masa-energía en reacciones nucleares. Fisión y fusión nuclear.*
- *Energía nuclear: Usos. Efectos sobre los seres vivos y el Medio Ambiente.*

4.4. Comparação

Comparando os programas leccionados em Portugal, Reino Unido e Espanha, no tocante ao assunto radiações, não se detectam diferenças significativas. A principal reside no atraso de décadas que o nosso país apresenta em termos culturais, económicos, sociais, etc., relativamente aos países em questão. Enquanto no Reino Unido e na Espanha a física das radiações faz parte dos programas oficiais há já algum tempo, no nosso país somente no ano lectivo de 2003/2004 entrou em vigor o programa do 10º ano, no ano lectivo seguinte o do 11º e o do 12º no ano lectivo de 2005/2006.

Os governantes dos países em questão aperceberam-se em devido tempo que investir na educação seria a alavanca para o desenvolvimento dos respectivos países. As influências da instrução reflectem os valores da sociedade e o tipo de sociedade que nós pretendemos. Os responsáveis vêem a instrução como a rota para a igualdade de oportunidades, para uma democracia saudável e justa, o meio para estabelecer um compromisso com as virtudes da verdade, da justiça, da honestidade, da confiança e de um sentido de dever para com as nossas comunidades.

Assim, puseram em prática verdadeiras reformas no ensino e criaram condições para que estas fossem incrementadas. As escolas foram dotadas de condições e toda a comunidade educativa foi chamada a intervir e a participar no processo, tornando-se co-responsável. Em Espanha realizaram-se acções preparatórias para as alterações curriculares. Estas acções, integradas no programa emergente da reformulação de conteúdos e materiais educativos, foram acompanhadas de actividades de actualização dos professores em serviço, destinadas a proporcionar uma orientação inicial sobre a abordagem de temas básicos.

Na elaboração dos currículos espanhol e inglês, os responsáveis tiveram em consideração que um currículo eficaz dá, aos professores, alunos, pais, empregadores e à

comunidade em geral, liberdade de partilha e compreensão de capacidades e conhecimentos que os alunos alcançarão na escola. Ao contrário, no nosso país a comunidade educativa, professores, pais, etc., são muitas vezes arredados de todo o processo. As decisões da classe política raramente são suportadas pela comunidade educativa, já que, na maioria dos casos a sua opinião é contrária às decisões governamentais.

Finalmente, o currículo nacional inglês permite às crianças e jovens melhorar a sua própria aprendizagem e desempenho, avaliar criticamente o seu trabalho, e identificar maneiras de o melhorar. São incentivados a identificar as finalidades da aprendizagem, reflectir nos processos da aprendizagem, avaliar o progresso na aprendizagem, identificar obstáculos ou problemas na aprendizagem e planear maneiras de melhorar a aprendizagem. Todos os assuntos fornecem oportunidades para os alunos reverem o seu trabalho e discutirem maneiras para melhorarem a sua aprendizagem.

Os valores do núcleo do mundo do trabalho e o currículo nacional, ao lado das escolas avançadas, são um excelente pilar para os jovens conseguirem os seus objectivos e aspirarem a voos mais altos.

Após cinco anos da instrução secundária, os estudantes fazem provas de exame para obterem o certificado geral da instrução secundária (GCSE). Os alunos, geralmente, prestam provas a cerca de dez disciplinas, não havendo limite mínimo nem máximo.

Depois dos exames, os estudantes podem deixar o Ensino Secundário. Uma opção é continuar a sua instrução em faculdades vocacionais ou técnicas, em alternativa, podem fazer, após um ano, um exame de um nível de conhecimento mais elevado. Depois de dois anos de estudo, os estudantes podem realizar provas de exame (nível curto para o nível avançado) que são requisitos para a entrada na Universidade.

Em relação ao país vizinho, o governo fixa os conteúdos mínimos, que constituem os elementos básicos do currículo, com a finalidade de garantir uma formação comum a todos os alunos e certificar os títulos correspondentes. Estes conteúdos, não requerem mais de 55% dos horários escolares nas Comunidades Autónomas que tenham outra língua própria além da castelhana e 65% no caso daquelas que a não tenham.

As administrações educativas competentes estabelecem o currículo da Educação Secundária Obrigatória, do qual fazem parte, em todo o caso, os conhecimentos mínimos fixados no Decreto Real 3473/2000, de 29 de Dezembro [5].

Para os alunos com mais de dezasseis anos de idade, os grupos de docentes podem estabelecer currículos diversificados. Para tal, deverão fazer previamente a avaliação psicopedagógica, ouvidos os alunos e os seus pais, com o conhecimento da inspecção

educativa. Estes currículos têm como objectivo que os alunos adquiram capacidades gerais próprias desta etapa. Com este fim, as actividades educativas incluirão, pelo menos, três áreas do currículo básico e em todo o caso terão elementos formativos de âmbito linguístico, assim como elementos do âmbito científico-tecnológico. O programa próprio para cada aluno deverá incluir uma clara especificação da metodologia, conteúdos e critérios de avaliação personalizados de acordo com o estabelecido pelas administrações educativas.

No nosso país, o currículo do ensino secundário contempla sessões de “carácter prático-laboratorial, com a turma dividida em turnos, no máximo com 12 alunos cada. Estas aulas deverão ser conduzidas no laboratório equipado para o efeito e apoiado por um técnico de laboratório a tempo inteiro”. (FQA 10º Ano) Contudo, as aulas continuam, muitas vezes, a decorrer em laboratórios que mais não são do que simples salas de aula e ultrapassando o número máximo de alunos por turno. Na grande maioria das escolas portuguesas o apoio não existe simplesmente porque não há técnico de laboratório. Não raras vezes os docentes têm dificuldade em preparar as suas aulas nomeadamente as experimentais por falta de condições, treino e preparação sobre diversos assuntos.

Na prática docente, constata-se que um elevado número de alunos, no final do ensino secundário, não sabe fazer medições. Uma das razões para que tal suceda poderá dever-se à realização de poucas actividades experimentais motivada pela falta de condições nas escolas. Ao invés, pela análise dos currículos espanhol e inglês, parece resultar claro que, na generalidade, os alunos destes países quando terminam o ensino secundário sabem fazer medidas. O trabalho laboratorial permite aos estudantes adquirir progressivamente, ao longo do percurso escolar, entre outras, a capacidade de registar dados qualitativos e quantitativos, apresenta-los sobre a forma de tabelas, gráficos, esquemas, etc. tendo em atenção, não só, as unidades utilizadas como as incertezas nas medições.

Uma actividade experimental não termina com o registo dos resultados. Assim, os professores deverão ter a preocupação em incentivar e orientar os alunos para que, procedam à análise dos dados, registem as conclusões pertinentes e sugiram alterações ao protocolo com vista à obtenção de melhores resultados.

Nos programas homologados do ensino secundário para o 10º e 11º anos, verifica-se que não se abordam muitos assuntos relacionados com radiações. A introdução de um capítulo na disciplina de Física 12º ano e doutro na disciplina de Química 12º ano, onde são abordados vários tópicos da física das radiações, constitui um facto positivo.

Refira-se finalmente que a aproximação do currículo nacional aos currículos inglês e espanhol, na abordagem do assunto radiações poderá ser ilusória. A maior aproximação é

feita nas disciplinas de Física e de Química no 12º ano. Contudo, na nova reforma estas disciplinas têm carácter facultativo. Em termos de prosseguimento de estudos, os alunos podem entrar em qualquer curso universitário sem necessitarem da frequência das referidas disciplinas no 12º ano. Para a progressão de estudos o requisito passou a ser a disciplina de Física e Química A.

Para o prosseguimento de estudos, os alunos estão sujeitos a pressões para obter as médias que lhes permitam a entrada no curso pretendido. As estatísticas indicam que as classificações obtidas nas disciplinas de Física e de Química são das mais baixas. Assim, não será de estranhar que os alunos optem por disciplinas que, à partida, lhes permitam obter melhores classificações.

No tocante à abordagem de tópicos da física das radiações há ainda um longo caminho a trilhar. Ao dar-se oportunidade aos alunos para não optarem pelas disciplinas de Física ou de Química está-se a criar um fosso ainda maior relativamente a outros países europeus. Enquanto no Reino Unido os alunos ouvem falar destes assuntos desde tenra idade (*key stage 1*), em Portugal só no 3º Ciclo do Ensino Básico isso acontece.

Referências bibliográficas

- [1] *National Curriculum Programmes of study, curriculumonline*
<http://www.curriculumonline.gov.uk/Subjects/Sc/Subject.htm>
- [2] *Enseñanzas, Ministério de Educación Y Ciencia*
www.mec.es/educa/sistema-educativo/index.html
- [3] *Educacion basica secundaria*
http://tochtli.fisica.uson.mx/educacion/programa_de_f%C3%ADsica_para_secundar.htm
- [4] *Plan de Estudios*
<http://www.mec.es/educa/sistema-educativo/index.html>
- [5] *Real Decreto por el que se establecen las enseñanzas mínimas*
<http://www.mec.es/mecd/gabipren/documentos/rd-eso.pdf>
- [6] *Real Decreto 116/2004, de 23 de enero, por el que se desarrolla la ordenación y se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.*
http://w3.cnice.mec.es/recursos/ley-calidad/rd116_2004.htm
- [7] *HST2001, Spain physics syllabuses*
<http://teachers.web.cern.ch/teachers/archiv/HST2001/syllabus/HST2001Spain.ppt>

Capítulo 5 – Sugestões para o ensino

5.1. Estratégias para o ensino das radiações

Na abordagem de tópicos relacionados com as radiações, o professor deverá explorar situações reais, fazendo uso da experiência e do conhecimento dos alunos no seu quotidiano. As situações vividas pelos alunos, nomeadamente: radiografias, tratamentos de radioterapia, notícias sobre energia nuclear, etc., poderão ser o ponto de partida para levantar diversas questões como por exemplo:

Porque se recorre à radiografia?

Qual o procedimento adoptado pelo técnico?

Os doentes são sujeitos a muitas radiografias num curto espaço de tempo?

Quais as vantagens e riscos inerentes a este tipo de exame /tratamento?

Existe diferença entre a radiografia e a ressonância magnética?

Será a RMN uma alternativa para as radiografias convencionais?

Porquê tanta polémica em torno das centrais nucleares?

Quais as consequências dos acidentes nucleares?

Que problemas levantam os resíduos nucleares?

Porque receia a opinião pública a utilização militar da energia nuclear?

Quais as consequências decorrentes da utilização do forno microondas?

A utilização do telemóvel tem ou não consequências para o utilizador?

As ideias formadas a partir do senso comum são fortemente resistentes à aquisição de conhecimento científico. Assim, impõe-se uma participação activa dos alunos através de trabalhos e discussão em grupo. O trabalho em grupo, envolvendo os alunos em actividades variadas, permite aos estudantes expor as suas ideias e apreciarem as posições dos outros.

As actividades de discussão e se possível de carácter experimental deverão visar vários tipos de radiação, por forma a explorar aspectos comuns à radiação e alguns aspectos particulares de alguns tipos de radiação. Abordar as radiações ionizantes no campo mais lato das radiações permitirá ao aluno ter pontos de referência para as suas ideias facilitando o uso de analogias com as radiações “mais familiares para si” e estabelecer simultaneamente diferenças entre elas.

Artigos de jornais e revistas relativos a estes assuntos são uma potencial fonte de informação. No entanto, não pode ser descorada a sua análise crítica, pois esta é fundamental para a análise do conteúdo de tais publicações (nem sempre está correcto), a aquisição de vocabulário científico e compreensão da terminologia usada.

Através destas actividades podem ser explorados assuntos como:

- Os nossos sentidos, em particular os nossos olhos, detectam apenas uma pequena fracção das radiações electromagnéticas, a radiação visível ou luz. Existem outros instrumentos que permitem detectar outros tipos de radiação, para nós invisíveis, tais como infravermelha, ultravioleta, raios X, etc.
- Os diferentes tipos de radiação provêm todos de algo a que podemos chamar fonte de radiação. Através de diálogo orientado professor/aluno, os alunos deverão identificar algumas fontes de radiação, como por exemplo: o Sol, uma lâmpada, um aquecedor, as rochas, nomeadamente o granito, o telemóvel, a rádio e TV, etc., bem como alguns tipos de radiação por elas emitidas.
- Um aparelho capaz de detectar radiações ionizantes é o contador Geiger. Será útil fazer uma pequena demonstração. Para tal devemos aproximá-lo, por exemplo, de rochas radioactivas. Os alunos deverão inferir que a contagem aumenta quando o contador é aproximado de certas rochas o que significa que elas emitem radiação e portanto são radioactivas. A noção de radioactividade deve surgir assim como uma propriedade que certos materiais possuem e outros não.

Através de diálogo orientado professor/aluno, os alunos serão levados a associar os materiais radioactivos a fontes de radiação. Seguidamente identificarão outras fontes como por exemplo o Sol, uma lâmpada, um aquecedor, as rochas, etc. e associam os tipos de radiação por elas emitidas.

Aos diferentes tipos de radiação estão associadas diversas aplicações tais como rádio, televisão, fornos de microondas, radar, aquecedores, lâmpadas de iluminação, aparelhos de raios X, etc.

Neste contexto o professor poderá lembrar que hoje em dia é possível comunicar entre diferentes zonas do globo textos, som, imagem e vídeo. São as radiações electromagnéticas que permitem a transmissão de informações a longas distâncias. As ondas electromagnéticas mais utilizadas nas telecomunicações para permitir informação são: as ondas de rádio, as microondas, a luz visível e o infravermelho.

Seguidamente, o professor conduzirá os alunos à pesquisa e debate sobre a experiência de Hertz¹ e os trabalhos de Marconi² que levaram à produção de ondas de rádio e à transmissão de som através destas. A discussão deverá proporcionar oportunidade para

¹ Físico alemão, demonstrou, experimentalmente, a existência de ondas electromagnéticas. As suas experiências comprovaram os estudos teóricos efectuados por Maxwell sobre o electromagnetismo.

² Físico italiano, inventou o primeiro telégrafo. Inaugurou, em 1907, o primeiro serviço público telefónico entre a Europa e a América.

debater o papel da previsão teórica (referência a Maxwell) e da confirmação experimental para o avanço da Ciência e da Tecnologia.

Os modernos sistemas de transmissão de sinais utilizam bandas de frequência específicas às comunicações, em função das características de propagação das ondas electromagnéticas. As ondas de baixas frequências são as que têm maior comprimento de onda e, portanto, as que melhor difractam, contornando facilmente obstáculos (montanhas ou edifícios com dimensões da ordem do comprimento de onda) chegam à antena receptora mesmo que esta não esteja no mesmo alinhamento da emissora.

Por outro lado, são pouco absorvidas no ar e podem ser reflectidas na estratosfera, sendo reenviadas para a Terra. As ondas curtas, com comprimentos de onda da ordem de dezenas de metro, têm a particularidade de se reflectirem bem na ionosfera e pela superfície terrestre. As sucessivas reflexões permitem que as ondas se propaguem em torno da Terra.

A transmissão de informação por FM exige que a largura de banda seja muito menor do que a frequência da onda portadora. As emissões de rádio em FM utilizam larguras de banda de apenas alguns kHz em ondas portadoras de 100 MHz. Se a largura de banda de cada emissão fosse da ordem da dezena de MHz, as emissoras interfeririam umas com as outras.

As ondas entre 3 GHz e 300 GHz (microondas) usadas nas comunicações quase não se difractam, propagam-se praticamente em linha recta e atravessam a ionosfera. Nestas condições é necessário um satélite de comunicações (satélite geostacionário) que receba o sinal enviado pelo transmissor e o reenvia para um receptor situado noutra região da Terra. Um satélite geostacionário actua como uma espécie de reflector permitindo a comunicação entre dois locais geograficamente distintos na superfície da Terra [1].

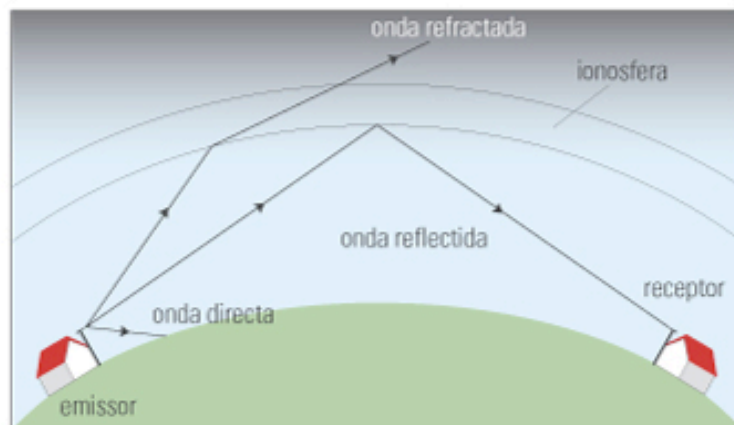


Fig. 5.3 – Propagação de ondas de rádio

Fonte: www.TE.pt

Há outras razões para usar microondas nas comunicações com os satélites. Como há muita informação para transmitir (canais de televisão, telefone, Internet, etc.), a largura de banda tem de ser grande, o que requer ondas portadoras de alta frequência.

Também será produtivo e até motivante explorar experimentalmente algumas propriedades e aplicações das radiações ionizantes. Com uma fonte de raios X, observando as normas de segurança, poderiam ser verificadas algumas propriedades importantes desta radiação como por exemplo:

Poder ionizante.

Propagação rectilínea.

Elevado poder penetrante

Fluorescência em alguns materiais

Impressiona películas apropriadas

Experimentalmente, o professor mostra que a radiação emitida por uma fonte radioactiva não é detectada quando a distância fonte/detector é considerável. Esta observação permitirá discutir o acidente nuclear de Chernobyl, nomeadamente o facto da radiação ter sido detectada em países muito distantes. Este facto será importante para levar os alunos a distinguirem radiação de matéria radioactiva.

O professor deverá promover oportunidades para que os alunos desenvolvam e consolidem os novos conceitos. Os alunos deverão constatar, experimentalmente, que de um modo geral objectos irradiados junto a uma fonte fechada não emitem posteriormente radiação. Usar analogias com outros tipos de radiação poderá facilitar a compreensão deste facto. No nosso quotidiano estamos constantemente a ser irradiados com radiação proveniente do Sol, de uma lâmpada, do Espaço, da Terra, etc. Depois desta constatação, o professor questionará os alunos. Essa “radiação” permanecerá no nosso corpo? Nós emitiremos luz depois de termos sido irradiados?

O professor deverá ter em consideração que a radiação está fortemente associada aos seus efeitos. A ênfase dada aos aspectos negativos, como por exemplo a fuga de radiações ionizantes para o exterior de um reactor, poderá contribuir para a manutenção da ideia generalizada de “conservação temporária” nos corpos. Frequentemente obtemos respostas do género: “a radiação deverá permanecer enquanto o seu efeito durar”. Assim, a absorção de radiação e dos efeitos decorrentes dessa absorção deverão ser claramente explicitados. Quando a radiação atinge pessoas, animais, plantas, objectos, a sua energia é absorvida por esses corpos, poderá eventualmente ser transmitida, e a radiação já não é detectada. No entanto, podem resultar dessa absorção vários efeitos que poderão perdurar durante períodos de tempo mais ou menos longos.

O conceito de contaminação radioactiva, associada a fontes abertas, deverá ser explorado. Poderão ser discutidos os acidentes e ensaios nucleares associando-os à origem deste fenómeno.

Os modos de contaminação deverão ser considerados. A contaminação externa acontece por contacto da pele com substâncias radioactivas enquanto a interna ocorre por inalação ou introdução através da pele. A contaminação interna poderá ocorrer por introdução de substâncias radioactivas na cadeia alimentar ou por inalação.

Uma vez adquiridos estes conceitos, deverão ser dadas oportunidades aos alunos para aplicarem as ideias adquiridas. Actividades de trabalho de grupo baseadas na análise crítica de artigos de jornais ou revistas poderá originar discussões bastante proveitosas. Os resultados destas análises deverão, posteriormente, ser apresentados pelos grupos oralmente e discutidas em conjunto. O professor deverá aproveitar a oportunidade para detectar a eventual persistência de concepções alternativas, corrigir e enfatizar o uso correcto do vocabulário científico.

Sugere-se a discussão de artigos relacionados com algumas aplicações das radiações ionizantes bem como medidas de precaução como por exemplo: existência ou não de riscos para os consumidores e utilizadores na irradiação de produtos alimentares e na esterilização de produtos médicos com radiações ionizantes; algumas medidas de segurança adoptadas pelo pessoal que lida com radiações ionizantes como barreiras de protecção, manuseamento de materiais radioactivos por controlo remoto e uso de placas de detecção de radiações ionizantes; o uso da irradiação externa e de substâncias radioactivas na medicina; consequências da contaminação radioactiva proveniente de possíveis acidentes ou ensaios nucleares e consequências do armazenamento de “lixo” radioactivo.

A este propósito valerá a pena discutir se uma fonte, ou material radioactivo, pode ser destruída voluntariamente para deixar de ser radioactiva. Se tal fosse possível, o problema dos resíduos nucleares teria resolução simples³. A visão de que só o tempo pode conseguir isso deverá ser associada ao facto de que à medida que uma fonte emite radiação a sua actividade vai diminuindo. Neste contexto, o período de semi-vida de uma substância radioactiva deverá ser explicitado. A apresentação de tabelas com valores numéricos será importante para realçar que cada espécie radioactiva tem um período de semi-desintegração característico.

Valores de períodos de vários elementos radioactivos com ordem de grandeza diversa, incluindo os frequentemente referidos na imprensa como o Urânio ou Plutónio, deverão ser apresentados e interpretado o seu significado físico.

³ Há trabalho em curso na chamada “incineração” de lixo radioactivo

As noções de dose de radiação e de dose equivalente podem ser desenvolvidas no contexto dos efeitos das radiações ionizantes nos seres vivos. Alguns efeitos das radiações ionizantes deverão ser vistos como uma consequência da quantidade e do tipo de radiação absorvida. No entanto, deverá ser feito um balanço entre riscos e benefícios. Efeitos somáticos como a sensibilidade dos diferentes órgãos às radiações e genéticos deverão ser discutidos.

Quando se fala das radiações ionizantes nos seres vivos, além da actividade, há necessidade de recorrer a outras grandezas físicas. Para ilustrar esta necessidade poder-se-á usar a seguinte analogia: “1 kg de penas ou 1 kg de chumbo, caindo sobre a cabeça de um indivíduo, não produzirão necessariamente o mesmo efeito; as noções de densidade e dureza não estão implícitas na palavra quilograma [2]. Em termos biológicos, a mesma dose absorvida, mas de radiações diferentes, pode provocar efeitos diferentes.

A analogia permitirá aos alunos concluir que, para muitas situações, a dose de radiação absorvida não é uma grandeza conveniente. A mesma dose de radiação pode provocar efeitos diversos consoante se trata de radiação X, α , β ou γ . Assim, necessitamos de uma unidade de medida que nos indique o grau de perigo para o corpo humano. A grandeza que nos permite avaliar o risco é dose equivalente e exprime-se, no Sistema Internacional de unidades, em sievert (Sv).

Para permitir que os alunos se familiarizem com estas noções advoga-se o uso de tabelas com valores, limites recomendados e médios recebidos no nosso quotidiano. Estes valores deverão merecer por parte do professor, conjuntamente com a turma, uma análise o mais completa possível.

É importante que o tipo de abordagem permita aos alunos ter percepção da utilidade dos conteúdos que supostamente vão aprender. Os actuais programas curriculares privilegiam o “ensino CTS” (Ciência – Tecnologia – Sociedade) sendo a abordagem problemática a mais usada. Nela utilizam-se grandes temas problema da actualidade com contextos relevantes para o desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos.

O ensino CTS deve ser entendido como finalidade e não como início formal de qualquer aprendizagem de Física. O que se aprende deverá permitir compreender as ligações CTS.

A sempre desejável contextualização quando se ensinam assuntos de física não é um fim em si mesma mas sobretudo um meio pedagógico. Ela tem obviamente de ser exercida por todos os professores na leccionação do programa. Uma perspectiva do ensino das ciências, e da física em particular, que ponha em destaque as suas relações com a tecnologia e com o ambiente, com as suas aplicações na sociedade e com os desenvolvimentos científicos é, de resto, inescapável.

Referências bibliográficas

- [1] Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C., Paiva, J., Ferreira, A., **11 F_B** – 11º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2005.
- [2] Jorge, Júlia (1994) **Radiações Ionizantes**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.
- [3] Mendes, Miquelina (2002) **Radiação e Ambiente no Ensino Básico**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.
- [4] Rêgo, Florbela (2004) **As Radiações no Ensino**; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Conclusão

As fontes de radiação estão em toda a parte, isto é, vivemos mergulhados em radiações. Hoje em dia o cidadão comum é “bombardeado” constantemente com notícias sobre instalações nucleares, enriquecimento de urânio, etc., que fazem aumentar o medo em relação a tudo o que diz respeito a radiação e radioactividade. Uma grande parte das pessoas entende o risco da radiação como um dos maiores. Por isso, a necessidade de informar e educar o cidadão em geral sobre este assunto é hoje unanimemente reconhecida.

Pelo seu interesse e actualidade o assunto radiações tem sido escolhido por diversos autores para desenvolverem as suas teses de mestrado.

Permito-me destacar três trabalhos que tive oportunidade de analisar com agrado e algum cuidado. Júlia Jorge (1994) elaborou um trabalho que constitui um contributo para o ensino das radiações ionizantes. A autora fez um levantamento das concepções alternativas dos alunos neste domínio específico e apresentou algumas sugestões para a abordagem da unidade “Radiação e Ambiente”¹, no 9º ano de escolaridade [1].

A identificação das concepções alternativas dos alunos e profissionais foi possível através da aplicação de questionários a alunos de diversos níveis de ensino e a técnicos de radiologia e radioterapia.

A tese de mestrado “Radiação e Ambiente no Ensino Básico” apresentada por Miquelina Mendes (2002) diz respeito ao processo ensino/aprendizagem da Unidade “Radiação e Ambiente” [2].

A proposta apresentada visa contribuir para que os cidadãos adquiram formação sobre radiações numa perspectiva de formação para a literacia científica e não na lógica da formação de futuros cientistas.

Neste trabalho estuda-se a eficácia de um método de ensino baseado sobretudo na utilização de experiências laboratoriais e textos científicos.

A metodologia de investigação consistiu na aplicação de inquéritos a turmas do 9º ano que estavam sujeitas a métodos de ensino diferentes. O método de ensino de um grupo baseava-se na exposição teórica, resolução de exercícios e utilização do manual adoptado enquanto o outro lia e interpretava textos seleccionados pelo professor, os alunos

¹ A unidade “Radiação e Ambiente” era de natureza opcional no currículo do 9º ano de escolaridade, da reforma anterior a 2002.

faziam uma síntese dos conceitos leccionados, promoviam-se debates e executaram-se algumas experiências.

A tese de mestrado “A Física das Radiações no Ensino” de Florbela Rêgo (2004) é um estudo sobre o conhecimento dos alunos nos diferentes níveis de ensino sobre a Física das radiações, nomeadamente tipos de radiações, aplicações e perigos/benefícios inerentes à sua utilização [3].

Neste estudo foi aplicado um inquérito a alunos dos vários graus de ensino, à população e a profissionais de saúde (Técnicos de Radiologia) por forma a permitir fazer uma comparação dos conhecimentos sobre radiações que o público alvo supostamente possui nesta temática.

Finalmente, para demonstrar que existem estratégias alternativas ao ensino “tradicional”, sobretudo através da exposição teórica de conteúdos, foram organizadas visitas de estudo ao Laboratório de Física das Radiações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Em virtude deste assunto não estar encerrado e o novos currículos do ensino básico e secundário terem entrado em vigor há relativamente pouco tempo, parece-me oportuno reflectir e dar o meu pequeno contributo para a leccionação desta temática sobre radiações.

Este trabalho tem como objectivo analisar como o assunto é abordado no terceiro ciclo do ensino básico e no ensino secundário, comparar os programas curriculares nacionais com os de outros países europeus, nomeadamente, Reino Unido e Espanha, visando dar um contributo para a melhoria do processo ensino/aprendizagem.

Com a última revisão curricular no ensino secundário, os programas curriculares passaram a abordar o assunto das radiações, referindo os respectivos desenvolvimentos tecnológicos. No entanto, constata-se que a física ensinada em Portugal é praticamente a mesma desde há décadas. Continua-se a dar especial relevância à física clássica e as áreas da física moderna só agora, começam a ser abordadas nos novos currículos, em vigor desde 2002 para o 3º ciclo do ensino básico e 2003 para o ensino secundário.

Até ao 12º ano, embora o termo radiação seja várias vezes mencionado, é quase sempre abordado na componente de Química. Assim, torna-se difícil aos docentes apresentar estes conceitos de uma forma consistente e significativa para os discentes. Isto é, a informação e formação qualificada estão ausentes da escola.

Os assuntos relacionados com radiações, talvez pela sua actualidade, são apelativos e motivadores de curiosidade por parte dos alunos. Não é possível ignorar este enorme potencial de atracção.

Contrariando a sua importância e o impacto na vida moderna, por exemplo nas comunicações, na medicina, nos electrodomésticos, etc., o conhecimento geral que a população tem sobre radiações é muito limitado à informação transmitida pelos média.

As aplicações da ciência não aparecem por acaso, alguém as faz. A escola tem obrigação de acompanhar o desenvolvimento científico. Os adolescentes deverão conhecer a física actual, estar a par dos recentes desenvolvimentos e obter formação para a qual o futuro aponta.

Durante vários anos a física das radiações, não sendo obrigatória, raramente era abordada. Uma justificação para tal facto reside na dificuldade destes assuntos. No entanto, temos necessidade de aprender estes e outros temas porque são coisas “que nos pertencem, que não nos são estranhas”. Temos que estudar as radiações não só no ensino secundário como também no terceiro ciclo do ensino básico para compreendermos minimamente o mundo que nos rodeia e tomarmos opções conscientes no nosso quotidiano. Tudo é possível de ser ensinado às várias faixas etárias, desde que a abordagem tenha em conta os conhecimentos físicos e matemáticos e ainda o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Actualmente são inúmeras as teorias de ensino/aprendizagem, defendidas por diversos autores. Cabe aos professores a gestão das opções metodológicas de ensino e tornar o processo ensino/aprendizagem mais eficaz para atingir os objectivos que pretendem, tendo em conta os alunos e o assunto que pretendem ensinar.

Uma metodologia de ensino apropriada para ultrapassar as dificuldades dos alunos poderá ser a abordagem histórica e o recurso à experimentação. Hoje em dia, é reconhecida a importância da experiência e da história da evolução dos conceitos em física. A história é relevante mas não implica que se ensinem os conceitos respeitando integralmente a cronologia. É importante falar das várias experiências que estão directamente ligadas a determinada teoria. Os conceitos devem aparecer através de experiências concretas e não como meras ideias não fundamentadas.

Por outro lado, para ensinar qualquer assunto é preciso conhecê-lo convenientemente e, simultaneamente, adoptar as estratégias adequadas para fazer com que ele possa ser assimilado pelos alunos. As respostas ao questionário parecem evidenciar que os docentes necessitam de relembrar conceitos que já esqueceram ou que, entretanto, evoluíram. A maioria dos professores de Física e Química não possui formação adequada na área das radiações. Assim, como os currículos não são interpretados da mesma forma por todos os actores do ensino, estes assuntos não são abordados com o grau de profundidade que seria desejável e são por vezes ignorados na prática e nos manuais.

Ao nível da formação contínua de professores, deveriam existir acções de formação para estes se poderem actualizar. Diariamente são realizadas novas experiências, são formuladas novas teorias e outras são postas em causa e, ao mesmo tempo, vão sendo integradas nos equipamentos do dia-a-dia tecnologias novas que decorrem de desenvolvimentos científicos relativamente recentes. Se os docentes não actualizarem os seus conhecimentos não será possível abordarem assuntos relacionados com radiações. Pela sua actualidade e pela cobertura dada pelos meios de comunicação social, percebe-se que estes temas são dos que maior interesse despertam nos alunos. Assim, nós docentes, devemos estar preparados para tirar partido deste enorme potencial, corrigir as concepções alternativas por forma a tornar os alunos mais esclarecidos, cidadãos críticos e intervenientes na sociedade. É imprescindível investir na formação/actualização de professores por forma a aumentar a eficácia do ensino secundário.

Saliente-se que o CERN, Centro Europeu de Pesquisa Nuclear, em Genebra, Suíça, de que Portugal é membro desde 1985, organiza programas que visam actualizar os conhecimentos dos professores de Física e Química sobre a Física das Partículas. Todos os anos são organizadas reuniões de três dias e programas de três semanas frequentados por várias dezenas de professores do ensino secundário dos países membros daquela organização internacional [6].

A reunião de três dias, com professores de toda a Europa, inclui seminários, visitas e actividades educacionais. O programa de três semanas é destinado a todos os professores que pretendam actualizar e aprofundar os seus conhecimentos sobre assuntos relacionados com a Física das Partículas e as tecnologias associadas. Os objectivos deste programa são promover o ensino da Física, nomeadamente da Física das Partículas; proporcionar a troca de conhecimentos e de experiências entre professores de nacionalidades diferentes; estimular nos professores a prática de actividades experimentais visando tornar a física mais atractiva dentro e fora da sala de aula. A colecção de materiais produzidos constitui um excelente recurso para ser posteriormente utilizado em contexto de sala de aula. Os requisitos para a admissão no programa são o domínio da língua inglesa, conhecimentos computacionais básicos e comprometer-se a cumprir integralmente o tempo de duração do programa. Para participar não se requer conhecimento ou experiência com Física de Altas Energias, mas dominar o inglês é essencial para tirar o máximo benefício do programa. Este programa tem sido frequentado ao longo dos anos recentes por um número significativo, embora reduzido, de professores portugueses.

É sabido que os problemas actuais do ensino são tão profundos que muitas vezes não permitem que os professores se debrucem sobre questões tão importantes como estas

que aqui abordamos. Por outro lado, a mudança no ensino produz resistências, porque implica algum esforço de actualização pedagógica e/ou científica. Embora haja desgosto, há professores com alguma abertura à mudança que já encaram a necessária actualização como gratificante.

Os dados obtidos sugerem que há necessidade dos docentes utilizarem novas estratégias de ensino. De entre essas novas estratégias, sugere-se o desenvolvimento de software educativo sobre radiações e as consultas “guiadas” da Internet dentro e fora da sala de aula. A importância que actualmente os alunos atribuem à Internet deverá ser aproveitada no processo ensino/aprendizagem. No entanto, todos devemos ter consciência que, nem toda a informação da Internet é de confiança.

A comunidade educativa reconhece hoje à componente experimental elevada qualidade pedagógica. Assim os professores deverão preparar experiências simples mas que ilustrem aspectos do tema e que possam motivar os alunos para a sua aprendizagem.

O ensino da física deve basear-se em actividades centradas nos estudantes ou seja no ensino experimental. Os estudantes devem ser estimulados a participar activamente na construção do seu conhecimento científico. O trabalho prático desempenha um papel crucial não só para operacionalizar ideias mas também para desenvolver competências científicas. Ele concretiza-se numa multiplicidade de formatos como actividades de resolução de exercícios e problemas, trabalhos laboratoriais e experimentais, actividades com programas computacionais e calculadoras gráficas, etc. Mais: Os professores deverão recorrer à sua astúcia para ultrapassar as dificuldades motivadas pela falta de equipamento.

A título de exemplo, o professor poderá levar um radiómetro para a aula e explicar o seu funcionamento. A sessão poderá iniciar com uma abordagem às investigações levadas a cabo por Crookes para estudar os efeitos mecânicos produzidos pelas radiações luminosas. Crookes tinha intenção de medir a intensidade da radiação através da velocidade de rotação do molinete, o que justifica o nome de radiómetro dado ao aparelho.

O funcionamento do aparelho pode explicar-se depois, invocando a absorção de energia (nas faces pretas) e a reflexão (nas faces espelhadas), o conseqüente aumento da temperatura de um dos lados e as trocas térmicas com as moléculas do gás, animadas (entre choques sucessivos) de movimentos rectilíneos em todos os sentidos, trocas de que resulta o aumento de "força viva" das moléculas do gás situadas nas vizinhanças das faces pretas; daí decorre o aumento de pressão sobre essas faces que, finalmente, produz a rotação do molinete.

Percebe-se facilmente a riqueza que pode trazer para os alunos a discussão de toda esta série de processos iniciada pela radiação incidente [7].

Outro aspecto que deverá merecer a atenção do professor é o funcionamento do contador de Geiger-Muller. Este contador permite detectar a presença de radiações ionizantes (partículas com carga eléctrica e fótons X ou gama) através da “contagem” do número das partículas que até ele chegam, embora não permita medir a energia dessas partículas.

A explicação do funcionamento deste instrumento envolve noções de electricidade e electrostática, bem como de processos de ionização e excitação/desexcitação, constituindo por isso assunto do maior interesse para os alunos, na medida em que se faz através dele um percurso por toda uma série de fenómenos que, individualmente, são do seu conhecimento [8].

Estes dois exemplos são particularmente relevantes porque com outras partículas é difícil em contexto de sala de aula fazer demonstrações.

Outro exemplo de grande utilidade pedagógica é a câmara de faíscas, equipamento ideal para sessões de divulgação sobre raios cósmicos, partículas elementares e detectores. A passagem de uma partícula carregada através de uma mistura gasosa adequada, como por exemplo hélio-néon na proporção 70%-30%, gera um elevado número de fótons que permitem visualizar cada uma das faíscas e, assim a trajectória da partícula inicial. A câmara de faíscas com fins pedagógicos e de divulgação, construída no Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP), com o apoio do projecto “Outreach” da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, foi apresentada, em Setembro de 2006, no “20th European Cosmic Ray Symposium” e está desde então ao serviço dos alunos das escolas secundárias, permitindo-lhes observar o seu funcionamento e, com recurso à filmagem com câmara digital, “levar um raio cósmico para casa” [9]. Este tipo de fenómenos impressiona qualquer pessoa pelo que, não será de estranhar que esta iniciativa esteja a constituir um claro sucesso.

O estudo comparativo do que se lecciona em Portugal, no Reino Unido e em Espanha sobre radiações indica que em termos de conteúdos programáticos não há diferenças significativas. A grande diferença reside nas condições oferecidas aos profissionais do ensino para executarem o seu trabalho, desde logo na própria formação dos professores. As escolas da Espanha e do Reino Unido estão dotadas de laboratórios devidamente apetrechados com o equipamento necessário e, para além do tronco comum dos currículos, as escolas têm autonomia para pôr em prática currículos diversificados que vão de encontro às necessidades e interesses dos alunos e da comunidade local. Como pano de fundo, o ensino secundário no Reino Unido tem uma longa tradição de treino experimental dos alunos.

No reino unido há sempre a preocupação de adaptar o ensino às condições locais e de valorizar a interacção com a comunidade. Este espaço de liberdade é regulado por um sistema permanente de avaliação do desempenho das escolas, existindo assim, uma efectiva Autoridade para por em prática os Currículos e avaliação.

Outro contraste tem a ver com os manuais. Para os docentes existem verdadeiros manuais, onde há explicação pormenorizada e referências avançadas. Para os alunos, nos manuais poderá haver pequenos resumos da matéria, mas há sobretudo muitos testes e muitos problemas, questões que apelam à inteligência e à experiência [10].

Ao nível das alterações curriculares, enquanto no nosso país parecem acontecer sem ser feita a devida avaliação do currículo anterior em vigor, nos países identificados os currículos são revistos periodicamente para produzir alterações ligeiras que respondam às necessidades detectadas.

Na minha opinião é necessário uma revisão, não de conteúdos programáticos, mas no sentido de tornar obrigatórias as disciplinas de Física ou de Química no 12º Ano para os alunos que pretendam cursos de ciências no Ensino Superior, como por exemplo: Física, Química, Engenharias, Medicina, etc. Embora no ensino secundário se abordem alguns assuntos sobre radiações, só frequentando estas disciplinas são criadas condições para que os alunos adquiram uma base sólida de conhecimentos sobre este assunto.

Os conhecimentos supostamente adquiridos pelos alunos portugueses são hoje insuficientes para compreenderem o mundo altamente tecnológico que os rodeia e adoptarem comportamentos responsáveis nas suas vidas.

Há evidencias consideráveis que indicam que para muitos estudantes a instrução não é eficaz no sentido de os ajudar a atingir os objectivos intelectuais do ensino da física. A habilidade de seguir certos procedimentos prescritos para a resolução de problemas padronizados não indica o desenvolvimento de competências de raciocínio científico.

Para ser efectivo, um programa de ensino da física deve considerar o estado de desenvolvimento intelectual e ajudar gradualmente os estudantes no aprofundamento da compreensão dos fenómenos. A aprendizagem significativa verifica-se no sentido de tornar os estudantes aptos para aplicar conceitos e desenvolver raciocínios em situações que são similares, mas não idênticas, ao do contexto em que foram desenvolvidas.

Talvez, para o estágio de desenvolvimento dos alunos, os programas de ensino de física que nós criamos não estejam adequados para aprenderem o que nós pretendemos que eles aprendam.

Para que os estudantes adquiram uma compreensão funcional da física, devem ser participantes activos no processo de aprendizagem. Se o programa de ensino, o professor e

o material didáctico específico não considerarem este princípio existe o perigo dos estudantes não estarem suficientemente envolvidos intelectualmente de modo a transformar a matéria de ensino numa forma útil e significativa. A memorização rotineira substitui o desenvolvimento da compreensão conceptual e das competências de raciocínio científico.

A abordagem de assuntos relacionados com radiações no 3º Ciclo do ensino básico tem como objectivo despertar a curiosidade dos alunos. No entanto, a curiosidade só terá possibilidade de ser satisfeita se estes, no 12º ano, frequentarem as disciplinas de Física ou de Química [4,5].

O ensino quer-se rigoroso, com professores qualificados e apoiados por material científico de qualidade. Devemos ter presente que, a ciência não se tira dos manuais, mas adquire-se com o recurso à experimentação e à análise inteligente. A Física é a ciência que serve de base a métodos universais de compreensão, análise e resolução de problemas. Acreditamos que são as práticas, mais do que os programas, que determinam o sucesso do sistema educativo [10].

Para os alunos que não frequentam o ensino secundário ou optaram por cursos onde estes assuntos não são abordados e para a população em geral deverão ser promovidas, por especialistas, sessões de esclarecimento e debate. Os oradores deverão ter grande poder de comunicação, usar linguagem clara e simples, mas correcta e, sobretudo, terem bons conhecimentos da matéria.

Os objectivos propostos no início deste trabalho foram atingidos, pois conseguiu-se ter uma ideia geral da forma como os assuntos da física das radiações são abordados no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, tendo mesmo recolhido informação que suporta a definição de metodologias capazes de proporcionar melhores resultados no processo de ensino/aprendizagem destas matérias.

O trabalho foi bastante interessante e estimulante. Contudo, este assunto não se pode considerar esgotado e em trabalhos futuros, valerá a pena continuar a aprofundar o tema e fazer uma avaliação mais rigorosa da introdução destes assuntos nos programas actualmente em vigor. De facto, com tão pouco tempo decorrido desde a entrada em vigor dos novos currículos, constatamos não ser possível hoje proceder a uma avaliação credível e rigorosa nem das práticas, nem dos resultados alcançados.

Referências Bibliográficas

- [1] Jorge, Júlia (1994) **Radiações Ionizantes**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.
- [2] Mendes, Miquelina (2002) **Radiação e Ambiente no Ensino Básico**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.
- [3] Rêgo, Florbela (2004) **As Radiações no Ensino**; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- [4] Educação, Ministério de, DES programa de Física 12º ano, 2004
- [5] Educação, Ministério de, DES programa de Química 12º ano, 2004
- [6] Programa de Verão do CERN para professores
<http://teachers.web.cern.ch/teachers/>
- [7] Radiómetro
<http://bibfissserver.fis.uc.pt/museu/149.htm>
- [8] O contador de Geiger-Muller, Departamento de Física da Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa
<http://www.lip.pt/~luis/fn1/geiger.pdf>
- [9] Carvalho, João; Martins, Paulo; Pereira, Américo; Câmara de Faíscas, Gazeta de Física, fascículo 1/Janeiro 2007, 38-40.
- [10] Deus, Jorge; Peña, Teresea; Ensino das Ciências: reflexões e Comparações, Gazeta de Física, fascículo 1/Janeiro 2007, 32-37.

Bibliografia

Livros Técnicos

- **Enciclopédia de Medicina**, Selecções do Reader's Digest, Lisboa, 1996.
- Hecht, Rugene (1991) **Óptics**, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa.
- Kuckuck, T. (1993) **Física Nuclear**, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa.
- Oliveira, J., Martinho, E. (2000) **Energia Nuclear. Mitos e realidades**, O Mirante, Lisboa.
- Tuckman, Bruce (2000) **Manual de Investigação em Educação**, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa.

Livros didácticos

- Belo, A., Caldeira, H., Gomes, J. (2005) **Ontem e Hoje – 2ª parte**, Física 12º ano, Porto Editora, Porto.
- Caldeira, C.; Valadares, J.; Neves, M.; Vicente, M.; Teodoro, V.; (2004) **Viver Melhor na Terra**, Didáctica Editora, Lisboa
- Caldeira, C., Valadares, J., Silva, L., Teodoro, V. (2000) Ciências Físico-Químicas **Física** 9º Ano, Didáctica Editora, Lisboa.
- Costa, A., Costa, A., Ferreira, A. (2005) **Química 12º Ano** - volume 2, Plátano Editora, Lisboa.
- Dantas, M^a., Ramalho, M. (2005) **Jogo de Partículas** – Química 12º Ano, Texto Editores, Lisboa.
- Gil, V., Paiva, J., Ferreira, A., Vale, J. (2005) **12 Q**, Texto Editores, Lisboa.
- Maciel, N., Gradim, M^a., Campante, M^a., Villate, J. (2005) **Eu e a Física** 12º ano – 2ª parte, Porto Editora, Porto.
- Morgado, J., Morgado, G., Canelas, E. (2000) **Encontro com a Física** 9º Ano, Plátano Editora, Lisboa.
- Simões, T., Queirós, M^a, Simões, M^a (2005) **Química em Contexto** – Combustíveis, energia e Ambiente - 12º ano, Porto Editora.
- Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C., Paixão, J. (2005) **12 F**, Texto Editores, Lisboa.
- Ventura, G., Fiolhais, M., Fiolhais, C., Paiva, J., Ferreira, A., **11 F_B** – 11º Ano, Texto Editora, Lisboa, 2005.

Programas

- Educação, Ministério de, DES programa de Física e Química A 10º ano, 2001
- Educação, Ministério de, DES programa de Física e Química A 11º ano, 2003

- Educação, Ministério de, DES programa de Física 12º ano, 2004
- Educação, Ministério de, DES programa de Química 12º ano, 2004
- Educação, Ministério de, DES programa de Ciências Físicas e Naturais, 3º Ciclo, 2001

Artigos

- Carvalho, João; Martins, Paulo; Pereira, Américo; Câmara de Faíscas, Gazeta de Física, fascículo 1/Janeiro 2007, 38-40.
- Deus, Jorge; Peña, Teresa; Ensino das Ciências: reflexões e Comparações, Gazeta de Física, fascículo 1/Janeiro 2007, 32-37.
- Santos, Filipe (1998) **O Big Bang e as Forças fundamentais da Física** – Colóquio Ciências; Fundação Caloust Gulbenkian. Nº 22.
- Barboza, A.; Cruz, C.; Graziani, M.; Lorenzetti, M.; Sabadini, E.; Aquecimento em forno microondas, Química Nova, vol.24, nº6, 901-904, 2001
<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n6/6802.pdf>

Dissertações de Mestrado

- Jorge, Júlia (1994) **Radiações Ionizantes**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.
- Mendes, Miquelina (2002) **Radiação e Ambiente no Ensino Básico**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.
- Rêgo, Florbela (2004) **As Radiações no Ensino**; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Monografia

- Guerreiro, Carina (2001) **O Urânio de que se fala**, Monografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra.

Internet

- Hyperphysics, Department of physics and Astronomy, GeorgiaState University, 2005
hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/.../radser.html
- Luiz Ferraz Netto, Leituras sobre Energia Atômica e Relatividade Restrita
<http://www.feiradeciencias.com.br>
- Lysian Delva, Stéphane Holvoet, François Moreau, Voyage au coeur de l'atome, Université de Marne la Vallée, 1997-1998
<http://holvoet.free.fr/Voyage/accueil.htm>

- Silva, Nelson Canzian, Física das radiações, departamento de física – UFSC (Forianópolis)
<http://server.fsc.ufsc.br/~canzian/introtrt/fig-schoque.html>
- Curso astrofísica II, Cosmología (*La radiación del fondo cósmico*), El universo temprano
<http://www.astro.ugto.mx/cursos/astrofisicall>
- Bertulani, Carlos; A temperatura do universo, Ensino da Física à distância
<http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/temperatura/universo/tmp.html>
- Radioactividade
<http://geocities.yahoo.com.br/chrisriosw/radioatividade.html>
- Neves, Luís; Pereira; Alcides; radioactividade natural e ordenamento do território: o contributo das Ciências da Terra Geonovas nº 18, pp. 103 a 114, 2004
<http://www.apgeologos.pt/pubs/geovanas/n-18/neves-pereira.pdf>
- A radioactividade natural, Departamento de ciências da terra – Universidade de coimbra
<http://www.uc.pt/cienterra/lrn/rn.html>
- Radão, um inquilino indesejável
<http://www.deco.proteste.pt/>
- Carvalho, Fernando; A radioactividade e os seres vivos; Instituto Tecnológico e Nuclear
<http://www.cienciaviva.pt/projectos/physics2003/palestrapavconhecimento.pdf>
- Radiação é Vida, Instituto superior Técnico (IST)
<http://cfif.ist.utl.pt/radvida/>
- Klein, Stanlei; Efeitos biológicos da radiação
<http://inorgan221.iq.unesp.br/quimgeral/nuclear/nuclear8.html>
- Efeitos da radiação em seres vivos
<http://www.energiatomica.hpg.ig.com.br/Bio.html>
- Nuclear Medicine, Radiological Society of North América
<http://www.radiologyinfo.org/photocat/photos.cfm>
- Fluorescência
<http://imaisd.usc.es.riaidt/raiosX/fluorescencia.html>
- Ressonância Magnética e Nuclear
<http://www.geocities.com/viena/choir/9201/espectrometria.htm>
- Brito, João; subsídios para a história da protecção contra radiações
<http://www.sppcr.online.pt>
- Mendes, Ricardo; Radiologia Técnica
<http://rikmendes.vilabol.uol.com.br/index.htm>
- Radiómetro
<http://bibfissserver.fis.uc.pt/museu/149.htm>
- O contador de Geiger-Muller, Departamento de Física da Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa
<http://www.lip.pt/~luis/fn1/geiger.pdf>
- Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, Experiências
www.lip.pt/experiments/
- ITER, “International Thermonuclear Experimental Reactor”
<http://www.iter.org/>

- ITER, “International Thermonuclear Experimental Reactor”
http://ec.europa.eu/research/leaflets/iter/article_3089_pt.html
- Prominent Poles, PolishWashington
<http://www.polishwashington.com/prominent-poles/maria.sklodowska-curie.htm>
- Comunicações, 11F
www.projectos.TE.pt
- *National Curriculum Programmes of study, curriculumonline*
<http://www.curriculumonline.gov.uk/Subjects/Sc/Subject.htm>
- *Enseñanzas, Ministério de Educación Y Ciencia*
www.mec.es/educa/sistema-educativo/index.html
- *Entrada en vigor de la nueva ordenación de las enseñanzas*
<http://www.lexureditorial.com/boe/200208/16194.htm>
- *Educacion basica secundaria*
http://tochtli.fisica.uson.mx/educacion/programa_de_f%C3%ADsica_para_secundar.htm
- *Plan de Estudios*
<http://www.mec.es/educa/sistema-educativo/index.html>
- *Real Decreto por el que se establecen las enseñanzas mínimas*
<http://www.mec.es/mecd/gabipren/documentos/rd-eso.pdf>
- *Real Decreto 116/2004, de 23 de enero, por el que se desarrolla la ordenación y se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.*
http://w3.cnice.mec.es/recursos/ley-calidad/rd116_2004.htm
- *HST2001, Spain physics syllabuses*
<http://teachers.web.cern.ch/teachers/archiv/HST2001/syllabus/HST2001Spain.ppt>
- Programa de Verão do CERN para professores
<http://teachers.web.cern.ch/teachers/>
- Legislação, Comunidade Europeia da Energia Atómica (EURATOM).
<http://europa.eu.int/>
- Exposição a campos electromagnéticos; Autoridade Nacional de comunicações (ANACOM)
<http://www.icp-anacom.pt/template16.jsp?>
- Exposição a Radiações Electromagnéticas; Autoridade Nacional de comunicações (ANACOM)
<http://www.icp-anacom.pt/template20.jsp?>
- Protecções contra radiações ionizantes
http://www.dgefp.msst.gov.pt/legislacao_seguranca/dec_lei_348_89.htm
- Radiações ionizantes; Médicos de Portugal
http://www.medicosdeportugal.iol.pt/html/u_mt_leg/menu/2/#Radiações%20ionizantes

Anexo I – UNIDADES DE RADIAÇÃO

No sistema internacional de unidades (SI) são usadas três unidades principais para medir radiação – o becquerel, o gray e o sievert. Estas três unidades são definidas em baixo, bem como outras duas unidades (o rad e o rem) que foram substituídas, mas ainda são ocasionalmente usadas.

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	VALOR
Actividade	becquerel	Bq	Unidade do SI para radioactividade corresponde ao número de decaimentos que um núcleo sofre por segundo. É uma medida da maior ou menor rapidez com que os núcleos instáveis se desintegram ao emitirem radiações.	1 Bq = 1 decaimento / s
	curie	Ci	A unidade de actividade mais antiga é o curie, em homenagem a Marie Curie. Um curie é a actividade de um nuclide que sofre $3,7 \times 10^{10}$ decaimentos por segundo.	1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ decaimento / s
Dose de absorção de radiação ionizante	gray	Gy	Unidade do SI para a dose de absorção de radiação ionizante que substitui o rad. 1 Gy é definido como a absorção de 1 J de energia por quilograma de material irradiado. 1 Gy equivale a 100 rad.	1 Gy = 1 J / kg
	rad	rd	Unidade antiga de dose de absorção da radiação ionizante. Uma dose de 1 rad (radiation absorbed dose) corresponde à absorção de 100 erg (1 erg = 10^{-7} J, uma unidade de energia) por grama de material irradiado. O rad foi substituído pelo gray (unidade do SI correspondente); 1 rad é equivalente a 0,01 Gy.	1 rd = 0,01 Gy
Dose equivalente de absorção de radiação ionizante	sievert	Sv	Unidade do SI de dose equivalente de absorção de radiação ionizante. O sievert substitui o rem. 1 Sv é a dose de radiação absorvida que produz o mesmo efeito biológico que 1 gray de raios X ou gama. 1 Sv é equivalente a 100 rem.	1Sv = 1Gy×RBE

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO	SIGNIFICADO	VALOR
Dose equivalente de absorção de radiação ionizante	rem	rem	Unidade de dose de absorção de radiação ionizante que produz o mesmo efeito biológico que 1 rad de raios X ou gama. O rem foi introduzido como resultado da observação de que alguns tipos de radiação, como os neutrões, produzem maior efeito biológico, para a mesma quantidade equivalente de energia absorvida, que os raios X ou gama. O rem é a medida da eficácia biológica de irradiação. Para os raios X e gama, o rem é igual ao rad. para outros tipos de radiação, o número de rems iguala o número de rads multiplicado por um factor especial (chamado o factor de qualidade ou de efeito biológico relativo) que depende do tipo de radiação envolvida. O rem foi substituído pelo sievert. 1 rem é equivalente a 0,01 Sv	1 rem =0,01 SV

Valores aproximados do RBE
(Factor de eficácia biológica relativa)

Tipo de radiação	RBE
Fotões < 4 MeV	1
Fotões > 4 MeV	0,7
Partículas β < 30 keV	1,7
Partículas β > 30 keV	1
Neutrões lentos	4 - 5
Neutrões rápidos	10
Protões	10
Partículas α	10
Iões pesados	20

Fonte: Maciel, 2005

ANEXO II

Programas leccionados no Ensino Secundário em Portugal

Os conteúdos relacionados com a física das radiações estão assinalados com *

Programa de Física e Química A – 10º Ano¹

Componente de Química

MÓDULO INICIAL - Materiais: diversidade e constituição (7 aulas)

0.1-Materiais (1 aula)

- Qual a origem
- Que constituição e composição
- Como se separam constituintes (AL 0.0 e AL 0.1)
- Como se explica a sua diversidade

0.2-Soluções (1 aula)

- Quais e quantos os componentes
- O que são soluções aquosas
- Composição quantitativa de soluções

0.3-Elementos químicos (2 aulas)

- O que são
- Como se organizam
- Átomos diferentes do mesmo elemento

AL 0.0 – Metodologia de Resolução de Problemas por via experimental (1 aula)

- Metodologia de resolução de questões-problema
- A importância da informação
- Planificação de uma actividade experimental

¹ Programa Homologado em 12/03/2001

Entrou em vigor no ano lectivo 2003/2004

- Segurança e equipamento no laboratório de Química
- Eliminação de resíduos

AL 0.1. – Separar e purificar (2 aulas)

- Processos físicos usados na separação de componentes de misturas, tais como:
 - **Decantação**
 - Decantação de misturas de duas fases: sólido – líquido e líquido – líquido
 - **Filtração**
 - Filtração por gravidade
 - Filtração a pressão reduzida
 - **Destilação**
 - Destilação simples
 - Destilação fraccionada

UNIDADE 1 – Das Estrelas ao Átomo (15 aulas)

1.1. Arquitectura do Universo (3 aulas)

*

*

- Breve história do Universo
 - Teoria do Big-Bang e suas limitações; outras teorias
- Escalas de tempo, comprimento e temperatura
 - Unidades SI e outras de tempo, comprimento e temperatura
- Medição em Química (AL 1.1)
- Aglomerados de estrelas, nebulosas, poeiras interestelares, buracos negros sistemas solares.
- Processo de formação de alguns elementos químicos no Universo
- As estrelas como "autênticas fábricas" nucleares
- Algumas reacções nucleares e sua aplicações
 - Fusão nuclear do H e do He
 - Síntese nuclear do C e do O
 - Fissão nuclear
- Distribuição actual dos elementos no Universo

1.2. Espectros, radiações e energia (3 aulas)

* *

*

- Emissão de radiação pelas estrelas – espectro de riscas de absorção
- Espectro electromagnético – radiações e energia
- Relação das cores do espectro do visível com a energia da radiação
- Análise elementar por via seca (AL 1.2)
- Aplicações tecnológicas da interacção radiação-matéria.

1.3. Átomo de hidrogénio e estrutura atómica (3 aulas)

- Espectro do átomo de hidrogénio
- Quantização de energia
- Modelo quântico
 - Números quânticos (n , l , m_l e m_s)
 - Orbitais (s, p, d)
 - Princípio da energia mínima
 - Princípio da exclusão de Pauli
 - Regra de Hund
 - Configuração electrónica de átomos de elementos de $Z \leq 23$

1.4. Tabela Periódica - organização dos elementos químicos (6 aulas)

- Descrição da estrutura actual da Tabela Periódica
- Breve história da Tabela Periódica
- Posição dos elementos na Tabela Periódica e respectivas configurações electrónicas
- Variação do raio atómico e da energia de ionização na Tabela Periódica
- Propriedades dos elementos e propriedades das substâncias elementares
- Identificação de uma substância e avaliação da sua pureza (AL 1.3)

UNIDADE 2- Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e Estrutura (15 aulas)

2.1. Evolução da atmosfera- breve história (2 aulas)

- Variação da composição da atmosfera (componentes maioritários) ao longo dos tempos e suas causas

- Composição média da atmosfera actual
 - componentes principais
 - componentes vestigiais
- Agentes de alteração da concentração de constituintes vestigiais da atmosfera
 - agentes naturais
 - agentes antropogénicos
- Acção de alguns constituintes vestigiais da atmosfera nos organismos
 - dose letal

2.2. Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude (5 aulas)

- Variação da temperatura e estrutura em camadas da atmosfera
- Volume molar. Constante de Avogadro
- Densidade de um gás
 - relação volume/número de partículas a pressão e temperatura constantes
 - relação densidade de um gás/massa molar
- Dispersões na atmosfera
 - soluções gasosas
 - colóides e suspensões- material particulado
 - soluções e colóides - AL 2.1
- Composição quantitativa de soluções
 - concentração e concentração mássica
 - percentagem em volume e percentagem em massa
 - mg/kg ou cm³/m³ (partes por milhão)
 - fracção molar

2.3. Interacção radiação-matéria (1 aula)

* *

*

- Formação de iões na termosfera e na mesosfera: O₂⁺, O⁺ e NO⁺
- A atmosfera como filtro de radiações solares
- Formação de radicais livres na estratosfera e na troposfera
 - HO[•], Br[•] e Cl[•]
- Energia de ligação por molécula e energia de ionização por mole de moléculas

2.4. O ozono na estratosfera (3 aulas)

- O ozono como filtro protector da Terra
 - Filtros solares
- Formação e decomposição do ozono na atmosfera
- A camada do ozono
- O problema científico e social do “buraco na camada do ozono”
- Efeitos sobre o ozono estratosférico. O caso particular dos CFC's
- Nomenclatura dos alcanos e alguns dos seus derivados

2.5. Moléculas na troposfera - espécies maioritárias (N₂, O₂, H₂O, CO₂) e espécies vestigiais (H₂, CH₄, NH₃) (4 aulas)

- Modelo covalente da ligação química
- Parâmetros de ligação
 - Energia de ligação
 - Comprimento de ligação
 - Ângulo de ligação
- Geometria molecular

Componente de Física

MÓDULO INICIAL – Das fontes de energia ao utilizador (5 aulas)

1. Situação energética mundial e degradação da energia (1 aula)

- Fontes de energia e estimativas de “consumos” energéticos nas principais actividades humanas
- Transferências e transformações de energia
- Degradação de energia. Rendimento
- Uso racional das fontes de energia

2. Conservação da energia (3 aulas)

- Sistema, fronteira e vizinhança. Sistema isolado
- Energia mecânica

- Energia interna. Temperatura
- Calor, radiação, trabalho e potência
- Lei da Conservação da Energia. Balanços energéticos

AI I – Rendimento no aquecimento (1 aula)

- Calor, temperatura e energia interna
- Quantidade de energia necessária para fazer variar a temperatura de um corpo
- Circuito eléctrico
- Potência fornecida ($P = UI$); energia fornecida ($E = P t$)
- Rendimento

UNIDADE 1 – Do Sol ao aquecimento (16 aulas)

1. Energia – do Sol para a Terra (5 aulas)

*

- Balanço energético da Terra
 - Emissão e absorção de radiação. Lei de Stefan – Boltzmann. Deslocamento de Wien
 - Sistema termodinâmico
 - Equilíbrio térmico. Lei Zero da Termodinâmica
- A radiação solar na produção da energia eléctrica – painel fotovoltaico

2. A energia no aquecimento/arrefecimento de sistemas (7 aulas)

- Mecanismos de transferência de calor: condução e convecção
- Materiais condutores e isoladores do calor. Condutividade térmica
- 1ª Lei da Termodinâmica
- Degradação da energia. 2ª Lei da Termodinâmica
- Rendimento

AL 1.1 – Absorção e emissão de radiação (1 aula)

*

- Emissão, absorção e reflexão de radiação
- Equilíbrio térmico

AL 1.2 - Energia eléctrica fornecida por um painel fotovoltaico (1 aula)

*

- Radiação solar na produção de energia eléctrica - Painel fotovoltaico

AL 1.3 – Capacidade térmica mássica (1 aula)

- Capacidade térmica mássica
- Balanço energético

AL 1.4 – Balanço energético num sistema termodinâmico (1 aula)

- Mudanças de estado físico
- Energia necessária para fundir uma certa massa de uma substância
- Balanço energético

UNIDADE 2- Energia em movimentos (15 aulas)

1. Transferências e transformações de energia em sistemas complexos – aproximação ao modelo da partícula material (4 aulas)

- Transferências e transformações de energia em sistemas complexos (meios de transporte)
- Sistema mecânico. Modelo da partícula material (centro de massa)
- Validade da representação de um sistema pelo respectivo centro de massa
- Trabalho realizado por forças constantes que actuam num sistema em qualquer direcção
- A acção das forças dissipativas

2. A energia de sistemas em movimento de translação (8 aulas)

- Teorema da energia cinética
- Trabalho realizado pelo peso
- Peso como força conservativa
- Energia potencial gravítica
- Conservação da energia mecânica
- Acção das forças não conservativas
- Rendimento. Dissipação de energia

AL 2.1 – Energia cinética ao longo de um plano inclinado (1 aula)

- Velocidade instantânea
- Energia cinética

AL 2.2 – Bola saltitona (1 aula)

- Transferências e transformações de energia

AL 2.3 – O atrito e a variação de energia mecânica (1 aula)

- Trabalho realizado pela resultante das forças que actuam sobre um corpo.
- Dissipação de energia por efeito das forças de atrito
- Força de atrito e coeficiente de atrito cinético
- Variação de energia mecânica
- Vantagens e desvantagens do atrito

Programa de Física e Química A – 11º Ano²

Componente de Química

Unidade 1 . Química e Indústria: Equilíbrios e Desequilíbrios (16 aulas)

1. Produção e controlo – a síntese industrial do amoníaco

1.1. O amoníaco como matéria-prima

- A reacção de síntese do amoníaco
- Reacções químicas incompletas
- Aspectos quantitativos das reacções químicas
- Quantidade de substância
- Rendimento de uma reacção química
- Grau de pureza dos componentes de uma mistura reaccional
- Amoníaco e compostos de amónio em materiais de uso comum . AL 1.1

1.2. O amoníaco, a saúde e o ambiente

- Interação do amoníaco com componentes atmosféricos
- Segurança na manipulação do amoníaco

1.3. Síntese do amoníaco e balanço energético

² Programa homologado em Abril de 2003

Entrou em vigor no ano lectivo de 2004/2005

- Síntese do amoníaco e sistema de ligações químicas
- Variação de entalpia de reacção em sistemas isolados

1.4. Produção industrial do amoníaco

- Reversibilidade das reacções químicas
- Equilíbrio químico como exemplo de um equilíbrio dinâmico
- Situações de equilíbrio dinâmico e desequilíbrio
- A síntese do amoníaco como um exemplo de equilíbrio químico
- Constante de equilíbrio químico, K : lei de Guldberg e Waage
- Quociente da reacção, Q
- Relação entre K e Q e o sentido dominante da progressão da reacção
- Relação entre K e a extensão da reacção
- Síntese do sulfato de tetraaminacobre (II) mono-hidratado . AL 1.2
- Visita a uma instalação industrial . VE

1.5. Controlo da produção industrial

- Factores que influenciam a evolução do sistema reaccional
- A concentração, a pressão e a temperatura
- A lei de Le Chatelier
- Efeitos da temperatura e da concentração no equilíbrio de uma reacção . AL 1.3

Unidade 2 . Da Atmosfera ao Oceano: Soluções na Terra e para a Terra (27 aulas)

2 - Da Atmosfera ao Oceano: Soluções na Terra e para a Terra

- A água na Terra e a sua distribuição: problemas de abundância e de escassez.
- Os encontros mundiais sobre a água, com vista à resolução da escassez de água potável.

2.1-Água da chuva, água destilada e água pura

- Água da chuva, água destilada e água pura: composição química e pH
- Ácido ou base: uma classificação de alguns materiais . AL 2.1
- pH . uma medida de acidez, de basicidade e de neutralidade
- Concentração hidrogeniónica e o pH

- Escala Sorensen
- Ácidos e bases: evolução histórica dos conceitos
 - Ácidos e bases segundo a teoria protónica (Brønsted-Lowry)
- Água destilada e água pura.
 - A água destilada no dia a dia
 - Auto-ionização da água
 - Aplicação da constante de equilíbrio à reacção de ionização da água: produto iónico da água a 25 °C (K_w)
 - Relação entre as concentrações do ião hidrogénio (H^+) ou oxónio (H_3O^+) e do ião hidróxido (OH^-)

2.2. Águas minerais e de abastecimento público: a acidez e a basicidade das águas

2.2.1. Água potável: águas minerais e de abastecimento público

- Composições típicas e pH
- VMR e VMA de alguns componentes de águas potáveis

2.2.2. Água gaseificada e água da chuva: acidificação artificial e natural provocada pelo dióxido de carbono

- Chuva .normal. e chuva ácida . AL 2.2
- Ionização de ácidos em água
- Ionização ou dissociação de bases em água
- Reacção ácido-base
- Pares conjugados ácido-base: orgânicos e inorgânicos
- Espécies químicas anfotéricas
- Aplicação da constante de equilíbrio às reacções de ionização de ácidos e bases em água: K_a e K_b como indicadores da extensão da ionização
- Força relativa de ácidos e bases
- Efeito da temperatura na auto-ionização da água e no valor do pH
- Neutralização: uma reacção de ácido-base . AL 2.3
- Volumetria de ácido-base:
 - Ponto de equivalência e ponto final
 - Indicadores
- Dissociação de sais
- Ligação química

- Nomenclatura de sais

2.3. Chuva ácida

2.3.1. Acidificação da chuva

- Como se forma
- Como se controla
- Como se corrige

2.3.2. Impacto em alguns materiais

- Ácidos e carbonatos
- Ácidos e metais
- Reacções de oxidação-redução:
 - Perspectiva histórica
 - Número de oxidação: espécie oxidada (reductor) e espécie reduzida (oxidante)
 - Oxidante e reductor: um conceito relativo
 - Pares conjugados de oxidação-redução
 - Reacção ácido-metal: a importância do metal
 - Série electroquímica: o caso dos metais . AL 2.4
 - Protecção um metal usando um outro metal

2.4. Mineralização e desmineralização de águas

2.4.1 A solubilidade e o controlo da mineralização das águas

- Composição química média da água do mar
- Mineralização das águas e dissolução de sais
- Solubilidade: solutos e solventes: AL 2.5
- Solubilidade de sais em água: muito e pouco solúveis
- Dureza da água: origem e consequências a nível industrial e doméstico
- Dureza da água e problemas de lavagem: AL 2.6
- Solução não saturada e saturada de sais em água
- Aplicação da constante de equilíbrio à solubilidade de sais pouco solúveis: constante do produto de solubilidade (K_s)

2.4.2. A desmineralização da água do mar

- Dessalinização

- Correção da salinização

Componente de Física

Unidade 1 . Movimentos na Terra e no espaço (18 aulas)

1.1. Viagens com GPS (3 aulas)

- Funcionamento e aplicações do GPS
- Posição . coordenadas geográficas e cartesianas
- Tempo
- Trajectória
- Velocidade

1.2. Da Terra à Lua (15 aulas)

- Interações à distância e de contacto
 - As quatro interações fundamentais na Natureza
- 3ª Lei de Newton
- Lei da gravitação universal
- Movimentos próximo da superfície da Terra
 - Aceleração
 - 2ª Lei de Newton
 - 1ª Lei de Newton
 - O movimento segundo Aristóteles, Galileu e Newton
 - Características do movimento de um corpo de acordo com a resultante das forças e as condições iniciais do movimento:
 - Queda e lançamento na vertical com efeito de resistência do ar desprezável
 - movimento rectilíneo uniformemente variado
 - Queda na vertical com efeito de resistência do ar apreciável .
 - movimentos rectilíneos acelerado e uniforme. Velocidade terminal
 - Lançamento horizontal com efeito de resistência do ar desprezável .
 - composição de dois movimentos (uniforme e uniformemente acelerado)
 - Movimentos rectilíneos num plano horizontal (uniforme e uniformemente variado)

- Movimentos de satélites geoestacionários
 - Características e aplicações destes satélites
 - Características do movimento dos satélites geoestacionários de acordo com as resultantes das forças e as condições iniciais do movimento: movimento circular com velocidade de módulo constante
 - Velocidade linear e velocidade angular
 - Aceleração
 - Período e frequência

Unidade 2 . Comunicações (18 aulas)

2.1. Comunicação de informação a curtas distâncias (10 aulas)

- Transmissão de sinais
 - Sinais
 - Propagação de um sinal: energia e velocidade de propagação (modelo ondulatório)
 - Onda periódica: periodicidade no tempo e no espaço
 - Sinal harmónico e onda harmónica
- Som
 - Produção e propagação de um sinal sonoro
 - Som como onda mecânica
 - Propagação de um som harmónico
 - Espectro sonoro
 - Sons harmónicos e complexos
- Microfone e altifalante
 - Finalidades
 - Campo magnético e campo eléctrico. Unidades SI
 - Linhas de campo
 - Fluxo magnético através de uma e de várias espiras condutoras
 - Indução electromagnética
 - Força electromotriz induzida. Lei de Faraday

2.2. Comunicação de informação a longas distâncias (8 aulas)

* *

*

- A radiação electromagnética na comunicação
 - Produção de ondas de rádio: trabalhos de Hertz e Marconi
 - Transmissão de informação
 - Sinal analógico e sinal digital
 - Modulação de sinais analógicos, por amplitude e por frequência
 - Reflexão, refacção, reflexão total, absorção e difracção de ondas
 - Bandas de radiofrequência

Programa de QUÍMICA 12º ANO³

30 aulas

Unidade 1 – Metais e Ligas Metálicas (30 aulas)

1.1 Metais e Ligas Metálicas (7 aulas)

1.1.1. A importância dos metais na sociedade actual

- Perspectiva histórica da utilização dos metais: era do cobre, era do bronze e era do ferro; a “era” do aço e a “era” dos novos materiais
- Algumas aplicações dos metais no presente e no futuro próximo
- Metais: matérias-primas não renováveis
- Composição de uma liga metálica – **AL 1.1**

1.1.2. Um outro olhar sobre a Tabela Periódica dos elementos

- Os elementos metálicos na Tabela Periódica (blocos s, p, d, f)
- Os Metais de Transição: a especificidade das orbitais d
- Os Metais de Transição Interna e as orbitais f

1.1.3. Estrutura e propriedades dos metais

- A ligação metálica

³ Programa homologado em Novembro de 2004

Entrou em vigor no ano Lectivo de 2005/2006

- Propriedades características dos metais como substâncias ou materiais: brilho, maleabilidade, ductilidade, condutibilidade térmica e eléctrica
- Sólidos metálicos versus outros tipos de sólidos (iónicos, covalentes, moleculares)
- Ligas metálicas: aço e aço inoxidável, bronze, “ouro”, “prata de lei”, amálgamas, estanho, Latão, constantan, cuproníquel, solda, “metais” com memória de forma
- A reciclagem de metais
- Um ciclo de Cobre – **AL 1.2**

1.2. Degradação dos Metais (9 aulas)

1.2.1. Corrosão: uma oxidação indesejada

- A corrosão como uma reacção de oxidação-redução
- A importância do meio nas reacções de oxidação-redução

1.2.2. Pilhas e baterias: uma oxidação útil

- As pilhas como fonte de energia
- A reactividade dos metais e o Potencial Padrão de eléctrodo
- A espontaneidade das reacções redox
- As pilhas no quotidiano: pilhas alcalinas, pilhas recarregáveis, baterias e acumuladores
- As pilhas do futuro: pilhas de combustível ou a combustão à distância

1.2.3. Protecção de metais

- As ligas metálicas e a resistência à corrosão
- A protecção catódica
- Protecção de superfície: galvanoplastia e anodização
- Corrosão e protecção de metais – **AL 1.3**
- Construção de uma pilha com diferença de potencial determinada – **APL**

1.3. Metais, Ambiente e Vida (11 aulas)

1.3.1. Dos minerais aos materiais metálicos

- Os minerais como fonte de metais: óxidos e sulfuretos
- A exploração mineira e seu impacto ambiental

- Processos mais utilizados de extracção de metais
- Extracção por redução: métodos químicos e electrolíticos
- A electrólise: uma reacção química forçada

1.3.2. Metais, complexos e cor

- Complexos e compostos de coordenação
- O caso dos detergentes com EDTA
- Estabilidade de complexos: constantes de formação
- Determinação do Ca^{2+} e Mg^{2+} em alimentos por formação de complexos – **AL 1.4**
- A cor nos complexos
- A cor e a composição quantitativa de soluções com iões metálicos – **AL 1.5**

1.3.3. Os metais no organismo humano

- Metais essenciais e metais tóxicos
- A hemoglobina e o transporte de gases no sangue
- O caso do CO_2 indispensável: efeito tampão
- Funcionamento de um sistema tampão - **AL 1.6**

1.3.4. Os metais como catalisadores

- A importância dos catalisadores na vida e na indústria
- Catalisadores de automóveis e poluição
- Catalisadores industriais e economia
- Catalisadores biológicos: enzimas e a química da vida
- Catálise enzimática:
 - efeito da temperatura e de um inibidor sobre uma reacção bioquímica – **AL 1.7**
 - Catálise homogénea e catálise heterogénea
 - Mecanismos de catálise: estado de transição e energia de activação
 - Os metais em catálise

Actividade de Projecto Laboratorial (3 aulas)

Unidade 2 - Combustíveis, Energia e Ambiente (30 aulas)

2.1. Combustíveis fósseis: o carvão, o crude e o gás natural (16 aulas)

- O papel dos combustíveis fósseis no desenvolvimento mundial: problemas políticos, económicos e sociais
- Os combustíveis fósseis: o carvão, o crude (petróleo bruto) e o gás natural
- O que são
- Como são extraídos
- Como se transportam

2.1.1. Do crude ao GPL e aos fuéis: destilação fraccionada e cracking do petróleo

- Destilação fraccionada (destilação a pressão atmosférica e a pressão reduzida) do crude: GPL, gasolina e nafta, querosene, gasóleo e resíduos (fuéis)
- Gasolina de Verão e de Inverno: quais as diferenças
- Destilação fraccionada de uma mistura de 3 componentes – **AL 2.1**
- Cracking catalítico
- Cicloalcanos e alcenos: nomenclatura e isomeria
- Isomeria de cadeia e de posição nos alcanos e nos álcoois
- Isomeria de grupo funcional entre álcoois e éteres
- Outras famílias de hidrocarbonetos: alcinos e aromáticos
- Isomeria geométrica em alcenos
- Uso de zeólitos como catalisadores nas reacções de isomerização e de cracking
- Estrutura dos alcanos, alcenos e alcinos: teoria da ligação de valência (TLV) hibridizações sp^3 , sp^2 e sp e teoria das orbitais moleculares (TOM)
- Os aditivos da gasolina: do tetra-etil-chumbo ao álcool e ao MTBE
- O significado de “ índice de octano” da gasolina e os processos de o aumentar
- Nomenclatura IUPAC dos álcoois e dos éteres
- Outras substâncias indesejáveis da gasolina: o enxofre, o benzeno e outros hidrocarbonetos aromáticos
- O benzeno e outros hidrocarbonetos aromáticos
- Estrutura do benzeno: um híbrido de ressonância
- Electronegatividade e a polaridade de ligações e de moléculas
- Verificação do efeito da adição de uma substância não volátil e não iónica nos pontos de fusão e de ebulição da água – **AL 2.2**

2.1.2. Os combustíveis gasosos, líquidos e sólidos: compreender as diferenças

- Gás das botijas e o gás de cidade como gases reais
- Gases reais versus gases ideais
- A equação dos gases ideais
- Combustíveis líquidos e sólidos: evidência da existência de forças intermoleculares
- Tipo de forças intermoleculares em diferentes interações "moleculares"
- As forças intermoleculares e os estados físicos das substâncias
- Como variam as propriedades físicas dos alcanos em função da cadeia carbonada

2.1.3. Impacte ambiental da Indústria Petroquímica

- Problemas ecológicos: marés negras
- Produtos da combustão dos combustíveis e poluição atmosférica
- Conversores catalíticos

2.1.4. Combustíveis alternativos e algumas alternativas aos combustíveis (3 aulas)

- Problema do limite dos recursos naturais
- A energia dos combustíveis: a eficiência no uso, a necessidade de a economizar e as implicações ambientais da sua utilização
- Combustíveis alternativos: hidrogénio, álcool, bioálcool, biodiesel e biogás
- Produção de um biodiesel a partir de óleos alimentares queimados - **APL**
- A reciclagem de materiais orgânicos como fonte de obtenção de combustíveis
- O trabalho dos químicos no melhoramento dos combustíveis e na procura de um fuel do futuro: a economia no uso de oxigenados e de hidrogénio
- Vantagens e inconvenientes da utilização de combustíveis alternativos
- Alternativas aos combustíveis: metas e recursos
- As células de combustível, células fotovoltaicas e aerogeradores
- A energia nuclear

2.2. De onde vem a energia dos combustíveis (10 aulas)

2.2.1. Energia, calor, entalpia e variação de entalpia

- Entalpia H e variação de entalpia de uma reacção

- Variações de entalpia de reacção $\Delta_r H$:convenção de sinais e condições padrão: entalpia – padrão
- Diagrama de energia associado a uma reacção química
- Variações de entalpia associadas a diferentes tipos de reacções: Entalpia padrão de combustão $\Delta_c H^\circ$ e Entalpia-padrão de formação $\Delta_f H^\circ$
- Determinação da entalpia de neutralização da reacção $\text{NaOH (aq)} + \text{HCl (aq)}$ - **AL 2.3**
- Cálculo da entalpia de uma reacção a partir das entalpias de formação: Lei de Hess: ou da aditividade das entalpias-padrão de reacção
- A energia dos combustíveis e a entalpia de combustão
- Determinação da entalpia de combustão de diferentes combustíveis líquidos (hexano, hexanol) - **AL 2.4**
- Percentagem de oxigénio na molécula de um combustível versus energia libertada na combustão.
- “Poder calorífico” de um combustível em função do número de átomos de carbono da cadeia e da posição da função álcool
- Determinação da entalpia de combustão de diferentes álcoois: metanol, etanol, propan-1-ol, propan-2-ol e butan-1-ol e comparação dos valores obtidos com os valores tabelados – **AL 2.5**
- A reciclagem de materiais orgânicos como fonte de obtenção de combustíveis

2.2.2. Equivalência massa-energia: um assunto nuclear

* *

*

- Energia de ligação nuclear e estabilidade dos núcleos
- A estabilidade/instabilidade nuclear e o decaimento radioactivo
- Emissões radioactivas: partículas alfa e beta e radiações gama
- Período de decaimento ou tempo de meia vida
- Fontes naturais e artificiais de radioactividade
- Datação e radioactividade
- Medidores (detectores) de radioactividade
- Reacções nucleares: a fusão nuclear e a fissão (cisão) nuclear
- Equivalência massa-energia e as reacções nucleares

Actividade de Projecto Laboratorial (4 aulas)

Unidade 3 - Plásticos, Vidros e Novos Materiais (22 aulas)

3.1. Os plásticos e os estilos de vida das sociedades actuais (1 aula)

- Plásticos, ambiente e desenvolvimento económico
- Vantagens e desvantagens dos plásticos face a outros materiais
- A Indústria de plásticos em Portugal: perspectiva histórica e importância sócio – económica

3.2. Os plásticos e os materiais poliméricos (3 aulas)

- O que são materiais plásticos
- O que são polímeros: macromolécula e cadeia polimérica
- Aplicações dos polímeros e polímeros para fins específicos (mobiliário, equipamentos eléctricos, próteses cirúrgicas, transportes, equipamentos desportivos e domésticos, tintas e revestimentos de superfícies, têxteis, embalagens ...)
- Termoplásticos e plásticos termofixos (comportamento perante o aquecimento e sua relação com a estrutura)
- Polímeros naturais, artificiais e sintéticos (matérias primas e suas fontes)
- Código de identificação de plásticos (origem e implicações)
- Identificação de plásticos por testes físico-químicos - **AL 3.1**

3.3. Os plásticos como substitutos de vidros (5 aulas)

- Propriedades de plásticos e propriedades de vidros: semelhanças e diferenças
- O que são vidros: composição e estrutura (óxido de silício/silica.....)
- Alguns tipos de vidros comercializados (vidro-janela, pyrex, vidro-cristal, laboratório, vidro óptico, fibra de vidro, ...)
- Índice de refacção de materiais transparentes à luz (vidros, plásticos, ar e água) - **AL 3.2**
- Estrutura polimérica, estrutura vítrea e estrutura cristalina
- Plásticos substitutos de vidros: caso do Perspex (transparência); plásticos resistentes ao aquecimento (substitutos do Pyrex); outros ...
- Reciclagem de vidros: condicionantes do processo e características do produto final
- A indústria vidreira em Portugal: perspectiva histórica, matérias-primas e “cargas”
- Acção dos fundentes (catiões metálicos) na ruptura de ligações químicas Si-O-Si e na diminuição da temperatura de fusão

- Cristais e vidros- **AL 3.3**

3.4. Polímeros sintéticos e a indústria dos polímeros (8 aulas)

- Obtenção de polímeros sintéticos: monómeros e reacções de polimerização
- Homopolímeros e co-polímeros
- Monómeros e grupos funcionais: álcoois, ácidos carboxílicos, cloretos de ácido, aminas, amidas, éteres, ésteres, aldeídos e cetonas
- Reacções de síntese: formação de poliésteres e de poliamidas (estudo de casos particulares) – **AL 3.4**
- Polímeros de condensação: poliésteres, poliamidas e poliálcoois
- Reacções de polimerização de condensação (iniciação, propagação e finalização)
- Polímeros de adição
- Reacções de polimerização de adição (iniciação, propagação e finalização)
- Borracha natural, sintética e vulcanizada – **AL 3.5**
- Grau de polimerização e massa molecular relativa média
- Polímeros lineares e reticulados
- Família de polímeros e marcas registadas
- A indústria dos plásticos na sociedade contemporânea (destacar produtos, marcas e utilizações
 - para fins específicos no contexto mundial)
- A reciclagem de plásticos (plásticos recicláveis e plásticos reciclados - vantagens e limitações dos processos e dos produtos; degradação das cadeias poliméricas)
- Síntese de polímeros (poliamida - nylon 6.6, poliuretana, poliacrílica - polimetacrilato de metilo e poliácido láctico) – **AL 3.6**
- Visita a uma instalação industrial (vidros e/ou plásticos) – **APL**

3.5. Novos materiais: os biomateriais, os compósitos e os materiais de base sustentada (3 aulas)

- O que são biomateriais e suas aplicações
- Tipos de biomateriais: bioplásticos, plásticos biodegradáveis e plásticos de origem biológica
- Os compósitos
- Processos e conceitos de modificação de polímeros: a degradação, a biodegradação, a mineralização, a biodegradabilidade e polímeros biodegradáveis

- Plásticos biodegradáveis e sua obtenção
- O que são materiais de base sustentável

Actividade de Projecto Laboratorial (2 aulas)

Programa de Física 12º ano⁴

UNIDADE I – MECÂNICA (35 aulas)

1. Mecânica da partícula (14 aulas)

1.1- Cinemática e dinâmica da partícula em movimentos a mais do que uma dimensão (4 aulas)

- Referencial e vector posição
- Equações paramétricas do movimento
- Equação da trajectória
- Deslocamento, velocidade média e velocidade
- Aceleração média e aceleração
- Aceleração tangencial e aceleração normal; raio de curvatura
- Segunda Lei de Newton (referencial fixo e referencial ligado à partícula)
- Movimento circular
- Física em acção

1.2- Movimentos sob a acção de uma força resultante constante (4 aulas)

- Condições iniciais do movimento e tipos de trajectória
- Equações paramétricas (em coordenadas cartesianas) de movimentos sujeitos à acção de uma força resultante constante com direcção diferente da velocidade inicial
- Projécteis
- Física em acção

1.3 Movimentos de corpos sujeitos a ligações (6 aulas)

- Forças aplicadas e forças de ligação

⁴ Programa homologado em Outubro de 2004

Entrou em vigor no ano lectivo de 2005/2006

- Forças de atrito; atrito estático e cinético entre sólidos
- Aplicações da Segunda Lei de Newton em corpos com ligações; considerações energéticas
- Física em acção

TL I.1 - Máquina de Atwood

TL I.2 - Atrito estático e cinético

2. Movimentos oscilatórios (4 aulas)

- Lei de Hooke e equação do movimento harmónico simples
- Características de um oscilador harmónico simples: período, frequência e frequência angular; elongação e amplitude
- Velocidade e aceleração de um oscilador harmónico simples
- Energia de um oscilador harmónico simples
- Movimento harmónico amortecido
- Física em acção

TL I.3 - Pêndulo gravítico

3. Centro de massa e momento linear de um sistema de partículas (5 aulas)

- Sistemas de partículas e corpo rígido
- Centro de massa
- Velocidade e aceleração do centro de massa
- Momento linear de uma partícula e de um sistema de partículas
- Lei fundamental da dinâmica para um sistema de partículas
- Lei de conservação de momento linear
- Colisões elásticas e inelásticas; coeficiente de restituição
- Física em acção

TL I.4 - Colisões

4. Mecânica de fluidos (8 aulas)

4.1- Hidrostática (4 aulas)

- Noção de fluido
- Massa volúmica, densidade relativa, pressão e força de pressão
- Lei fundamental da hidrostática
- Lei de Pascal

- Impulsão e Lei de Arquimedes
- Equilíbrio de corpos flutuantes
- Física em acção

4.2- Hidrodinâmica (4 aulas)

- Movimento dos fluidos em regime estacionário
- Conservação da massa e equação da continuidade
- Conservação de energia mecânica e equação de Bernoulli
- Força de resistência em fluidos; coeficiente de viscosidade de um líquido
- Física em acção

TL I.5 - Coeficiente de viscosidade de um líquido

5. Gravitação (4 aulas)

- Leis de Kepler
- Lei de Newton da gravitação universal
- Constante de gravitação universal e experiência de Cavendish
- Campo gravítico
- Força gravítica e peso; imponderabilidade
- Energia do campo gravítico
- Velocidade orbital; velocidade de escape
- Física em acção

UNIDADE II - ELECTRICIDADE E MAGNETISMO 23 aulas

1. Campo e potencial eléctrico (10 aulas)

1.1- Lei de Coulomb e campo eléctrico (5 aulas)

- Carga eléctrica e sua conservação
- Condutores e isoladores
- Electrização por contacto e por influência
- Polarização de um isolador
- Interações entre cargas e Lei de Coulomb; permitividade do vazio

- Semelhança das leis de Coulomb e da gravitação de Newton
- Campo eléctrico
- Condutor em equilíbrio electrostático
- Campo eléctrico no interior e à superfície de um condutor em equilíbrio electrostático
- Poder das pontas
- Física em acção

1.2- Energia e potencial eléctrico (5 aulas)

- Energia no campo eléctrico
- Potencial eléctrico
- Superfícies equipotenciais
- Energia eléctrica armazenada: condensador
- Física em acção

TL II.1 - Campo eléctrico e superfícies equipotenciais

TL II.2 - Capacidade de um condensador plano

2. Circuitos eléctricos (8 aulas)

2.1- Corrente eléctrica (2 aulas)

- Mecanismo de produção de corrente eléctrica
- Intensidade de corrente e diferença de potencial
- Resistência de um condutor e resistividade
- Lei de Ohm
- Física em acção

TL II.3 - Construção e calibração de um termómetro de fio de cobre

2.2- Trocas de energia num circuito eléctrico (2 aulas)

- Lei de Joule
- Força electromotriz e potência de um gerador
- Resistência interna de um gerador e potência útil de um gerador
- Diferença de potencial nos terminais de um gerador
- Força contraelectromotriz de um receptor
- Resistência interna de um receptor e potência útil de um receptor
- Diferença de potencial nos terminais de um receptor

- Física em acção

TL II.4 - Características de um gerador e de um receptor

2.3- Equações dos circuitos eléctricos (4 aulas)

- Circuito simples com gerador e receptor - Lei de Ohm generalizada
- Associação de resistências
- Carga e descarga de um circuito RC
- Física em acção

TL II.5 - Construção de um relógio logarítmico

3. Acção de campos magnéticos sobre cargas em movimento e correntes (5 aulas)

*

- Origens do campo magnético
- Espectros de campos magnéticos produzidos por correntes e ímanes
- Acção de campos magnéticos sobre cargas em movimento
- Acção simultânea de campos magnéticos e eléctricos sobre cargas em movimento
- Espectrómetro de massa e ciclotrão
- Experiência de Thomson e relação e/m do electrão
- Acção de campos magnéticos sobre correntes eléctricas
- Campo magnético terrestre
- Física em acção

UNIDADE III - FÍSICA MODERNA
20 aulas

1 - Teoria da Relatividade (7 aulas)

1.1 - Relatividade galileana (3 aulas)

- Referenciais de inércia e referenciais acelerados
- Validade das Leis de Newton
- Transformação de Galileu
- Invariância e relatividade de uma grandeza física
- Invariância das Leis da mecânica: Princípio da Relatividade de Galileu
- Física em acção

1.2 - Relatividade einsteiniana (4 aulas)

*

- Origens da relatividade restrita
- Postulados da relatividade restrita
- Simultaneidade de acontecimentos, dilatação do tempo e contracção do espaço
- Relação entre massa e energia
- Origens da relatividade geral
- Princípio da Equivalência
- Física em acção

2. Introdução à física quântica (7 aulas)

* *

*

- A quantização da energia de Planck
- A teoria dos fótons de Einstein
- Dualidade onda-corpúsculo para a luz
- Radiação ionizante e não ionizante
- Interação da radiação com a matéria: efeito fotoelétrico, efeito de Compton, produção e aniquilação de pares
- Raios X
- Dualidade onda-corpúsculo para a matéria. Relação de De Broglie
- Princípio de Incerteza e Mecânica Quântica
- Física em acção

3. Núcleos atómicos e radioactividade (6 aulas)

* *

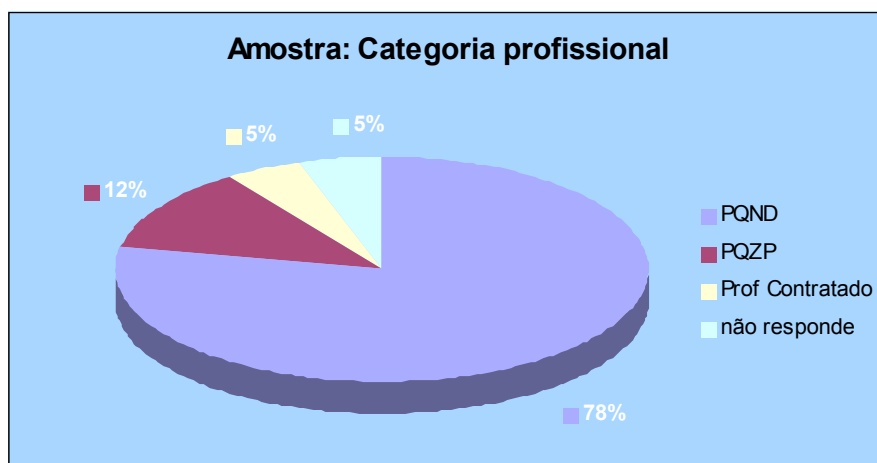
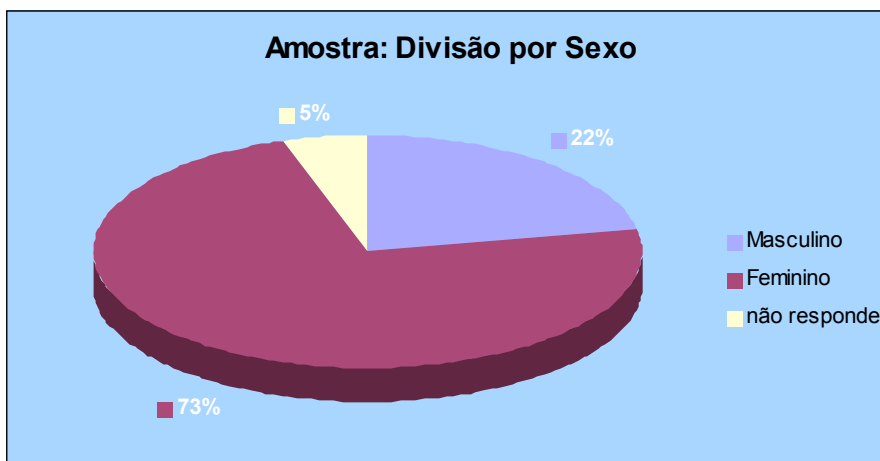
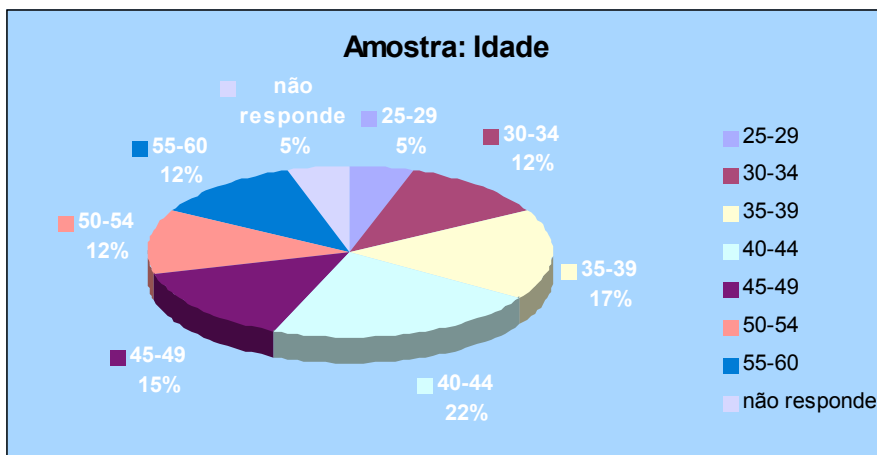
*

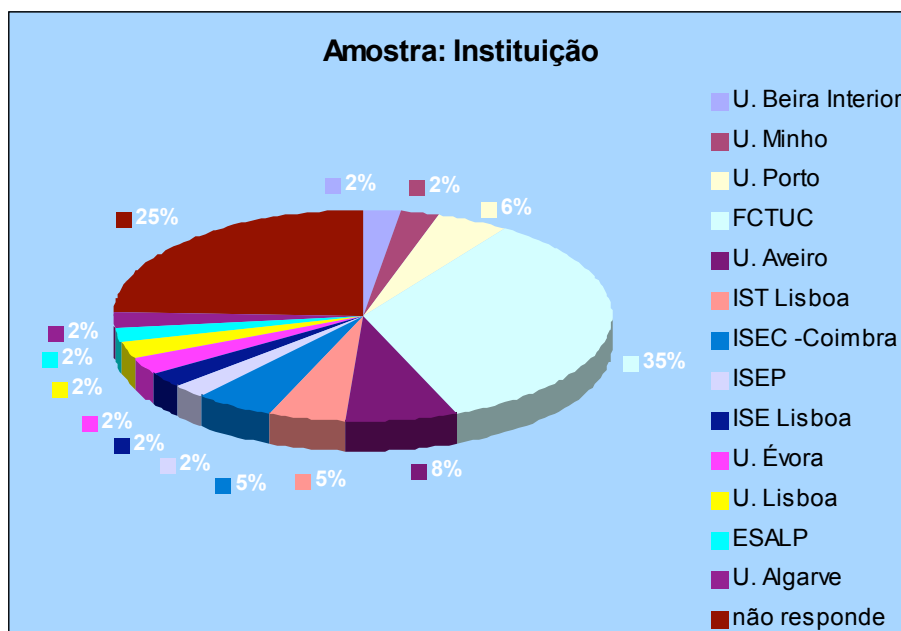
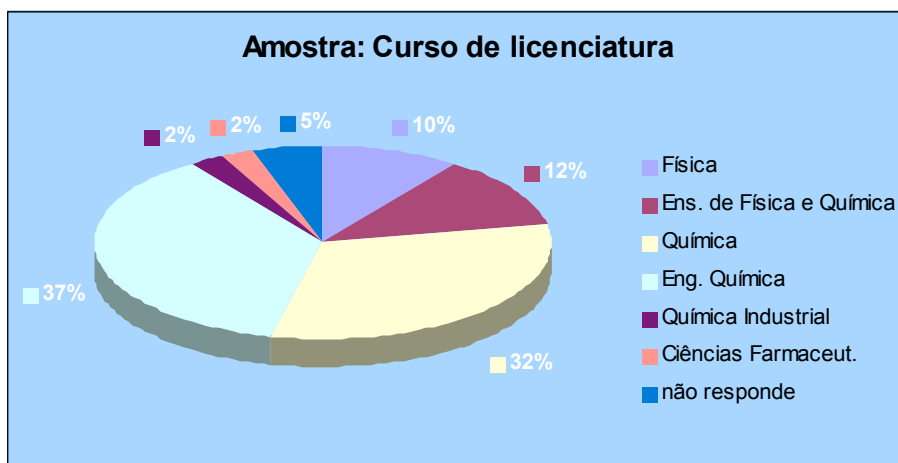
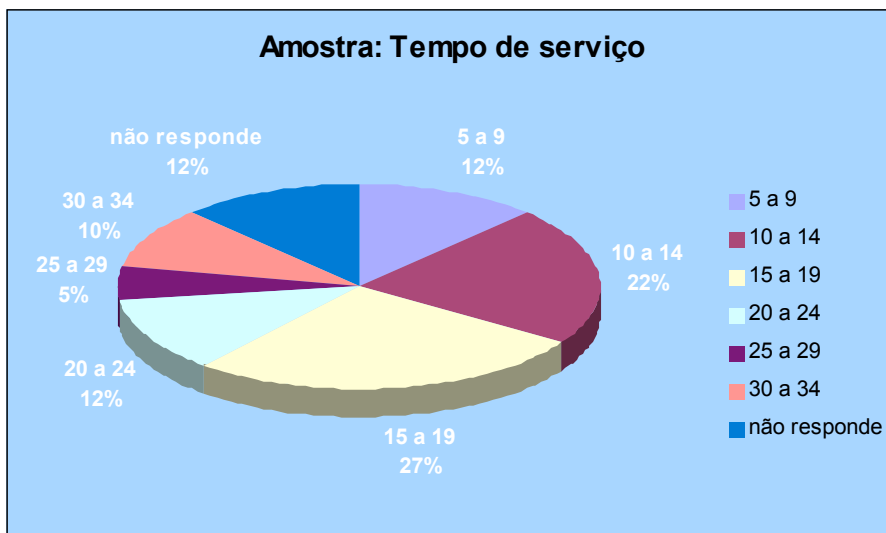
- Energia de ligação nuclear e estabilidade dos núcleos
- Processos de estabilização dos núcleos: decaimento radioactivo
- Propriedades das emissões radioactivas (alfa, beta e gama)
- Lei do decaimento radioactivo
- Período de decaimento (tempo médio de vida)
- Actividade de uma amostra radioactiva
- Fontes naturais e artificiais de radioactividade
- Efeitos biológicos da radioactividade

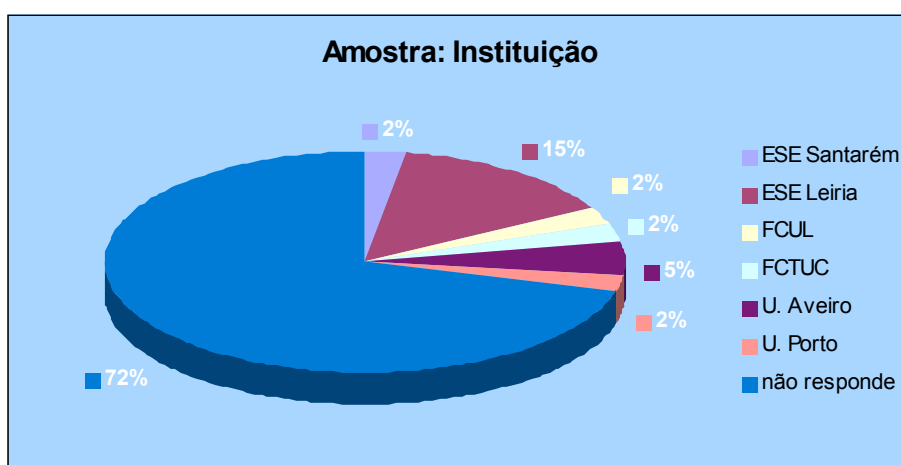
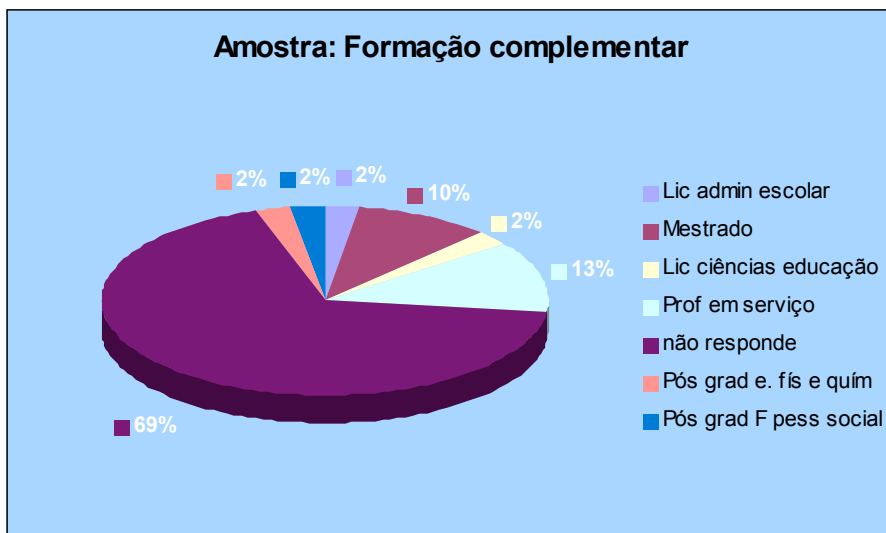
- Dose de radiação absorvida e dose equivalente biológica
- Detectores de radiação ionizante
- Aplicações da radiação ionizante
- Reacções nucleares: fusão nuclear e cisão nuclear
- Física em acção

ANEXO III – RESULTADOS OBTIDOS NO INQUÉRITO

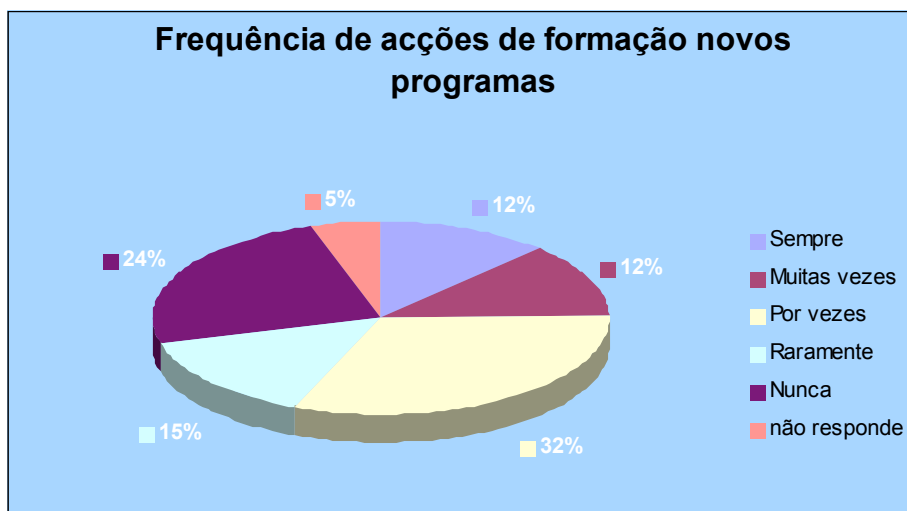
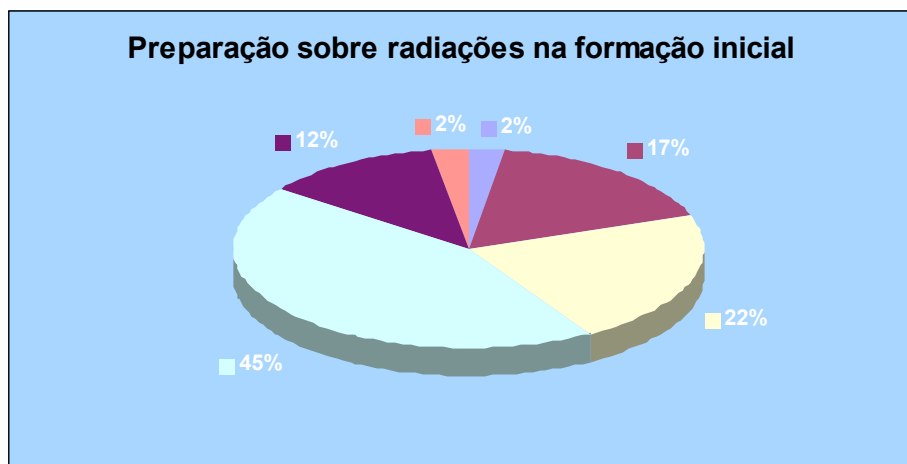
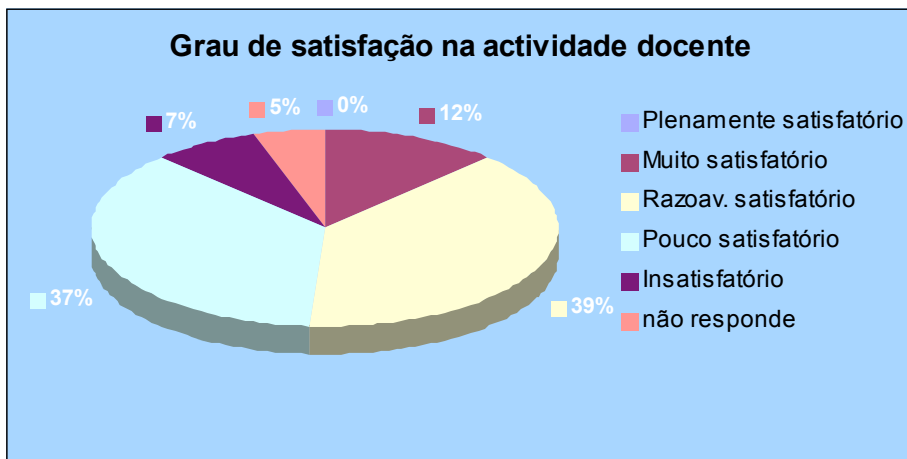
1. Caracterização da amostra

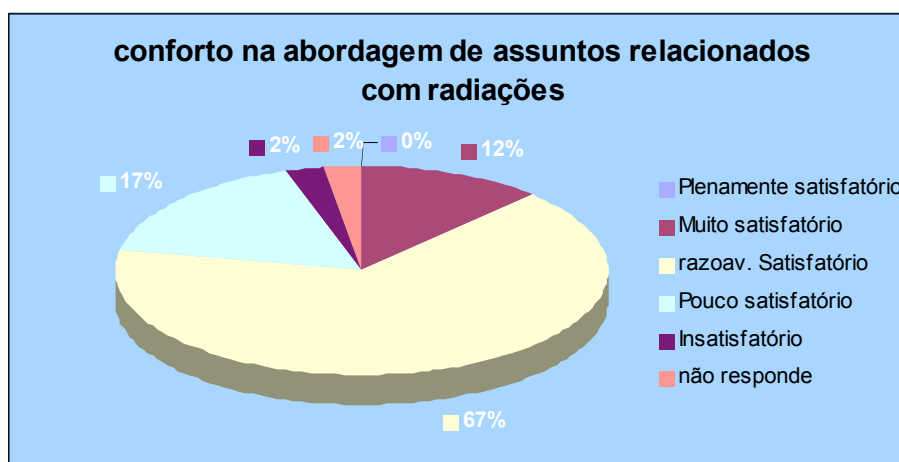
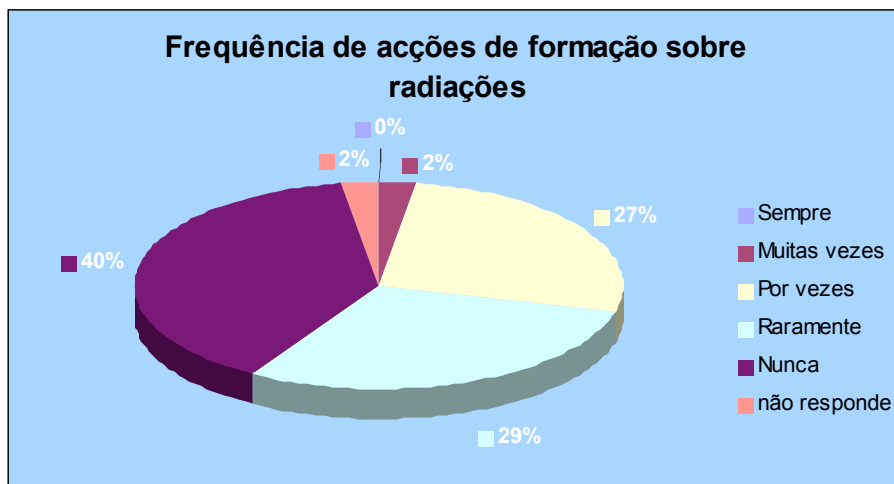






2. Os Docentes

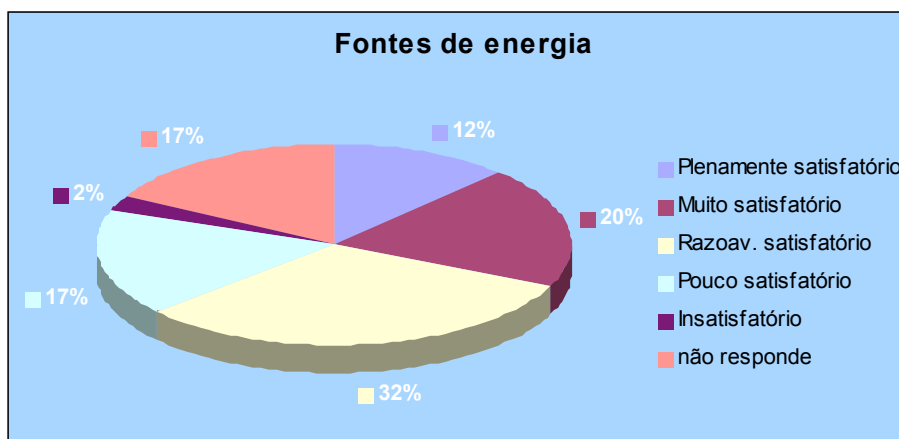


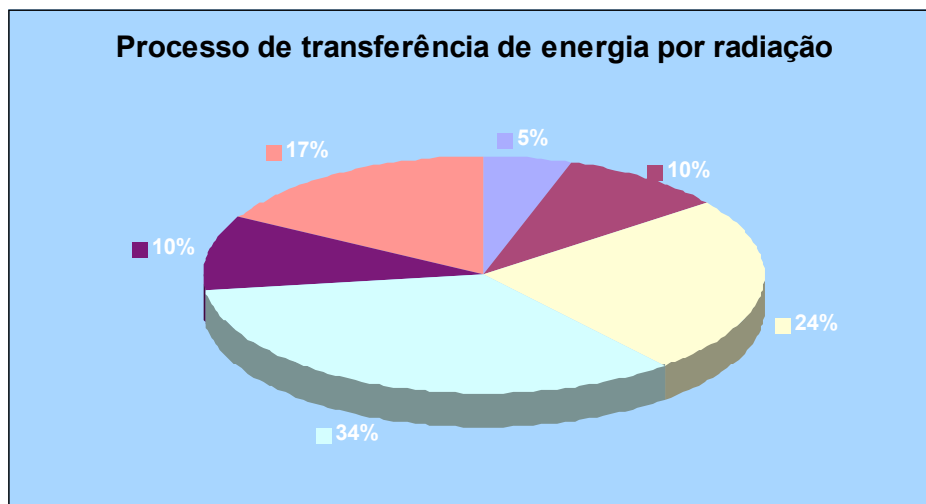
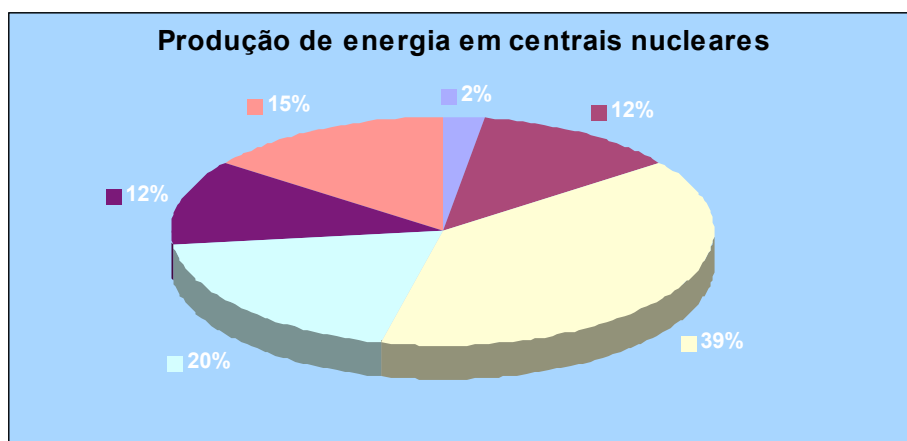
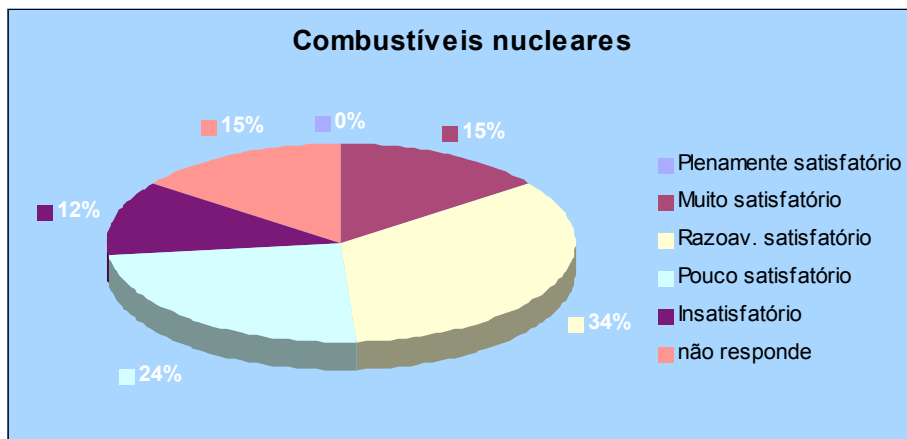


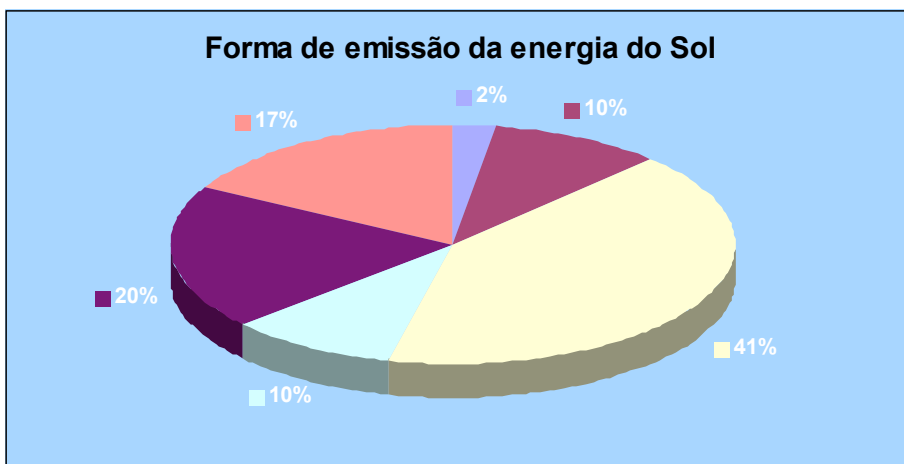
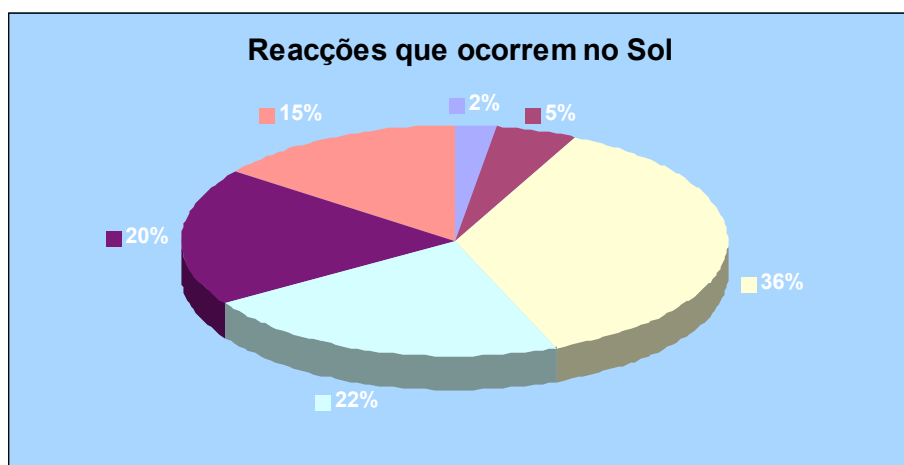
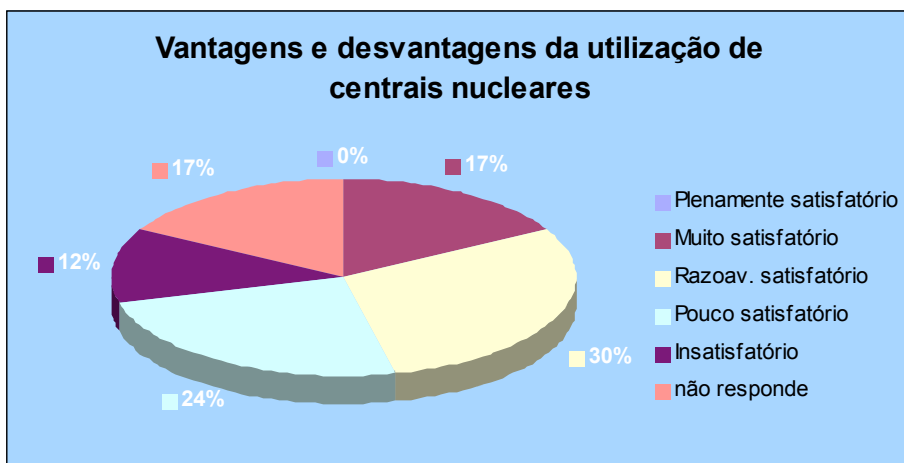
3. Assuntos leccionados no 3º Ciclo do Ensino Básico (grau de profundidade)

Tema: Terra em transformação (3º Ciclo do ensino básico)

Unidade 2 - Energia

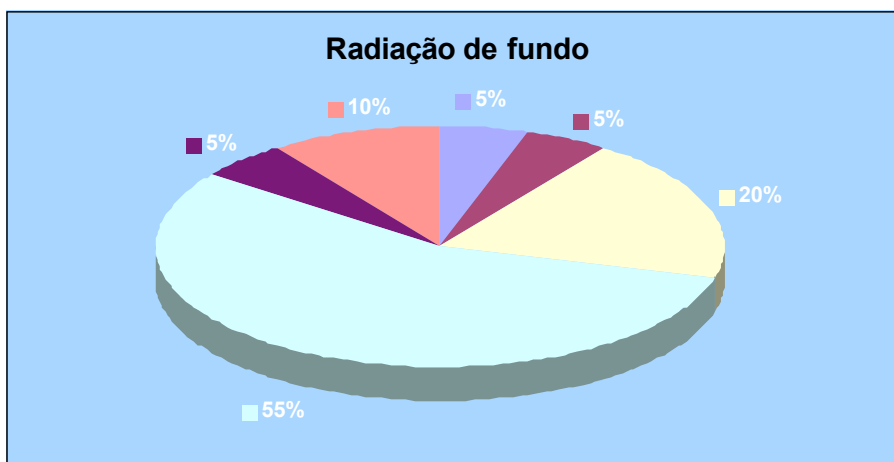
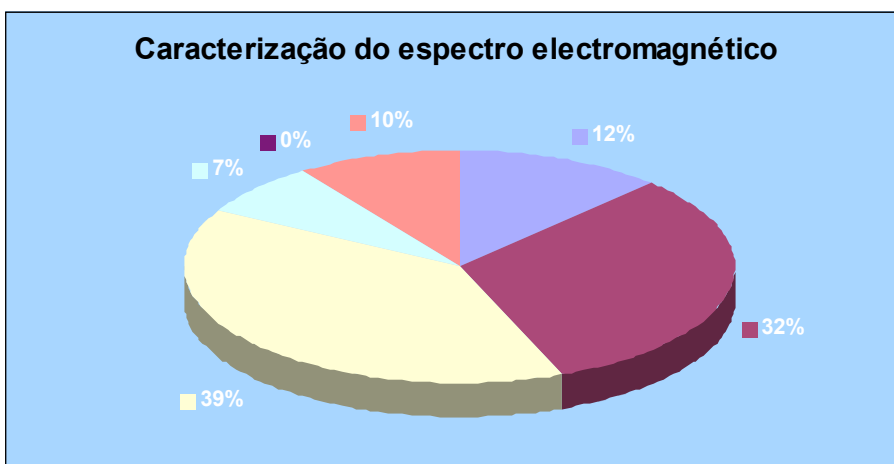
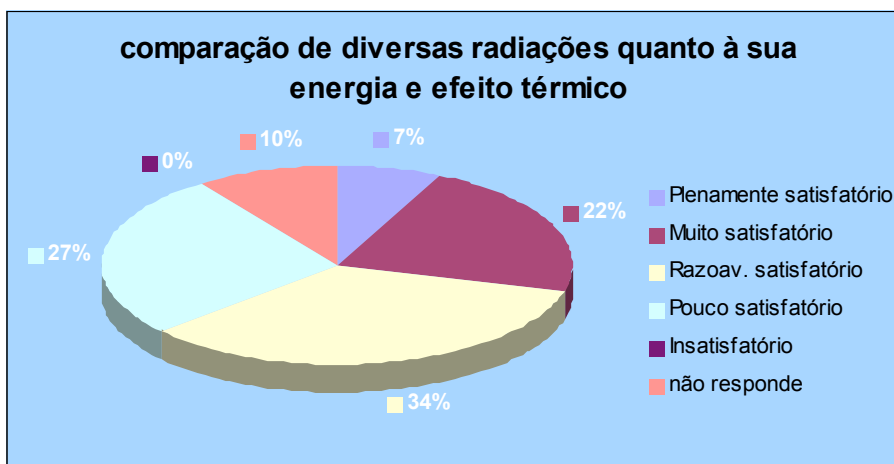


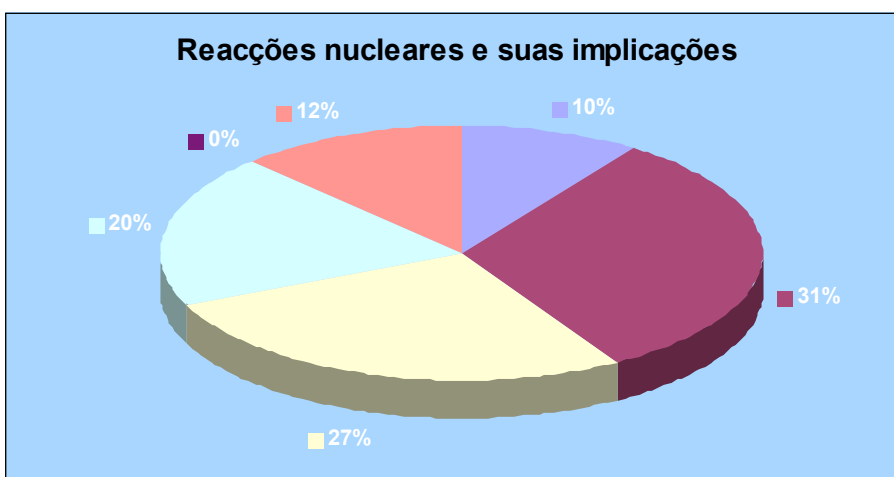
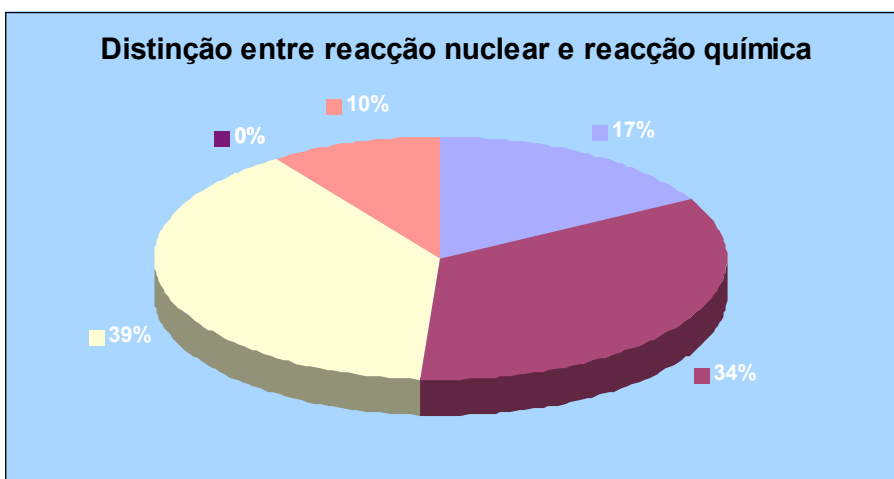
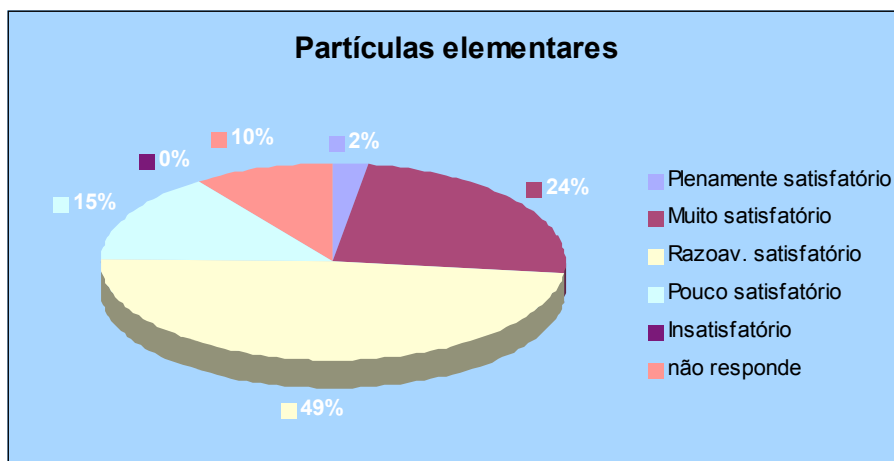


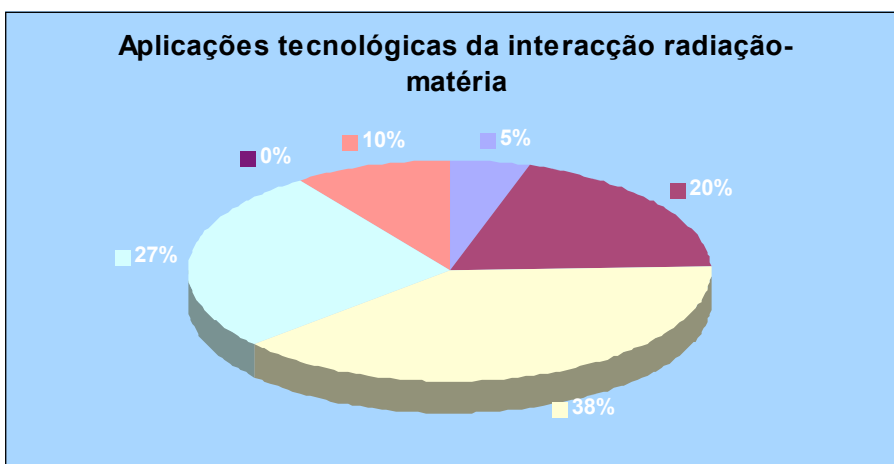
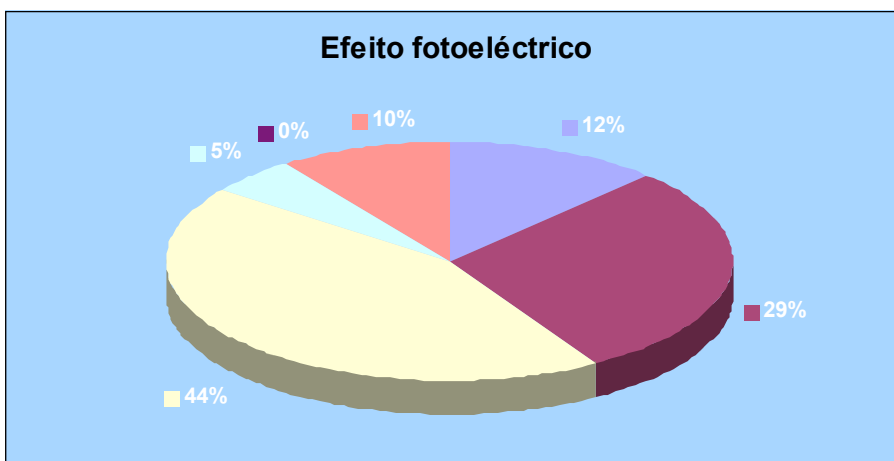
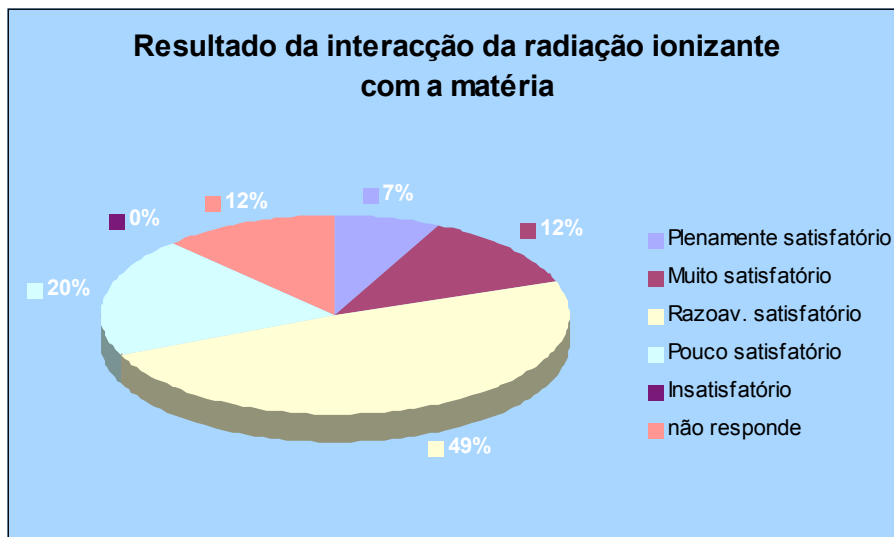


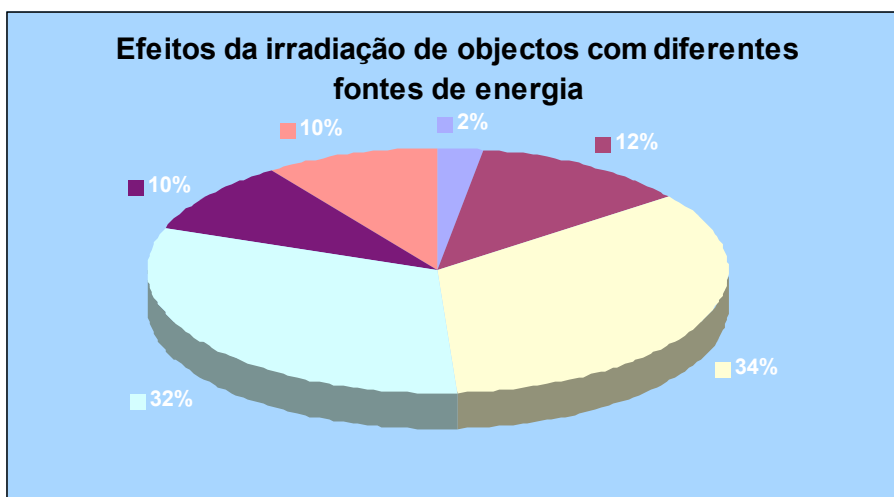
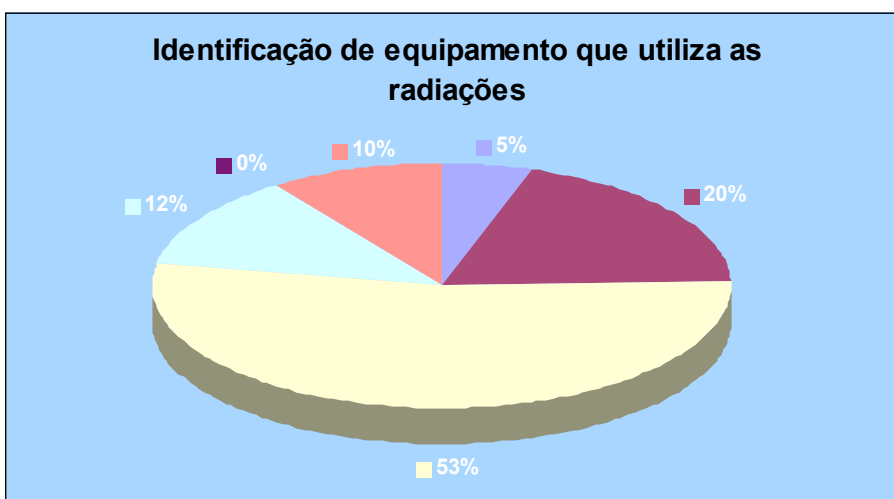
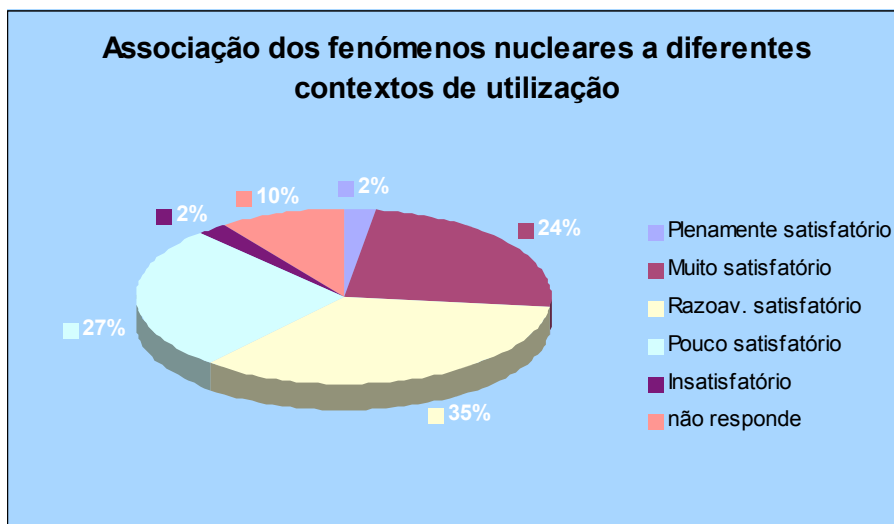
4. Assuntos leccionados no Ensino Secundário

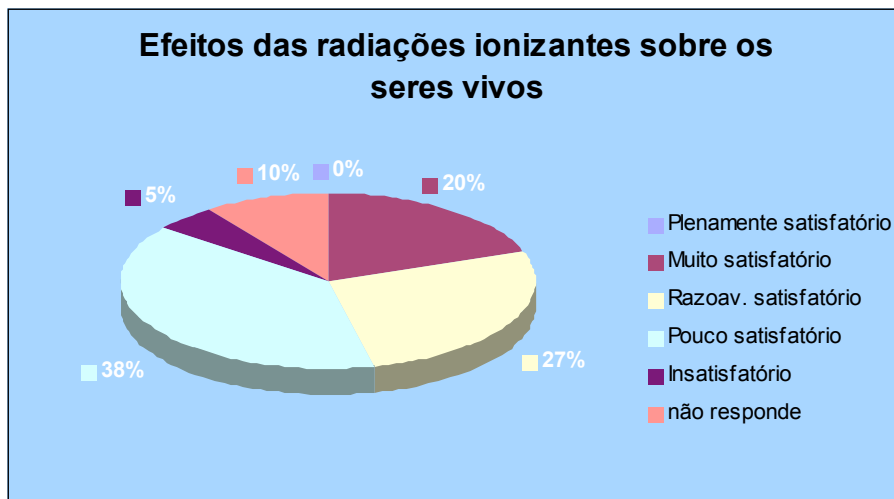
4.1. Química 10º Ano



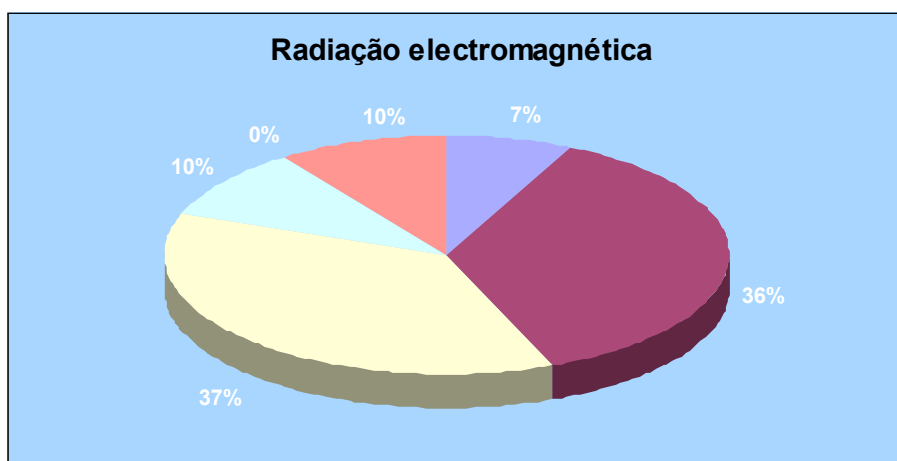
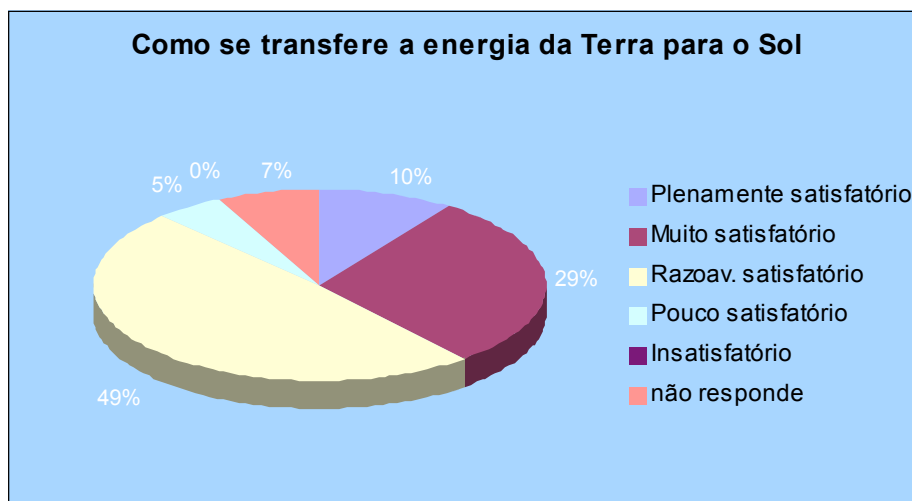


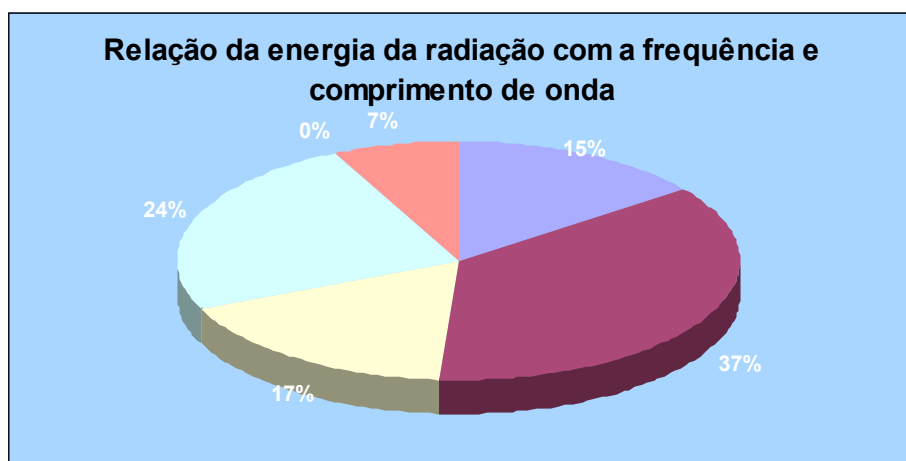
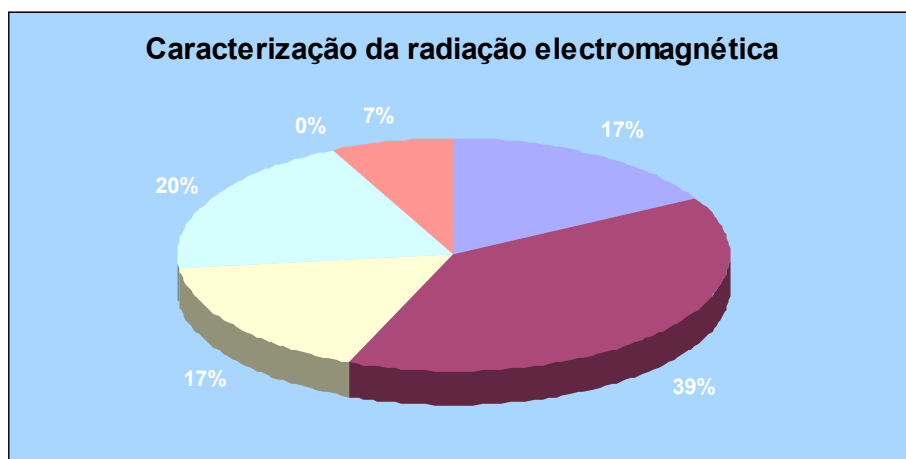
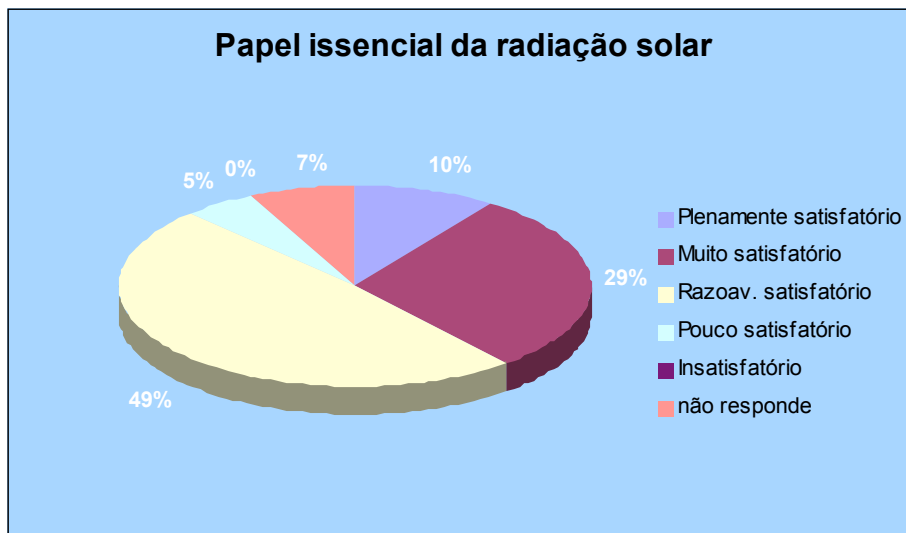


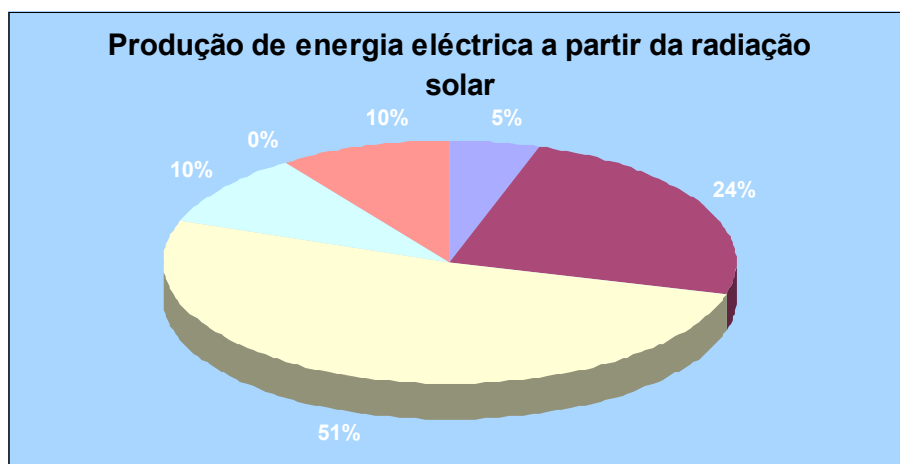
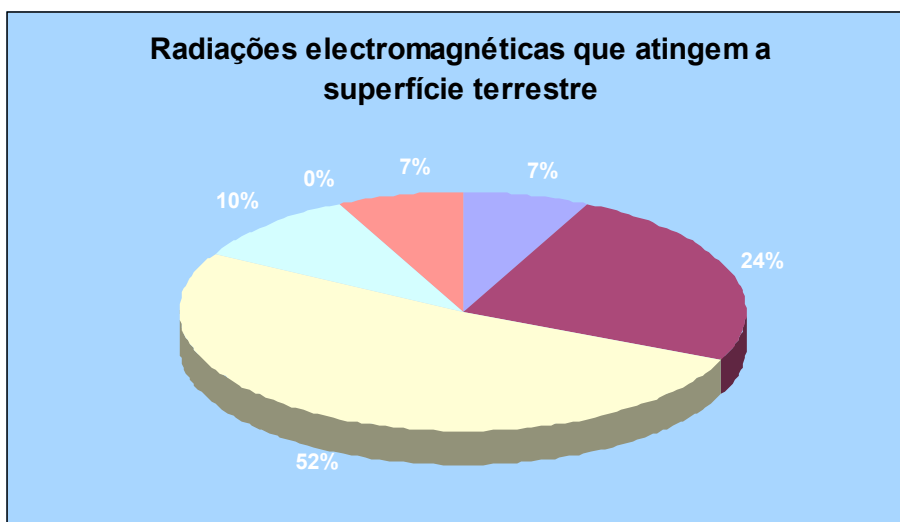
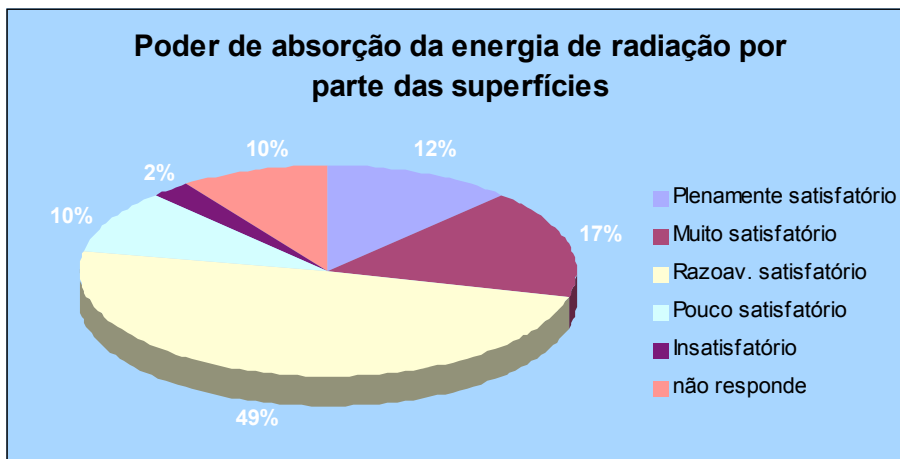


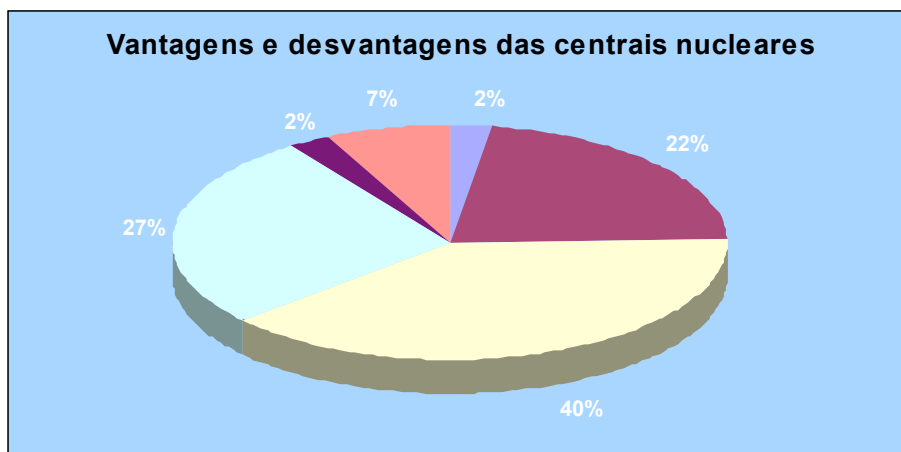
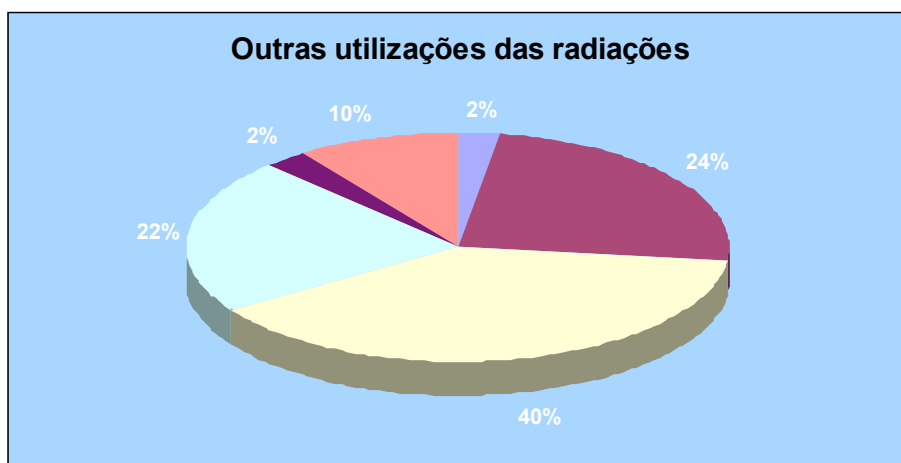
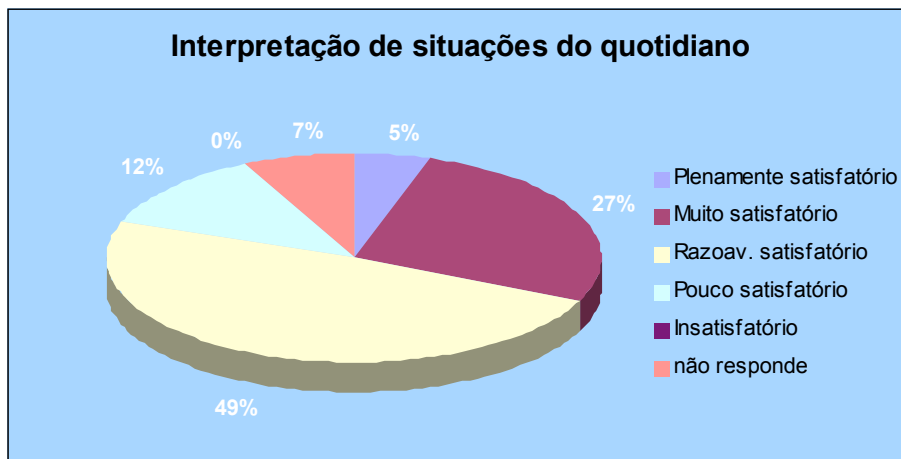


4.2. Física 10º Ano

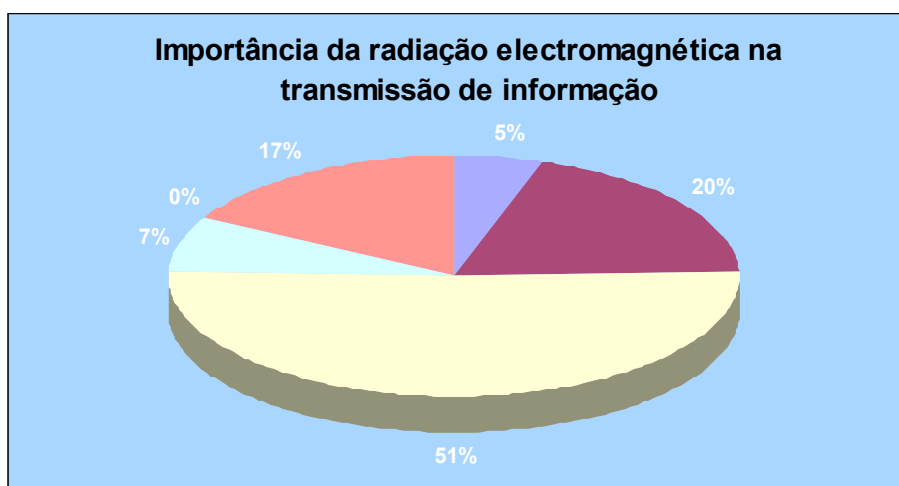
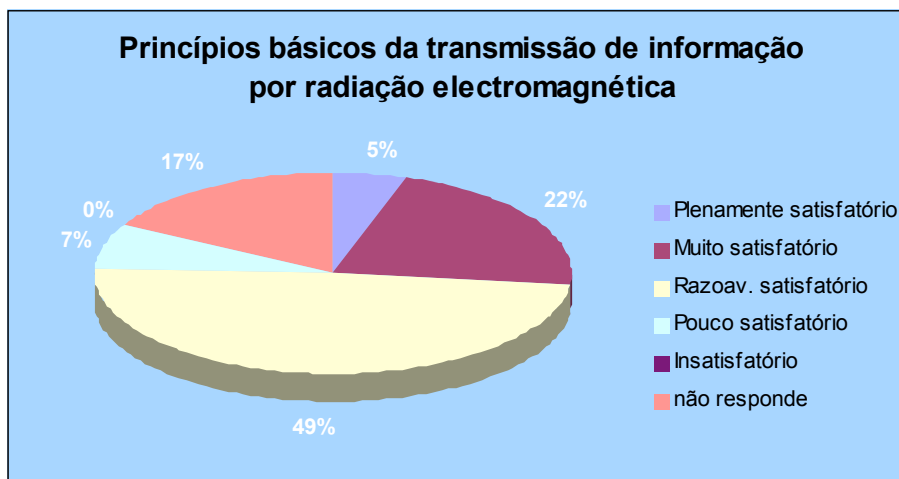




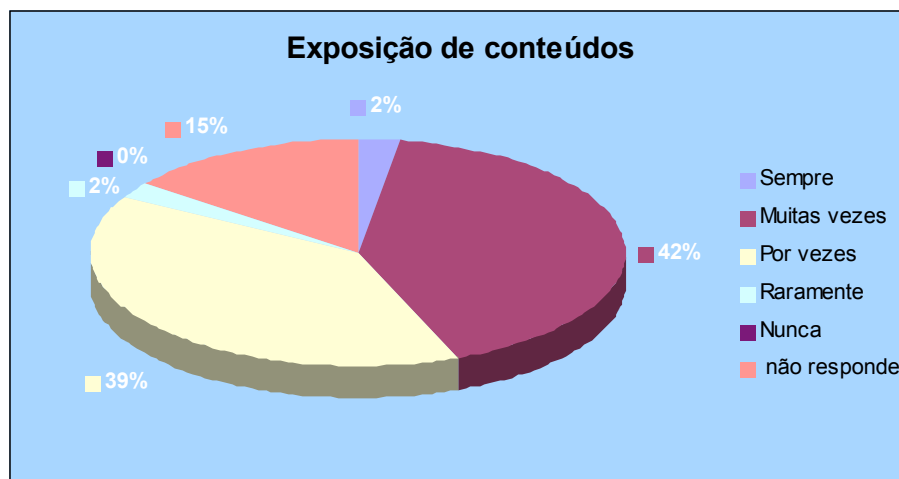


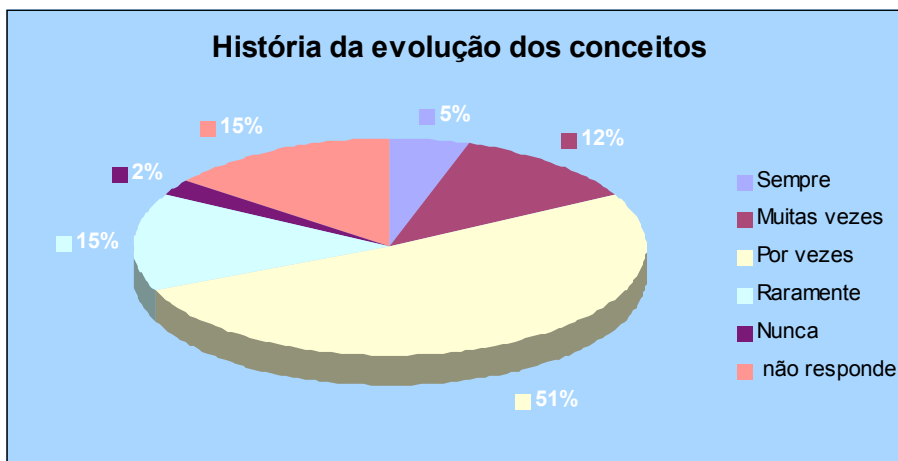
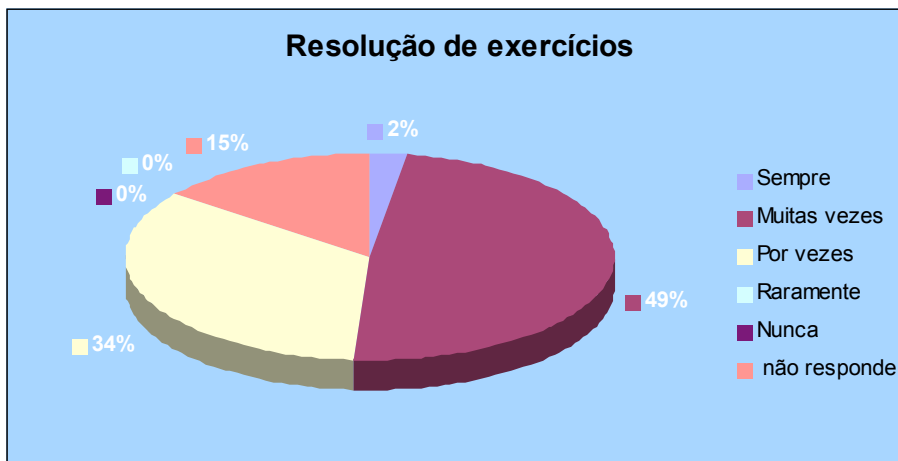


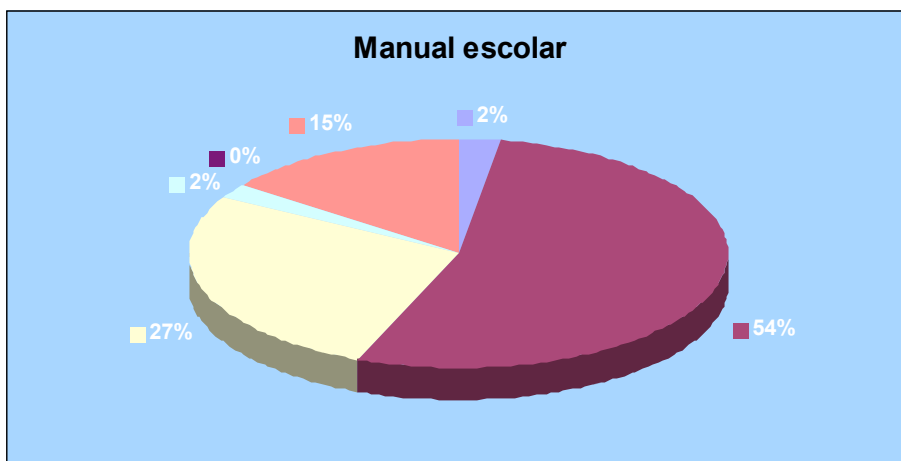
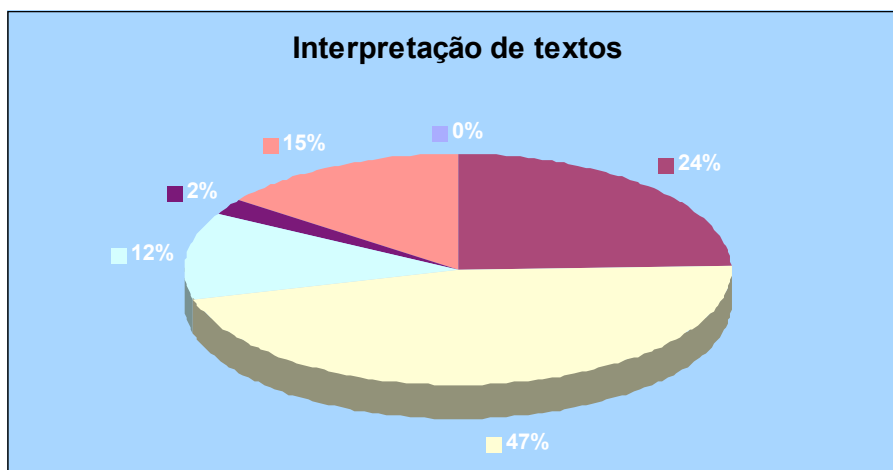
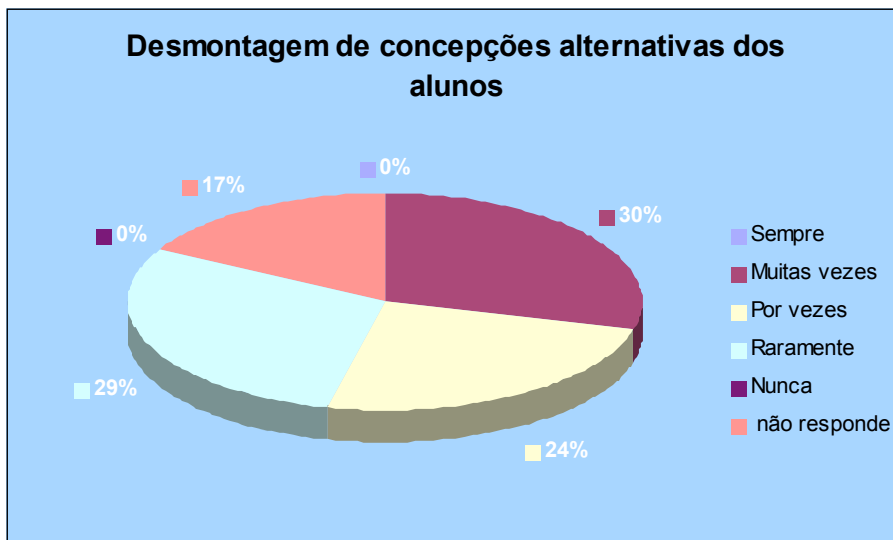
4.3. Física 11º Ano

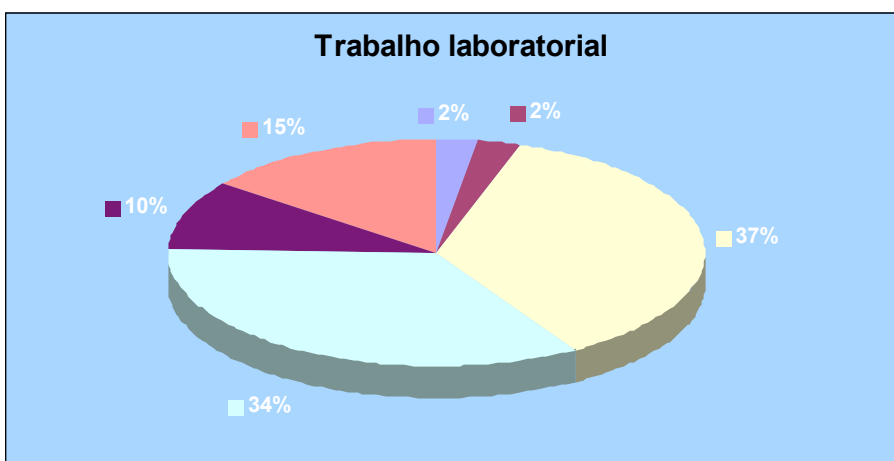
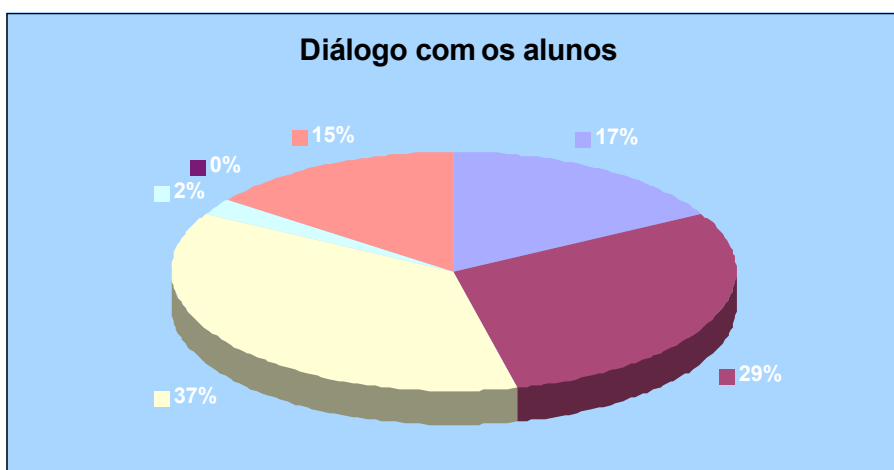
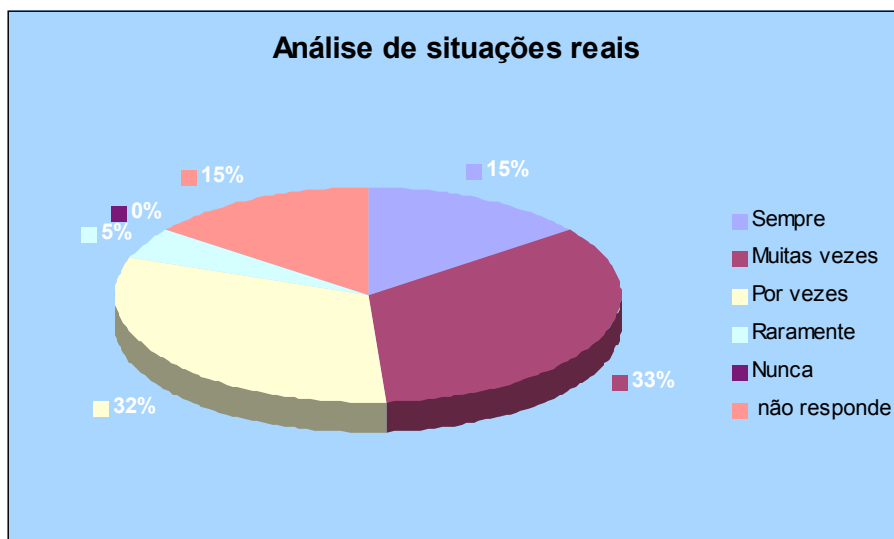


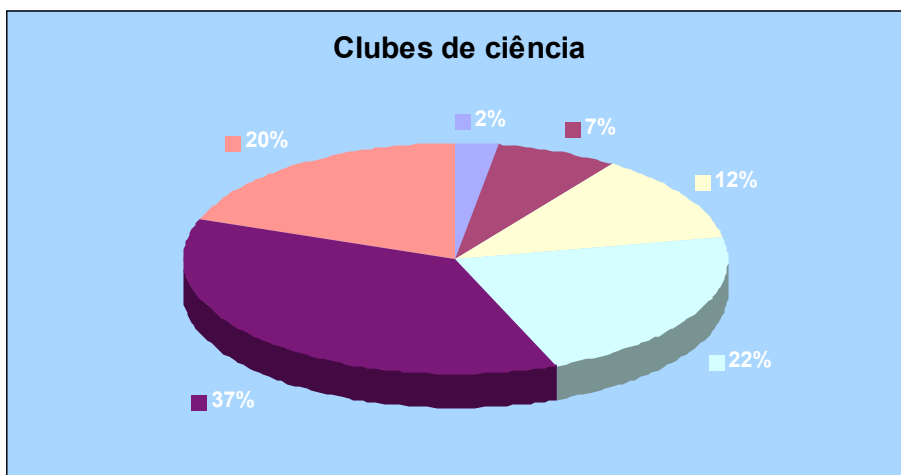
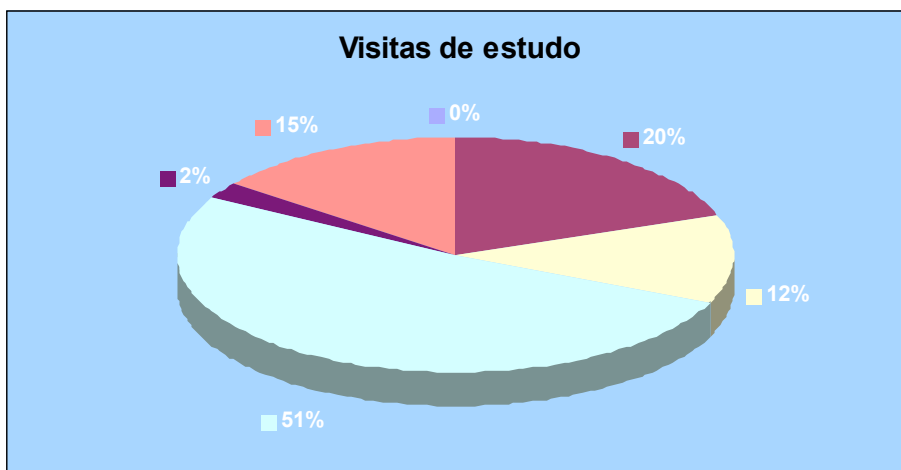
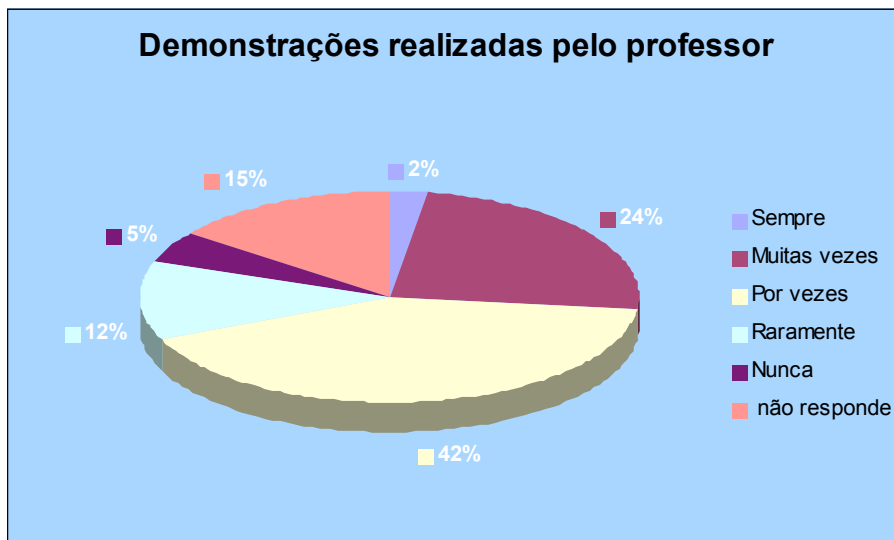
5. Estratégias utilizadas (10º e 11º anos)



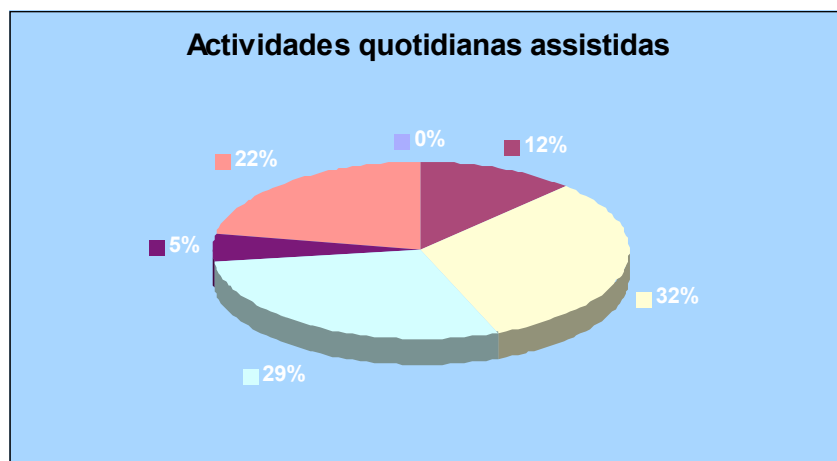


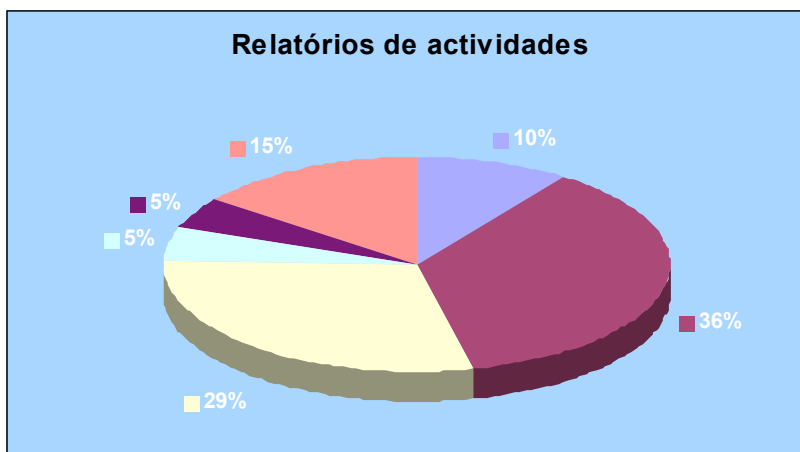
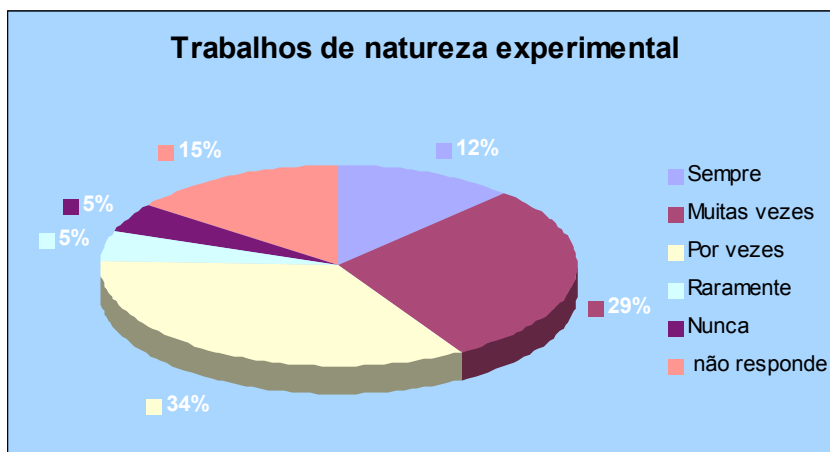


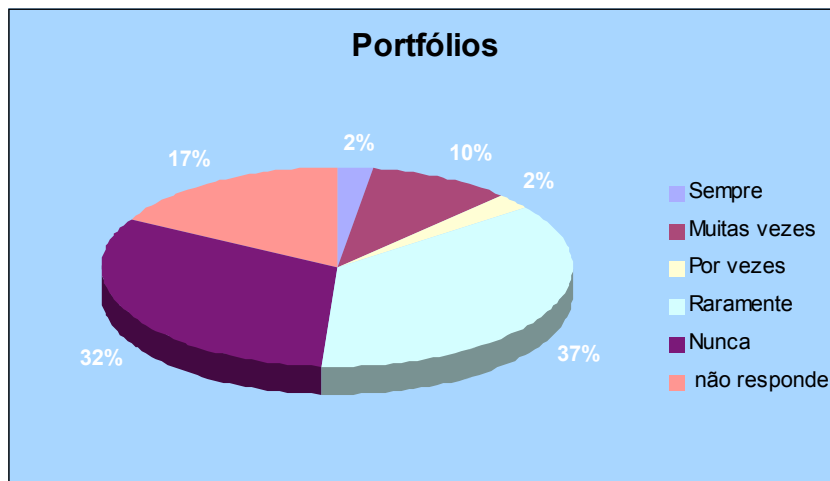




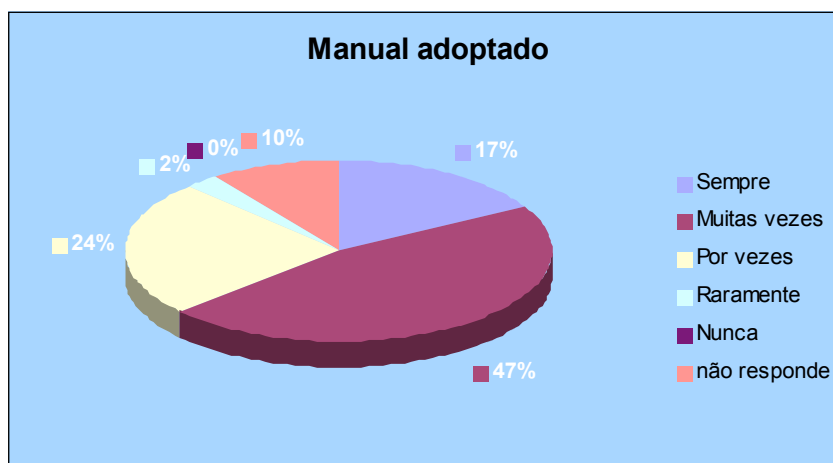
6. Avaliação (10º e 11º anos)

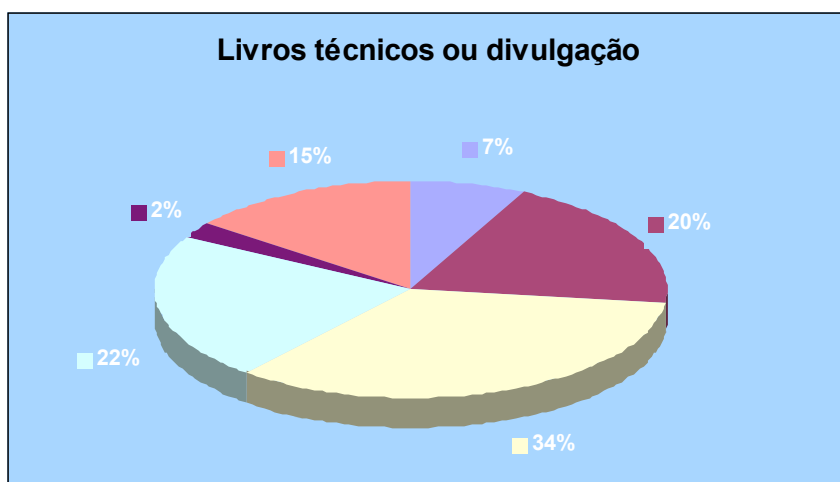
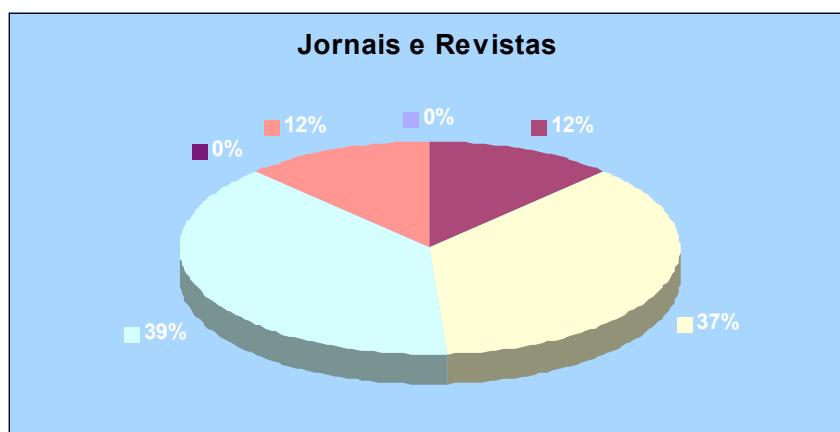
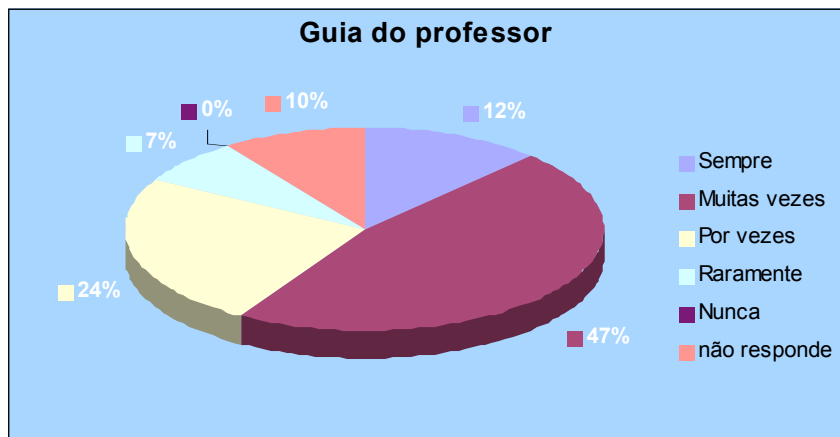


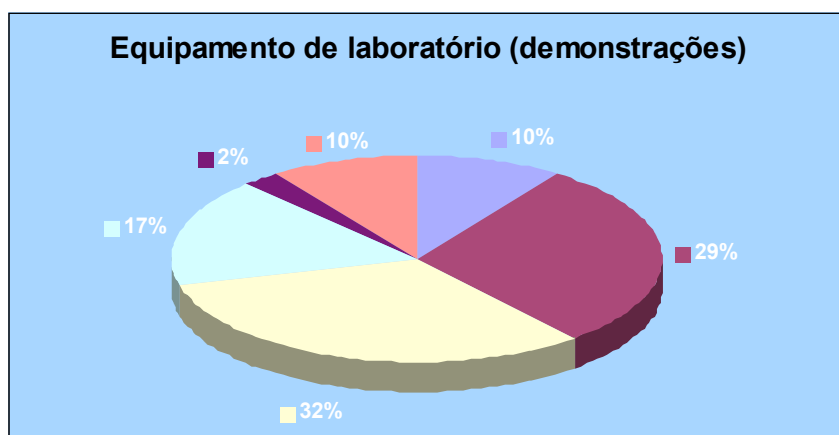
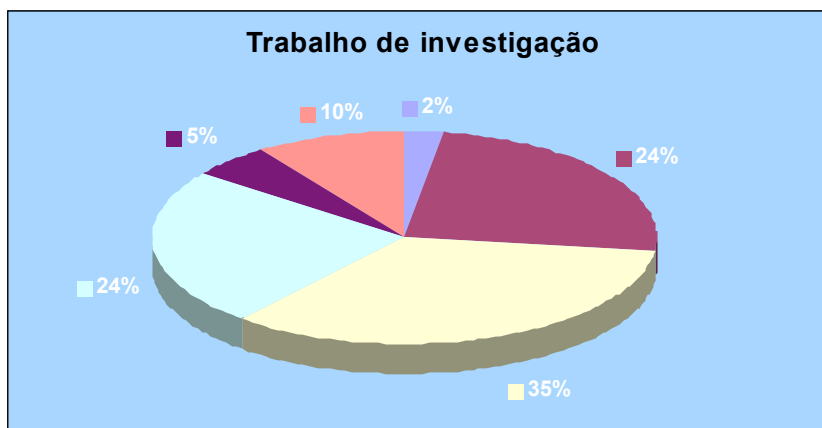
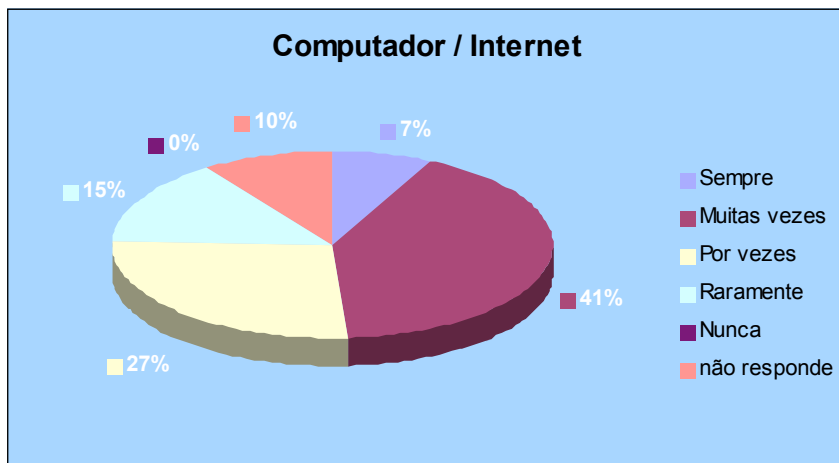


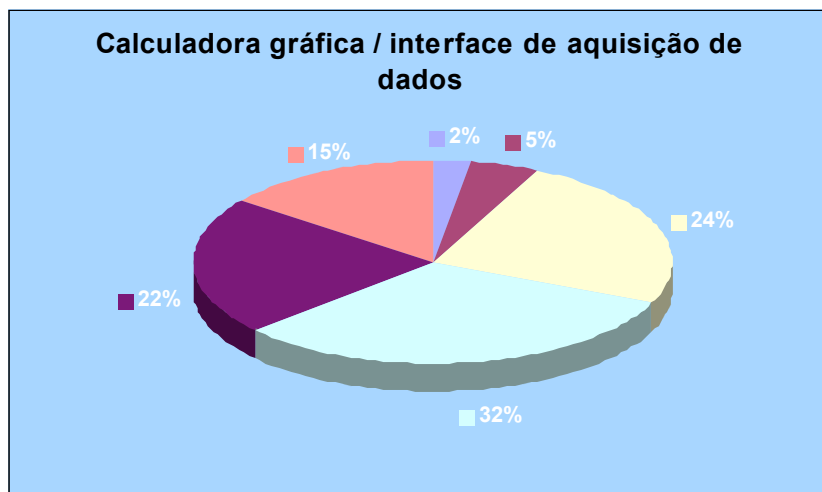
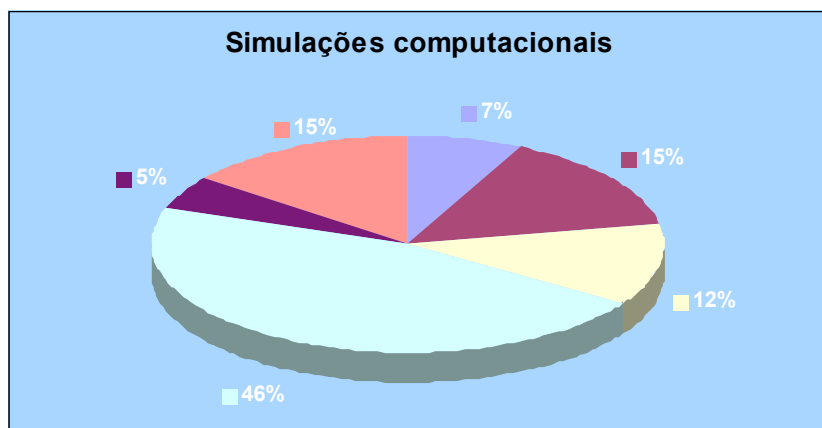
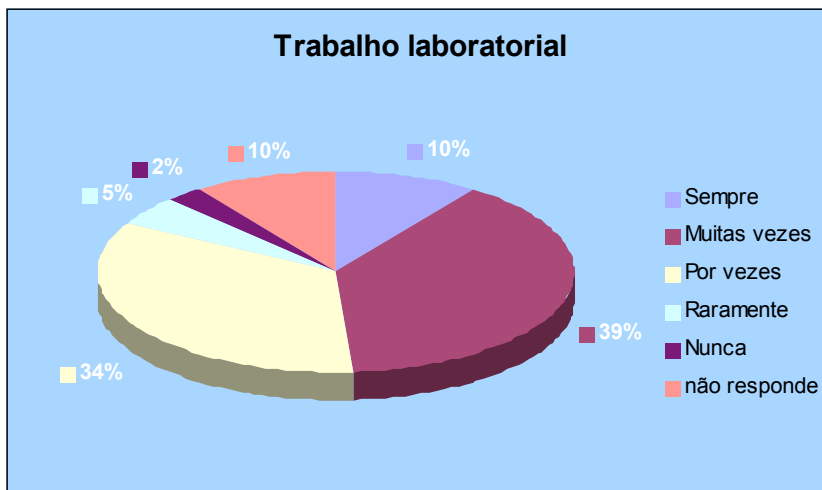


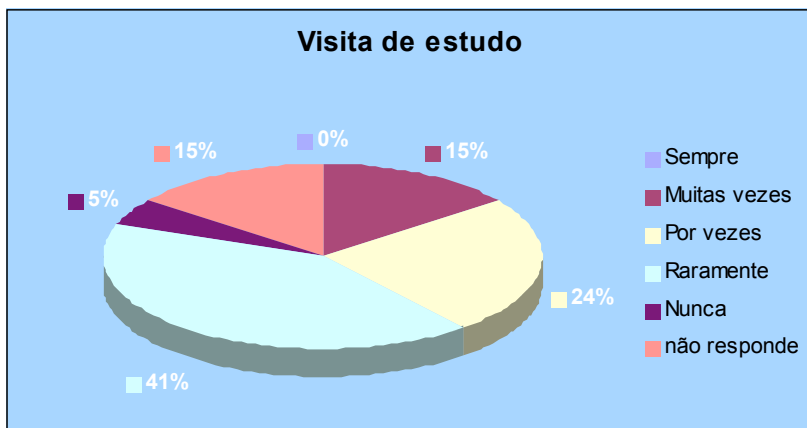
7. Recursos didáticos (10º e 11º anos)





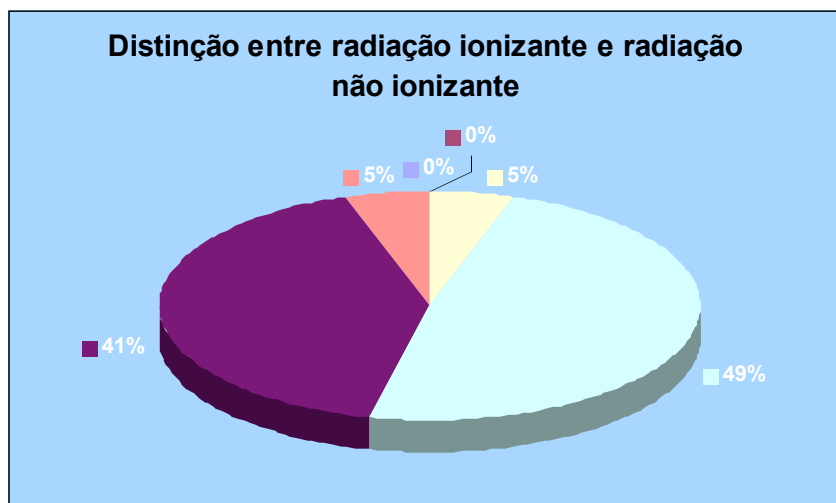
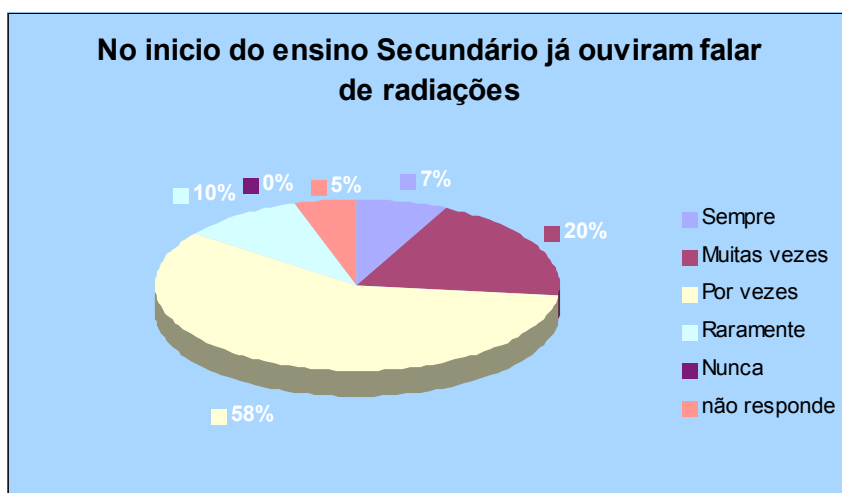


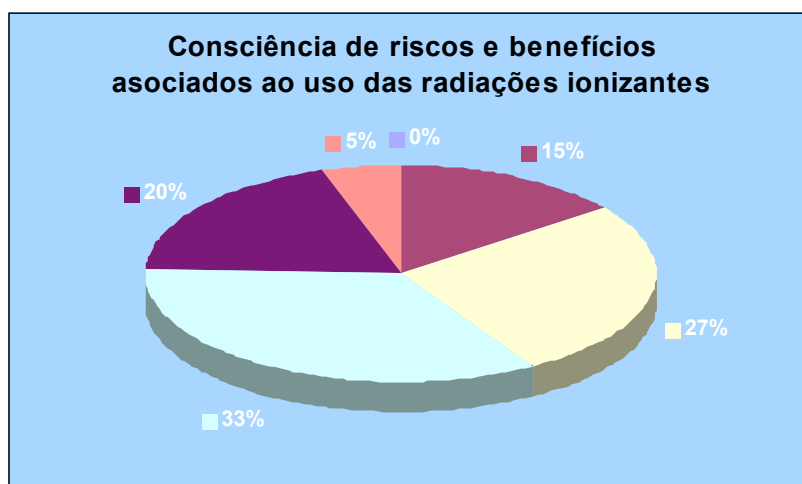
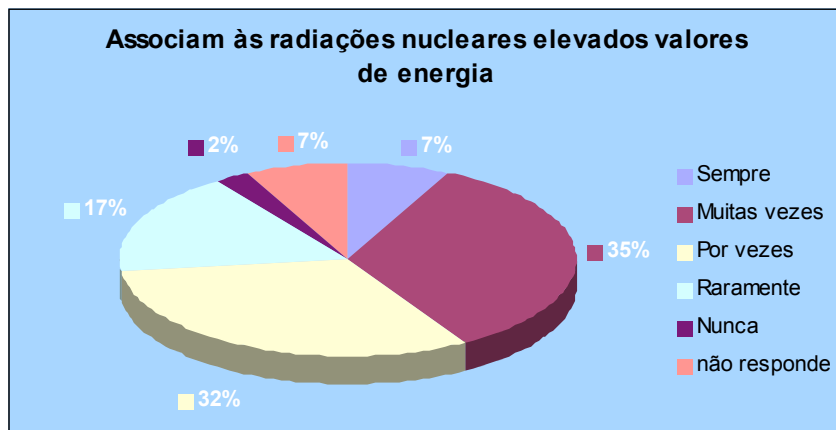




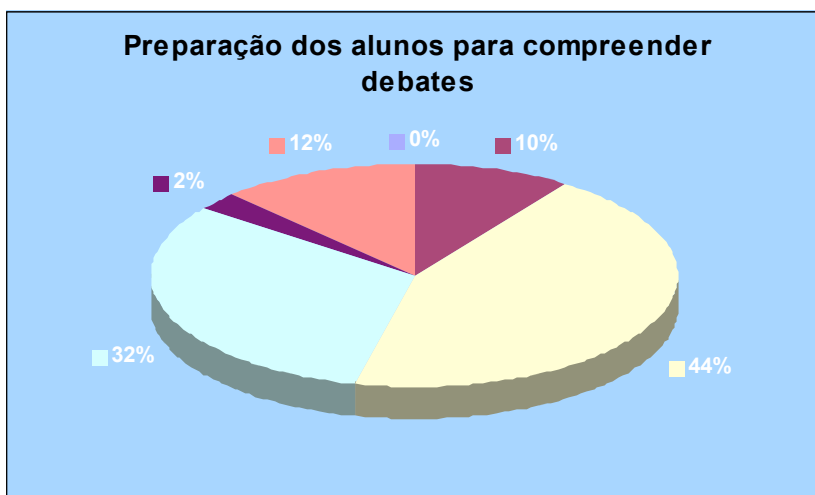
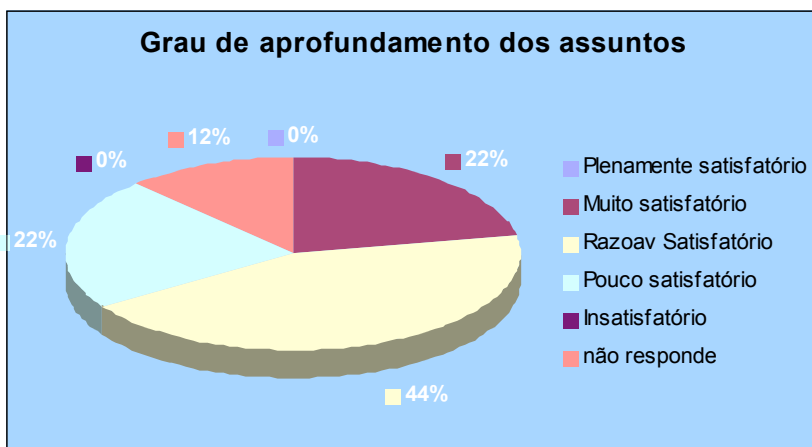
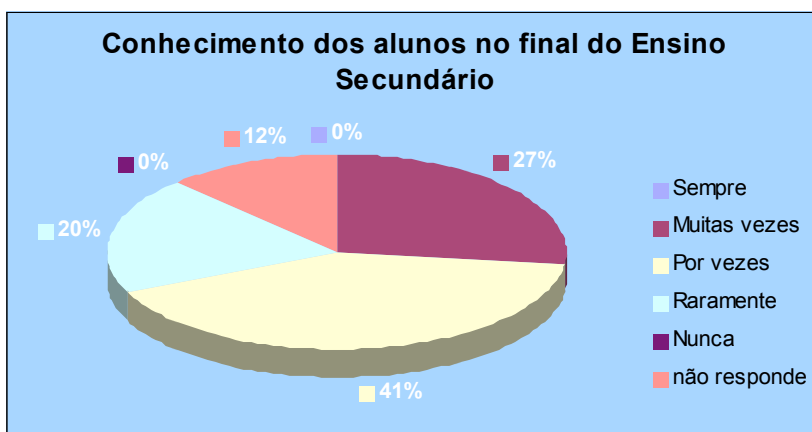
8. Balanço dos resultados obtidos no ensino

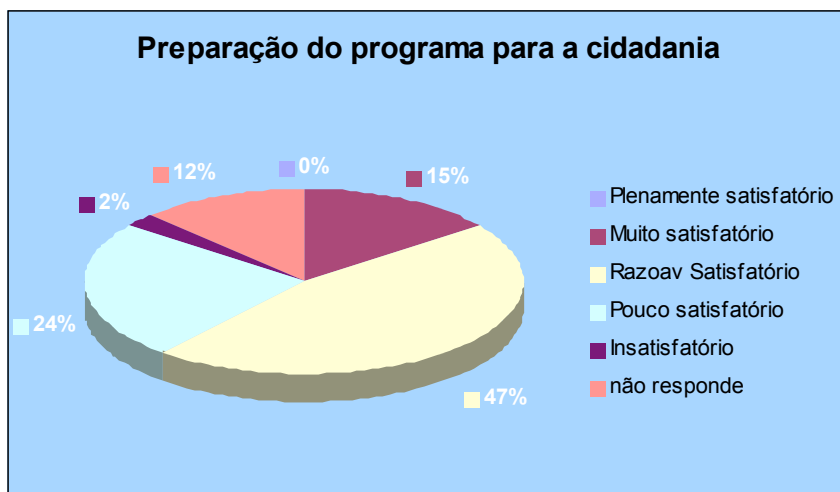
8.1. 3º Ciclo do Ensino Básico





8.2. Final do Ensino secundário





ANEXO IV – Exposição às radiações

Dose equivalente recebida por ano através de fontes naturais e fontes artificiais.			
	Fonte	mSv/ano	
Exposição natural	Terra	0,45	28%
	Raios cósmicos	0,30	
	Seres vivos	0,25	
	Radão e produtos de desintegração	1,0	28%
Exposição artificial	Medicina	1,5	42%
	Ensaaios nucleares	0,02	2%
	Investigação	< 0,02	
	Instalações nucleares	< 0,01	
	Indústria	< 0,01	
TOTAL		3,56	100%

Fonte: Exposição Radioactividade – Museu da Ciência, 2005

Radiação recebida pelo homem	
Fonte	Dose média
Radiação cósmica	0,02 a 0,04 rad /ano
Corpo humano A maior parte da radiação é proveniente do Rádio – 226 (ossos) e potássio – 40 (glândulas sexuais).	0,06 rad /ano
Isótopos radioactivos situados no solo, nas rochas, nos materiais de construção e na atmosfera	0,03 a 0,30 rad /ano
Testes nucleares (estimativa do total acumulado de radiação)	0,25 rad

Fonte: Valadares, 2000

Exposição Anual à Radiação nos Estados Unidos	
Fonte	Dose (mSv)
Fontes naturais	0,82
Procedimentos médicos (p.ex., radiografias)	0,77
Radioatividade devida a testes de armamentos nucleares	0,04-0,05
Indústria nuclear	menos de 0,01
Pesquisa	0,01 ou menos
Produtos de consumo	0,03-0,04
Viagens aéreas	0,005
Transporte de materiais de radioterapia	0,0001
Outros	0,15
TOTAL	1,84

Fonte: <http://www.energiatomica.>

Tabela de Equivalências dosimétricas			
Exame	Dose (mSv)	N.º RX Torax	Rad. Natural
Tórax	0,02	1	3 dias
Abdomen	1	50	6 meses
C. Lombar	1,3	65	7 meses
U.I.V.	2,5	125	14 meses
Trânsito E.G.D.	3	150	16 meses
Clister Opaco	7	350	3,2 anos
TC Crânio	2,3	115	1 ano
TC Tórax	8	400	3,6 anos
TC Abdomen	10	500	4,5 anos

Fonte: Hospitais da Universidade de Coimbra (HUC)

ANEXO V – Legislação

Legislação nacional (PT)

Legislação no âmbito da protecção contra radiações ionizantes da segurança nuclear e da não proliferação de armas nucleares

http://www.snbpc.pt/SNPC2000/RISCOS/tecnicos/nucleares/frames/r_2_nucleares_prepara_legisla.htm

Limites para o radão em países europeus (EN)

<http://www.edilitaly.com/radon/rile/115.php3>

Segurança nuclear e resíduos radioactivos (PT)

Legislação em vigor - Ambiente, consumidores e protecção da saúde

http://europa.eu.int/eur-lex/pt/lif/ind/pt_analytical_index_15.html

Toda a legislação (EN)

http://europa.eu.int/comm/energy/nuclear/legislation/radiation_protection_en.htm

Directiva 96/29/Euratom do Conselho de 13 de maio de 1996

Normas de segurança de base relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.

http://europa.eu.int/comm/energy/nuclear/radioprotection/doc//legislation/9629_en.pdf

Recomendação da Comissão, de 20 de dezembro de 2001, relativa à protecção da população contra a exposição ao radão no abastecimento de água potável.

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/pt/oj/dat/2001/l_344/l_34420011228pt00850088.pdf

Recomendação da Comissão, de 21 de fevereiro de 1990, relativa à protecção da população contra a exposição interior ao radão.

http://europa.eu.int/comm/energy/nuclear/radioprotection/doc//legislation/90143_en.pdf

LEGISLAÇÃO RELATIVA A RISCOS

LEGISLAÇÃO NO ÂMBITO DA PROTECÇÃO CONTRA RADIAÇÕES IONIZANTES, DA SEGURANÇA NUCLEAR E DA NÃO PROLIFERAÇÃO DE ARMAS NUCLEARES

- **DECRETO-LEI Nº 36/80, de 30MAI** - Aprova para ratificação o Acordo Luso-Espanhol sobre Cooperação em Matéria de Segurança das Instalações Nucleares de Fronteira (DR Nº 125, I, 30MAI80)
- **DECRETO-LEI Nº 348/89, de 12OUT** - Estabelece as normas e directivas de protecção contra as radiações ionizantes (DR Nº 235, I, 12OUT89)
- **RESOLUÇÃO DA ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA Nº 7/90, de 15MAR** - Convenção sobre Protecção Física dos Materiais Nucleares (DR Nº 62, I, 15MAR90)
- **DECRETO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA Nº 14/90, de 15MAR** - Ratifica a Convenção sobre Protecção Física dos Materiais Nucleares (DR Nº 62, I, 15MAR90)
- **DECRETO REGULAMENTAR Nº 9/90, de 19ABR** - Estabelece a regulamentação das normas e directivas de protecção contra as radiações ionizantes (DR Nº 91, I, 19ABR90)
- **DECRETO-LEI Nº 375/90, de 27NOV** - Fixa normas relativas à protecção física de materiais nucleares (DR Nº 274, I, 27NOV90)
- **AVISO Nº 163/91, de 09NOV** - Torna público ter Portugal depositado, junto da Agência Internacional da Energia Atómica, a 06SET91, o instrumento de ratificação da Convenção sobre a Protecção Física dos Materiais Nucleares (DR Nº 258, I-A, 09NOV91)
- **DECRETO REGULAMENTAR Nº 3/92, de 06MAR** - Altera o Decreto Regulamentar nº 9/90, de 19ABR, relativo à protecção contra radiações ionizantes (DR Nº 55, I-B, 06MAR92)
- **RESOLUÇÃO DA ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA Nº 22/92, de 03JUL** - Aprova, para ratificação, a Convenção sobre a Notificação Rápida de Um Acidente Nuclear (DR Nº 151, I-A, 03JUL92)
- **DECRETO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA Nº 15/92, de 03JUL** - Ratifica a Convenção sobre a Notificação Rápida de Um Acidente Nuclear (DR Nº 151, I-A, 03JUL92)
- **DECRETO REGULAMENTAR Nº 34/92, de 04DEZ** - Estabelece normas sobre segurança e protecção radiológica aplicáveis na extracção e tratamento de minérios radioactivos (DR Nº 280, I-B, 04DEZ92)
- **DECRETO-LEI Nº 36/95, de 14FEV** - Transpõe para o direito interno a Directiva nº 89/618/EURATOM relativa à informação da população sobre medidas de protecção sanitária aplicáveis em caso de emergência radiológica (DR Nº 38, I-A, 14FEV95)
- **DECRETO-LEI Nº 153/96, de 30AGO** - Cria regras destinadas à protecção das pessoas e do ambiente contra os riscos derivados da utilização de fontes radioactivas seladas (DR Nº 201, I-A, 30AGO96)
- **DECRETO REGULAMENTAR Nº 29/97, de 29JUL** - Transpõe para o ordenamento jurídico interno a Directiva nº 90/641/EURATOM, do Conselho, de 04DEZ, e estabelece o regime de protecção dos trabalhadores de empresas externas que intervêm em zonas sujeitas a regulamentação com vista à protecção contra radiações ionizantes (DR Nº 173, I-B, 29JUL97)
- **RESOLUÇÃO DA ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA Nº 9/98, de 19MAR** - Aprova, para ratificação, a Convenção sobre Segurança Nuclear, adoptada em Viena, em 17JUN94, no âmbito da Agência Internacional da Energia Atómica (DR Nº 66, I-A, 19MAR98)
- **DECRETO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA Nº 9/98, de 19MAR** - Ratifica a Convenção sobre Segurança Nuclear, adoptada em Viena, em 17JUN94, e aberta à assinatura em 20SET94, no âmbito da 38ª Sessão da Conferência Geral da Agência Internacional da Energia Atómica, e assinada por Portugal em 03OUT94 (DR Nº 66, I-A, 19MAR98)

- **DECRETO-LEI Nº 311/98, de 14OUT** - Estabelece normas relativas à orgânica do sector da protecção radiológica e segurança nuclear (DR Nº 237, I-A, 14OUT98)
- **DECRETO-LEI Nº 165/2002, de 17JUL** - Estabelece as competências dos organismos intervenientes na área da protecção contra radiações ionizantes, bem como os princípios gerais de protecção, e transpõe para a ordem jurídica interna as disposições correspondentes da Directiva nº 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13MAI, que fixa as normas de base de segurança relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (DR Nº 163, I-A, 17JUL2002)
- **DECRETO-LEI Nº 167/2002, de 18JUL** - Estabelece o regime jurídico relativo ao licenciamento e ao funcionamento das entidades que desenvolvem actividades nas áreas de protecção radiológica e transpõe para a ordem jurídica interna disposições relativas às matérias de dosimetria e formação, da Directiva nº 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13MAI96, que fixa as normas de base de segurança relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (DR Nº 164, I-A, 18JUL2002)
- **DECRETO-LEI Nº 174/2002, de 25JUL** - Estabelece as regras aplicáveis à intervenção em caso de emergência radiológica, transpondo para a ordem jurídica interna as disposições do título IX, «Intervenção», da Directiva nº 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13MAI, que fixa as normas de base de segurança relativas à protecção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes (DR Nº 170, I-A, 25JUL2002)
- **DECRETO-LEI Nº 180/2002, de 08AGO** - Estabelece as regras relativas à protecção da saúde das pessoas contra perigos resultantes de radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas e transpõe para o ordenamento jurídico interno a Directiva nº 97/43/EURATOM, do Conselho, de 30JUN, que aproxima as disposições dos Estados-Membros sobre a matéria (DR Nº 182, I-A, 08AGO2002)
- **RESOLUÇÃO DA ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA Nº 72/2003, de 12SET** - Aprova, para ratificação, a Convenção sobre Assistência em Caso de Acidente Nuclear ou Emergência Radiológica, adoptada pela Conferência Geral da Agência Internacional de Energia Atómica, no âmbito das Nações Unidas, assinada em 26SET86 (DR Nº 211, I-A, 12SET2003)
- **DECRETO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA Nº 50/2003, de 12SET** - Ratifica a Convenção sobre Assistência em Caso de Acidente Nuclear ou Emergência Radiológica, adoptada pela Conferência Geral da Agência Internacional de Energia Atómica, no âmbito das Nações Unidas (DR Nº 211, I-A, 12SET2003)
- **DECRETO-LEI Nº 319/2003, de 20DEZ** - Designa o Instituto Tecnológico e Nuclear como entidade competente para a implementação do Protocolo Adicional ao Acordo de Salvaguarda entre a República Portuguesa, a Comunidade Europeia da Energia Atómica e a Agência Internacional de Energia Atómica, ratificado pelo Decreto do Presidente da República nº 25/2001, de 03ABR, bem como para as matérias relacionadas com o referido Acordo (DR Nº 293, I-A, 20DEZ2003)
- **RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS Nº 129/2004, de 14SET** - Cria um grupo de trabalho para a elaboração do Plano Nacional de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear (DR Nº 217, I-B, 14SET2004)
- **DECRETO-LEI Nº 138/2005, de 17AGO** - Aprova o sistema de monitorização ambiental do grau de radioactividade (DR Nº 157, I-A, 17AGO2005)
- **DECRETO-LEI Nº 139/2005, de 17AGO** - Altera o Decreto-Lei nº 311/98, de 14OUT, modificando a composição e as competências da comissão ora designada Comissão Independente para a Protecção Radiológica e Segurança Nuclear. Republica o Decreto-Lei Nº 311/98, de 14OUT, com as alterações introduzidas pelo presente diploma (DR Nº 157, I-A, 17AGO2005)
- **DECRETO-LEI Nº 140/2005, de 17AGO** - Estabelece os valores de dispensa de declaração do exercício de práticas que impliquem risco resultante das radiações ionizantes e, bem assim, os valores de dispensa de autorização prévia para o exercício das mesmas actividades, transpondo as correspondentes disposições da Directiva nº 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13MAI (DR Nº 157, I-A, 17AGO2005)