



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências

A Física da Radiação no Ensino Secundário

Ana Cristina Silveira Costa

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em
Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e Secundário
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof^a. Doutora Sandra da Costa Henriques Soares

Covilhã, Junho de 2013

Agradecimentos

Quero neste pequeno espaço, agradecer a todas as pessoas, que ao longo de todo este percurso, contribuíram direta ou indiretamente, para que todos os meus objetivos fossem alcançados. Como o espaço é reduzido, seguramente, não me é possível agradecer como deveria, mas deixo desta forma, algumas palavras, de sentido e profundo reconhecimento e agradecimento.

À minha orientadora científica Professora Doutora Sandra Soares, pelo encorajamento, apoio, dedicação, disponibilidade, orientação e ajuda ao longo de todo este trabalho, sem ela seria impossível a realização do mesmo.

Ao Professor Doutor Pedro Almeida, por toda a dedicação, disponibilidade e apoio dado ao longo deste trabalho.

Ao Centro de Ótica da Universidade da Beira Interior, pela disponibilidade demonstrada.

Ao Diretor da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, pela disponibilidade na realização deste trabalho, simpatia e apoio.

À minha orientadora pedagógica Dra. Sandra Costa, por todo o apoio, dedicação e disponibilidade demonstrada.

Ao Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, por ter este projeto, no qual eu tive o prazer de participar.

Por último um agradecimento muito especial ao meu marido, à minha filha, à minha mãe e à minha prima Sara, pois sem eles, este trabalho nunca teria sido concluído, a todos agradeço o apoio, o carinho, o amor e a ajuda que me deram para que eu o pudesse.

A todos o meu muito Obrigada!

Resumo

Este trabalho enquadra-se no curso de Mestrado em Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e Secundário e tem como objetivo a identificação de zonas de incidência de concentração de radão, superiores ao limite máximo permitido por lei, no interior da Escola Secundária Quinta das Palmeiras.

As escolas são abrangidas pelo Decreto - Lei 79/2006, que regulamenta que as concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes abrangidos são 400 Bq/m^3 para o gás radão, sendo a sua pesquisa obrigatória apenas em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

A Escola, escolhida para a realização do estudo, localiza-se na cidade da Covilhã, no distrito de Castelo Branco. Esta cidade está localizada, na encosta da Serra da Estrela, a cerca de 20 Km do ponto mais alto de Portugal Continental, a torre.

A fim de se poder estudar a concentração de radão existente na escola, foram colocados detetores CR-39 em locais diferentes da escola, que estiveram expostos durante 59 dias.

Uma vez que este trabalho foi realizado em ambiente escolar e com a colaboração dos alunos do Clube de Física e Química, para além do levantamento dosimétrico da Escola realizaram-se outras experiências relacionadas com o tema Radiação Ambiente, nomeadamente a repetição da experiência de Becquerel. Embora a Física Moderna seja uma presença constante no nosso quotidiano, os nossos currículos continuam a incidir preferencialmente na Física Clássica. Por este motivo pretendeu-se, também, fazer um levantamento do grau de conhecimento que a comunidade escolar tem sobre a Física das Radiações. Este estudo foi realizado através de um inquérito, constituído por várias questões relacionadas com os diferentes tipos de radiação, suas aplicações e medidas de segurança, aplicado na comunidade escolar.

Os dados recolhidos foram tratados e analisados recorrendo a um programa de estatística Statistical Package for Social Sciences (SPSS), verificou-se que os conhecimentos nesta área são obscuros.

Palavras-chave

Radão, radiação, radiações, radioatividade, detetor.

Abstract

This work is part of the Master Degree course in Teaching Physics and Chemistry in the 3rd Cycle of Basic and Secondary Education and aims the identification of areas of incidence of radon concentration, greater than the maximum allowed by law, within the School secondary Quinta das Palmeiras.

Schools are covered by Decree - Law 79/2006, which regulates the maximum concentrations of pollutants reference within the existing buildings are covered 400 Bq/m^3 for radon gas being your search is compulsory only in buildings constructed in granitic areas , particularly in the districts of Braga, Vila Real, Porto Guard, Viseu and Castelo Branco.

The school chosen for the study, is located in Covilhã city, in the district of Castelo Branco. This city is located on the slope of the Serra da Estrela, about 20 Km from the highest point in mainland Portugal, the tower.

In order to be able to study the concentration of the existing radon in the school, were placed CR-39 detectors at different locations of the school, who were exposed for 59 days. Since this work was done in the school environment and in collaboration with the students of Physics and Chemistry Club, beyond the School dosimetric survey took place other experiences related to the topic Radiation Environment, including the repetition of the experience of Becquerel. Although Modern Physics is a constant presence in our daily lives, our curriculums continue to focus preferably in the Classical Physics. For this reason it was intended also to survey the degree of knowledge that the school community has on Radiation Physics. This study was conducted through a survey consisting of several issues related to the different types of radiation, its applications and security measures applied in the school community.

The collected data were processed and analyzed using a statistical program: Statistical Package for Social Sciences (SPSS), it was verified that the knowledge in this area are obscure.

Keywords

Radon, radiation, radiations, radioactivity detector.

Índice

Introdução	1
Capítulo 1. Fundamento da Física das Radiações	3
1.1 Radiações	3
1.1.1 Radiação α	3
1.1.2 Radiação β	4
1.1.3 Radiação γ	5
1.2 Fontes naturais	6
1.2.1 Radiação terrestre	7
1.2.2 Radiação cósmica	8
1.3 Fontes artificiais	9
1.4 Caracterização das Radiações	10
1.4.1 Radiação não ionizante	10
1.4.2 Radiação ionizante	11
Capítulo 2. O Radão e a Saúde	12
2.1 As partículas mediadoras de lesões provocadas pelo radão	12
2.1.1 Estimativa do risco associado ao radão	14
2.2 Concentração de radão em Portugal	15
2.2.1 Concentração de radão habitacional e legislação em vigor	16
Capítulo 3. Interação da Radiação Ionizante com a Matéria	20
3.1 Interação de partículas carregadas com a matéria	20
3.1.1 Caso Particular: Ionização específica das partículas alfa	21
3.2 Coeficientes de Interação	22
3.2.1 Seção eficaz	22
3.2.2 Poder de paragem de partículas carregadas	23
3.2.3 Alcance das partículas alfa	25

Capítulo 4. Detecção de Radão e seus Descendentes	26
4.1 Métodos de Detecção de Radão	26
4.1.1 Detetores plásticos	29
4.1.2 Processo de revelação e contagem	30
Capítulo 5. Aplicação em Sala de Aula	32
5.1 Atividade Experimental: Experiência de Becquerel	32
5.2 Atividade Experimental: Experiência com CR-39	36
Capítulo 6 Aplicação do questionário	41
6.3.1 Validação do questionário	41
6.3.2 Aplicação do questionário	41
6.3.3 Análise de Resultados	42
6.3.3.1 Primeira parte do estudo	44
6.3.3.2 Segunda parte do estudo	56
Conclusão	66
Referências Bibliográficas	68
Anexos	70

Lista de Figuras

Figura 1 - Carta geológica simplificada de Portugal Continental	1
Figura 2 - Valores médios de radiação externa em Portugal Continental	2
Figura 3 - Decaimento do $^{238}_{92}U$ em $^{234}_{90}Th$, com emissão de uma partícula alfa	3
Figura 4 - Decaimento do $^{137}_{55}Cs$ em $^{137}_{56}Ba$, com emissão de uma partícula beta	4
Figura 5 - Decaimento do ^{60}Co em ^{60}Ni , com emissão de uma partícula gama	5
Figura 6 - Representação do espectro eletromagnético	6
Figura 7 - Série radioativa natural do urânio	7
Figura 8 - Série radioativa natural do tório	7
Figura 9 - Interação de raios cósmicos com os gases existentes na atmosfera	8
Figura 10 - Teste nuclear na atmosfera, deserto do Nevada, 1951.....	9
Figura 11 - Espectro eletromagnético, com valores de frequência e comprimento de onda	10
Figura 12 - Efeito causados pelas partículas alfa na molécula de ADN	13
Figura 13 - O ar ao ser inalado irradia os tecidos do pulmão	13
Figura 14 - Avaliação, gestão do risco associado ao radão	14
Figura 15 - Distribuição das concentrações médias anual de radão (Bq/m^3)	15
Figura 16 - Concentração de radão em solos (kBq/m^3), por concelho	16
Figura 17 a) - Transferência do gás radão da rocha para o ar	17
b) Transferência do gás radão para o interior de uma habitação	17
Figura 18 - Gráficos de variação da concentração médias de radão habitacional ...	18
Figura 19 - Concentração do gás radão em habitações	20
Figura 20 - Interação de uma partícula carregada com o átomo do meio	20
Figura 21 - Curva de Bragg	21
Figura 22 - Poder de paragem para as partículas alfa	24
Figura 23 - Alcance das partículas alfa no ar, em função da energia	25
Figura 24 - Detetor de traços e respetivo saco de alumínio	29
Figura 25 - Rocha utilizada na experiência de Becquerel	32
Figura 26 - Filme radiocrómico no final da experiência de Becquerel	33
Figura 27 - Gráfico representativo da quantidade em função do número de dias de exposição	35
Figura 28 - Caixas de plástico de irradiação e detetor CR-39 utilizado	36
Figura 29 - Revelação do detetor CR-39	37
Figura 30- Observação ao microscópio do detetor CR-39	38
Figura 31 - Imagens vistas ao microscópio de cada um dos detetores CR-39 colocados na escola	38
Figura 32 - Gráfico que ilustra a percentagem de alunos participantes no estudo	

que já ouviram ou não falar em Radão	44
Figura 33 - Gráfico que ilustra a frequência de encarregados de educação, professores e assistentes operacionais participantes no estudo que já ouviram ou não falar em Radão.....	45
Figura 34 - Gráfico que ilustra a percentagem de encarregados de educação, professores e assistentes operacionais participantes no estudo que já ouviram ou não falar em Radão	45
Figura 35 - Gráfico que ilustra a percentagem de toda a comunidade escolar em resposta a que o espectro define um conjunto de radiações	46
Figura 36 - Gráfico que ilustra a frequência de toda a comunidade escolar em resposta a que todas as radiações são prejudiciais ao ser humano	48
Figura 37 - Gráfico que ilustra a frequência de toda a comunidade escolar em resposta a que a radioatividade é uma forma de energia nuclear	49
Figura 38 - Gráfico que ilustra a percentagem da radiação que a comunidade escolar (encarregados de educação, professores e assistentes operacionais) mais conhece e a que menos conhece	50
Figura 39 - Gráfico que ilustra a percentagem da radiação que os alunos mais conhecem e a que menos conhece	51
Figura 40 - Gráfico que ilustra a frequência de respostas da comunidade escolar em relação à diferença entre radioatividade artificial e natural	52
Figura 41 - Gráfico que ilustra a opinião de toda a comunidade escolar, sobre a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia	53
Figura 42 - Gráfico de frequência da comunidade escolar, em relação à questão se as radiações gama chegam à terra	54
Figura 43 - Gráfico que traduz a percentagem da comunidade escolar, em relação ao uso de aparelhos que emitem radiações	55
Figura 44 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, se todas as radiações são iguais	56
Figura 45 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, para analisar o nível de conhecimento sobre as radiações prejudiciais ao ser humano ...	57
Figura 46 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para analisar o nível de conhecimento sobre os diversos tipos de radiação que o Homem está exposto	58
Figura 47 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para analisar o nível de conhecimento sobre as radiações utilizadas na medicina	59
Figura 48 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para analisar o nível de conhecimento sobre os riscos das radiações utilizadas na medicina	60

Figura 49 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para perceber se estes possuem o conhecimento de que as radiações podem ser utilizadas na indústria	61
Figura 50 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar sobre a exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato	62
Figura 51 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, se a quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro	63
Figura 52 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, se a radiação ultravioleta é a proveniente do espaço e a radiação cósmica proveniente do sol	64
Figura 53 - Gráfico que traduz a frequência de respostas dos alunos a que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação	65
Figura 54 - Gráfico que traduz a frequência de respostas da comunidade escolar (encarregados de educação, professor e assistente operacionais) a que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação	65

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características dos dispositivos utilizados na mediação de concentração média de radão	28
Tabela 2 - Resultados obtidos da média de pixel em função do número de dias de exposição do filme radiocrómico	34
Tabela 3 - Valores obtidos de quantidade de radiação incidente em função do número de dias de exposição do filme radiocrómico	34
Tabela 4 - Valores obtidos para a densidade de traços por unidade de área	39
Tabela 5 - Valores obtidos para a concentração de radão no interior da Escola Secundária Quinta das Palmeiras	39
Tabela 6 - Tabela com o número de participantes divididos por sexos que fazem parte da comunidade escolar (encarregados de educação, professores e assistentes operacionais)	42
Tabela 7 - Tabela com o número de alunos participantes no estudo divididos por sexo feminino e masculino	43
Tabela 8 - Tabela com o número de alunos participantes no estudo divididos pelos vários anos de escolaridade	43
Tabela 9 - Tabela com o nível de ensino dos participantes (encarregados de educação, professores a assistentes operacionais) no estudo	43
Tabela 10 - Tabela com o número de participantes (encarregados de educação, professores a assistentes operacionais) no estudo que já ouviram falar em radiação ionizante e não ionizante	47
Tabela 11 - Tabela com o número de alunos participantes no estudo que já ouviram falar em radiação ionizante e não ionizante	47

Lista de Acrónimos

UBI	Universidade da Beira Interior
ESQP	Escola Secundária Quinta das Palmeiras
CTE	Centro Tecnológico de Educação
LIP	Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas
CTN	Centro Tecnológico Nuclear
OMS	Organização Mundial de Saúde
EURATOM	União Europeia
LTE	Transferência Linear de Energia
RSECE	Sistemas energéticos de climatização em edifícios
LOD	Limite de deteção
SSNTDS	Solid state Nuclear Track Detectors
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
RX	Raio X
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
HTO	Água tritiada
^{222}Rn	Radão 222
^{220}Rn	Torão
^{238}U	Urânio 238
^4He	Hélio 4
^{234}Th	Tório 234
^{137}Cs	Césio 137
^{60}Co	Cobalto 60
^{60}Ni	Níquel 60
^{226}Ra	Rádio 226
^{224}Ra	Rádio 224
^{218}Po	Polónio 218
^{214}Po	Polónio 214
^{214}Pb	Chumbo 214
^{214}Bi	Bismuto 214
^3H	Tritio
^7Be	Berílio 7
^{14}C	Carbono 14
CO_2	Dióxido de carbono
^{22}Na	Sódio
CR-39	Di allil carbonato de dietileno glicol
LR-115	Nitrato de celulose

Introdução

O radão, apontado pela OMS como segunda causa de cancro de pulmão depois do fumo do tabaco [27], é reconhecido como agente indutor do aparecimento de tumores.

Portugal, devido à sua constituição geológica, é um país que apresenta um risco acrescido em relação à radioatividade natural.

O ^{222}Rn , resulta do decaimento do ^{238}U , é um gás nobre de origem natural, radioativo. Este gás é inodoro, incolor e insípido e, por isso, não detetável pelos nossos sentidos, que, em espaços fechados, pode atingir concentrações acima das permitidas por lei.

A distribuição de urânio e rádio nos solos e rochas não é regular, sendo em rochas sedimentares (calcários) mais baixas do que nas rochas graníticas (plutónicas). A libertação de radão para a atmosfera é regulada pela porosidade e permeabilidade dos solos e é condicionada por fenómenos meteorológicos, tais como a humidade, a temperatura e a pressão atmosférica. Devido a estes fenómenos, pode-se afirmar que a concentração de radão existente na atmosfera varia de região para região (figura 1).

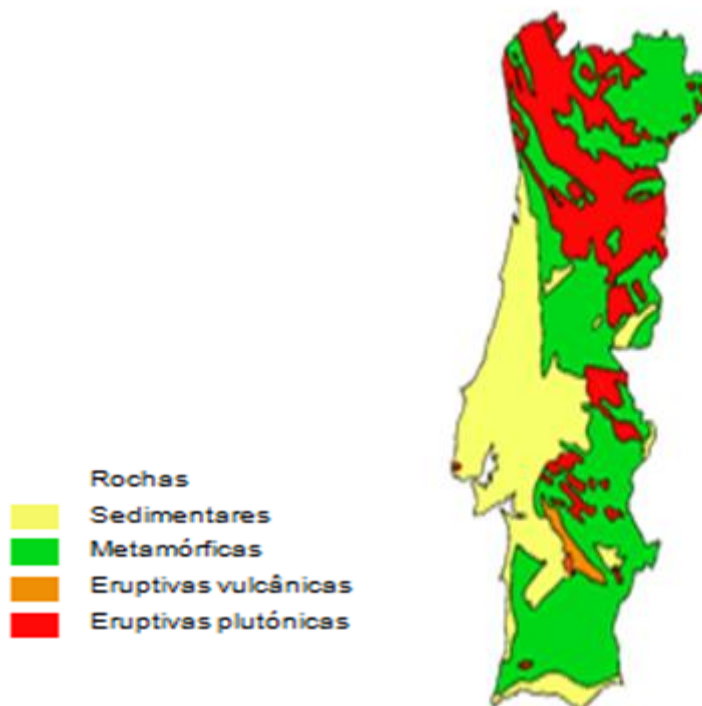


Figura 1 - Carta geológica simplificada de Portugal Continental [1].

Num mesmo local, verificam-se variações das concentrações de radão, quer diárias quer sazonais, sendo comum os níveis mais elevados duplicarem os valores mínimos.

No ar exterior (atmosfera) o radão dispersa-se sendo os níveis geralmente baixos, ou seja, inferiores a 10 Bq/m³. No ar interior o radão atinge concentrações superiores às concentrações de radão no ar exterior, podendo atingir valores superiores a 400 Bq/m³. Estes valores são influenciados pelo tipo de construção, pelos materiais utilizados e pelos hábitos dos moradores. As zonas preferenciais de entrada de radão, são as zonas de contato com a superfície do terreno, ou seja fissuras no chão, canalizações mal vedadas. Atualmente, tendo em conta a contenção de gastos energéticos, os edifícios são todos calafetados o que faz com que a concentração de radão aumente no seu interior.

A União Europeia (Diretiva 90/143/EURATOM), fixa os valores de concentração de radão no interior dos edifícios em 200 Bq/m³ para construções novas e 400 Bq/m³ para construções já existentes, contudo a OMS recomenda que os valores não ultrapassem os 100 Bq/m³ [1].

A exposição a níveis elevados de radão, pode potenciar o aparecimento de tumores. O risco radiológico associado ao radão deve-se, essencialmente, aos seus descendentes sólidos (polónio, bismuto, chumbo), de curto período de meia-vida. Ao ser inalados, juntamente com o ar, podem alojar-se nos tecidos do sistema respiratório e constituir um perigo.

Em Portugal, o radão é o principal contribuinte para a exposição da população às radiações ionizantes, de origem natural e artificial, como mostra a figura 2.

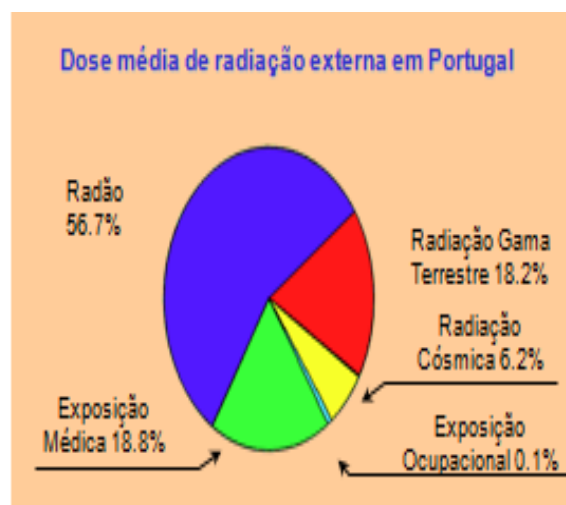


Figura 2 - Valores médios de radiação externa em Portugal Continental [1].

Capítulo 1. Fundamento da Física das Radiações

1.1 Radiações

Henri Becquerel, em 1896, constatou que um composto de urânio, apresentava uma interessante característica, produzia uma mancha numa chapa fotográfica mesmo que estivesse no escuro e embrulhada em papel negro. A interpretação de Becquerel era de que o composto emitia algum tipo de radiação capaz de atravessar o papel e atuar sobre a chapa. Esta propriedade é semelhante aos RX. O que levou, Becquerel a descobrir um novo tipo de raios penetrantes, os quais chamados de emissões radioativas ou radioatividade.

Esta descoberta, foi desenvolvida pelo casal Pierre e Marie Curie que concluíram, que a radioatividade é uma propriedade do elemento urânio. Com esta investigação, acabaram por descobrir dois novos elementos radioativos, que são o polónio e o rádio.

No ano de 1902, devido aos trabalhos realizados sobre radioatividade, Henri Becquerel e o casal Curie, receberam o prémio Nobel da Física. Com base, nos estudos realizados, concluiu-se que a radioatividade é um fenómeno natural, no qual certos átomos, designados por instáveis ou radioativos, transformam-se em átomos menores, com libertação de energia.

Rutherford verificou que determinadas substâncias que emitiam radiações, eram desviadas por campos elétricos e magnéticos, e outras que não eram desviadas. Com este resultado, foi possível concluir que uma parte do feixe era constituída por partículas carregadas, designadas por radiação alfa (α) e beta (β).

Resumidamente, radioatividade é, basicamente, a desintegração espontânea de núcleos atômicos e que, durante este processo, o núcleo emite partículas alfa, beta e gama.

1.1.1 Radiação α

Neste tipo de radiação a partícula emitida é um núcleo do átomo de ${}^4\text{He}$, cujo núcleo atômico, apresenta dois prótons e dois neutrões (figura 3).

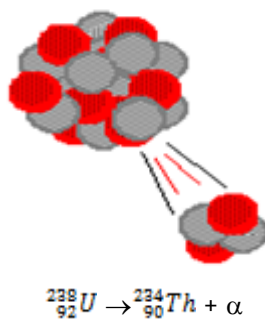


Figura 3 - Decaimento do ${}_{92}^{238}\text{U}$ em ${}_{90}^{234}\text{Th}$, com emissão de uma partícula alfa.

As partículas alfa são facilmente absorvidas por, por exemplo, uma folha de papel. São de partículas “pesadas” que, ao interagirem com os tecidos, ou outros materiais, neles depositam praticamente toda a sua energia, por isso são também designadas como altamente ionizantes.

São altamente danificantes e são essencialmente as partículas alfa que, por depositarem praticamente toda a sua energia, ao interagirem com os tecidos, produzem ou podem produzir alterações gravíssimas nas cadeias de ADN, conduzindo a mutações e inclusivamente morte celular!

1.1.2 Radiação β

Este tipo de radiação, é emitida por vários tipos de núcleos radioativos, como por exemplo, o potássio, carbono, iodo, bário entre outros. Tem uma ampla utilização na medicina. Neste tipo de radiação, as partículas beta são eletrões (β^-) e positrões (β^+).

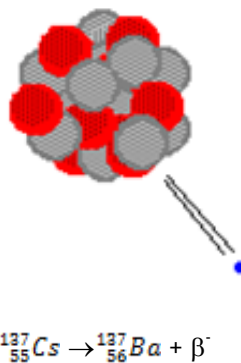
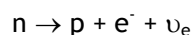
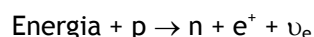


Figura 4 - Decaimento do ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ em ${}^{137}_{56}\text{Ba}$, com emissão de uma partícula beta.

No decaimento β^- (figura 4), um neutrão é convertido num próton, com emissão de um eletrão e de um anti neutrino de eletrão.



No decaimento β^+ , um próton é convertido num neutrão, com a emissão de um positão, e de um neutrino de eletrão.



As partículas beta sendo muito mais leves dos que as partículas alfa, apresentam a capacidade de penetrar nos tecidos cerca de um centímetro, o que provocam lesões ao nível da pele. Estas lesões, não ocorrem ao nível dos órgãos internos, só no caso de serem engolidas ou entrarem em contato com as vias respiratórias.

1.1.3 Radiação γ

Esta radiação é considerada a mais penetrante e a que apresenta um menor comprimento de onda. É a mais perigosa para o ser humano, sendo detida somente por uma parede de betão ou metal (figura 5).

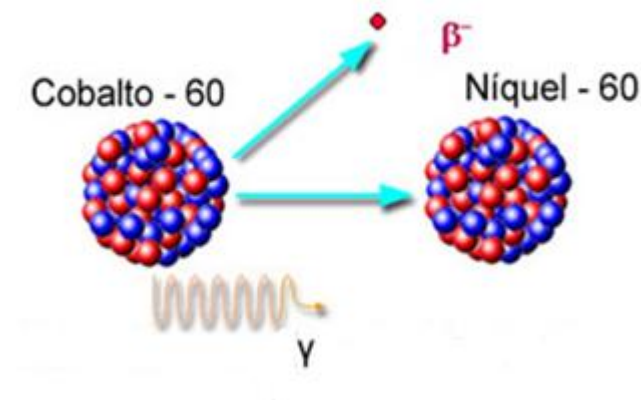


Figura 5 - Decaimento do ^{60}Co em ^{60}Ni , com emissão de uma partícula gama.

A radiação pode ser representada por qualquer forma de energia que se propaga com uma determinada velocidade. A radiação corpuscular e a eletromagnética, são produzidas pela natureza e apresentam uma variação de energia, a partir do século dezanove, algumas dessas radiações passaram a ser produzidas pelo Homem.

A radiação corpuscular, define partículas com massa, onde os tipos mais conhecidos são os elétrons, prótons, nêutrons, pósitrons, deutérios e partículas alfa e beta.

A radiação eletromagnética tem vindo a evoluir desde as leis de Maxwell. Atualmente conhecem-se vários tipos de ondas eletromagnéticas, mas todas elas incumbem na mesma natureza, umas são formadas por campos magnéticos e outras por campos elétricos. O espectro eletromagnético reúne todas as formas de energia radiante do universo todas as radiações eletromagnéticas existentes no intervalo da radiação, as radiações elas não divergem, distinguem-se umas das outras devidos às suas características, no seu comprimento de onda, na frequência, na forma como são produzidas e captadas, como se visualiza na figura 6. É importante referir que todas as radiações apresentam a mesma velocidade ($3 \times 10^8 \text{ km.s}^{-1}$).

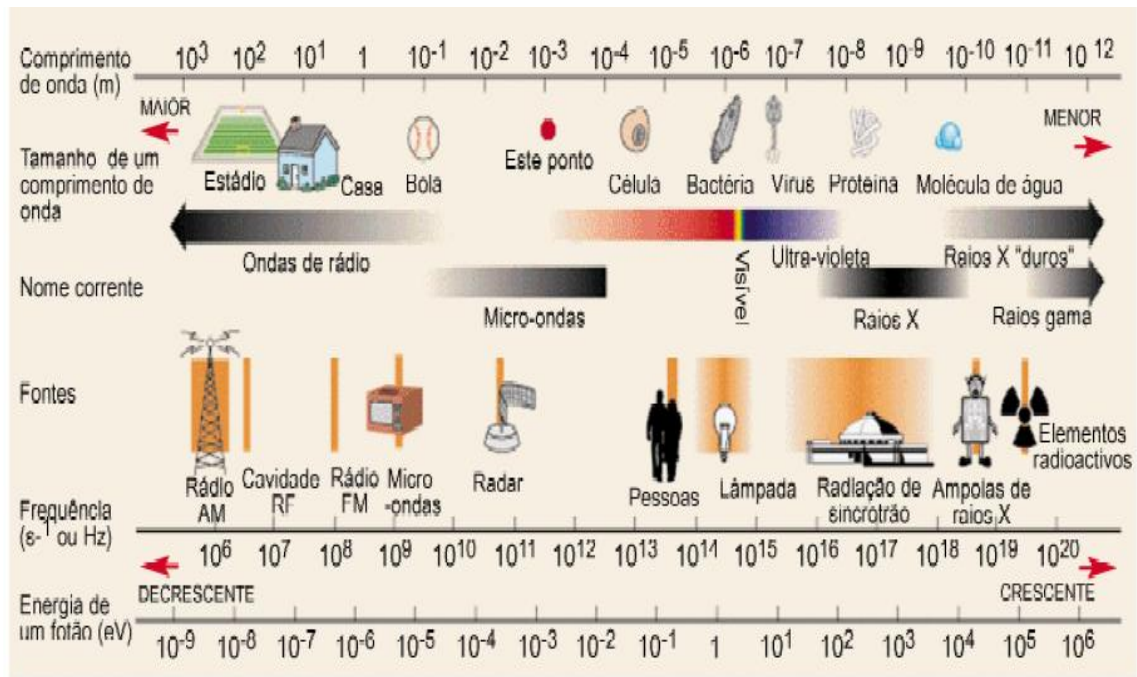


Figura 6 - Representação do espectro eletromagnético.

Fonte: <http://geoprocessamentoifgoiass.blogspot.pt>. Acesso em 01 junho de 2013.

1.2 Fontes naturais

Diariamente somos expostos a diferentes tipos de radiação. Contudo o radão é o principal contribuinte para a exposição das populações às radiações ionizantes, de origem natural e artificial.

A radioatividade ambiente resulta basicamente de 4 fontes principais:

1. Libertação de radão para a atmosfera;
2. Formação de radionuclídeos cosmogénicos - interação de radiação cósmica com a atmosfera;
3. Radioatividade natural aumentada tecnologicamente - utilização de matérias-primas que contêm material radioativo;

Radionuclídeos artificiais - produtos de cisão, testes nucleares, etc. As radiações naturais, podem ter duas origens, a origem terrestre e a origem cósmica.

A radiação terrestre é a que existe nas rochas que contribuem para a radioatividade atmosférica, devido à formação de gases que são emitidos pela superfície terrestre.

A radiação cósmica é quando existem radionuclídeos que são formados na atmosfera, a partir da interação da radiação cósmica com gases atmosféricos.

1.2.1 Radiação terrestre

Este tipo de radiação, encontra-se nas rochas e nos solos, em que ocorre a formação de gases que podem se expelidos pela superfície terrestre. Estes gases, ^{222}Rn e ^{220}Rn , são radioativos diretos do ^{226}Ra e do ^{224}Ra , respetivamente, que pertencem às séries radioativas do urânio (figura 7) e do tório, como mostra a figura 8 [2].

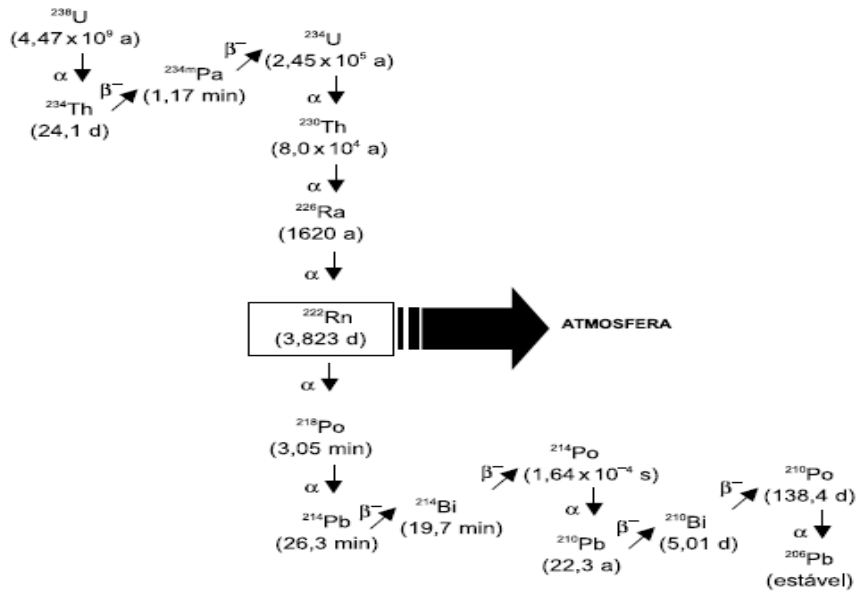


Figura 7 - Série radioativa natural do ^{238}U [2].

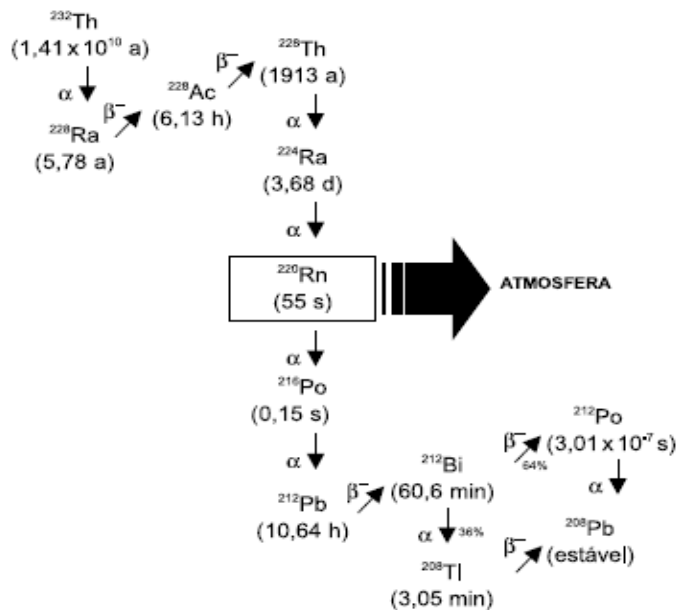


Figura 8 - Série radioativa natural do ^{232}Th [2].

O descendente direto do ^{226}Ra ambos pertencentes à série radioativa do ^{238}U , apresentam um tempo de meia-vida de 3,8 dias, o que faz com que se difunda através dos solos e atinga a atmosfera antes da desintegração dos seus descendentes. Quando se desintegram, os núcleos de radão e os seus descendentes diretos (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po) emitem partículas alfa e beta. O ^{220}Rn , tem um tempo de meia vida de 55 segundos, o que faz com que, apresente uma probabilidade bastante reduzida de se difundir para atmosfera antes de se desintegrar, não permitindo acumulações significativas de partículas alfa, pelo que o seu efeito sobre a saúde humana é negligenciável.

1.2.2 Radiação cósmica

A formação de novos elementos e de isótopos radioativos, obtém-se a partir da colisão dos raios cósmicos com os átomos existentes na atmosfera, desta colisão resulta uma “cascata” de neutrões e prótons (figura 9) que interagem com núcleos leves de carbono, azoto e oxigénio.

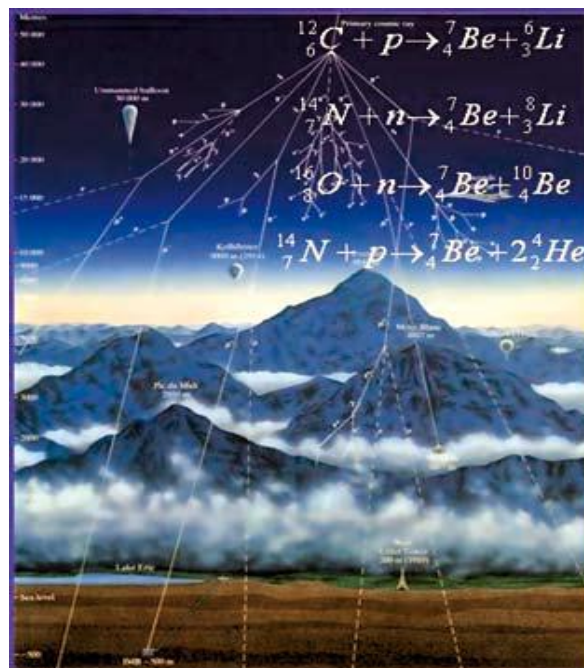


Figura 9 - Interação de raios cósmicos com os gases existentes na atmosfera [2].

Desde a década de sessenta, que inúmeros radionuclídeos têm sido examinados, no entanto os mais significativos do ponto de vista de dose para a população, são o ^3H , o ^7Be , o ^{14}C e o ^{22}Na . Os radionuclídeos apresentam comportamentos geoquímicos diferentes, mesmo tendo sido originados de forma semelhante. Cerca de 90% do ^3H produzido na atmosfera é convertido em HTO, que entra diretamente no ciclo da água. O ^{14}C , depois de se formar é oxidado para

formar o CO₂, por sua vez ²²Na e o ⁷Be juntam-se às partículas de aerossol disponíveis na atmosfera, passando a controlar os processos atmosféricos [2].

1.3 Fontes artificiais

O Homem, devido à necessidade foi obrigado a produzir alguns tipos de radiação, esta produção começou ainda com o Homem primitivo que ultrapassou o medo para conseguir produzir fogo. O fogo era uma fonte de radiação térmica e luminosa (infravermelha e luz visível) que lhe proporcionou a sobrevivência e o seu desenvolvimento. Na indústria essas fontes de radiação sofreram grandes alterações, pois foram bastante desenvolvidas.

A radiação infravermelha sofreu uma grande evolução, atualmente é muito utilizada pelo Homem, nos lares, permite, entre outras aplicações, por exemplo, a secagem de objetos, preparação de alimentos, aquecimento do meio envolvente.

O estudo da radioatividade artificial, possibilitou um maior conhecimento das partículas subatômicas e núcleos atômicos, possibilitando assim, que se transformarem elementos em elementos diferentes.

A principal fonte de emissão de radionuclídeos artificiais para o ambiente, deu-se nos anos 50, através dos testes nucleares.



Figura 10 - Teste nuclear na atmosfera, deserto do Nevada, 1951 [2].

O primeiro teste nuclear na atmosfera, ocorreu no ano de 1945, seguido de vários testes nucleares, exemplo da figura 10, tendo ocorrido em maior intensidade nos anos 50 (1952-1954, 1957-1958 e 1961-1962). Em 1963, após a assinatura do *Tratado de Abolição dos Testes Nucleares*, ocorreu uma queda significativa na sua realização. Este tratado, impedia a realização de testes subaquáticos e na atmosfera. Sendo assim, aumentou a realização de testes no subsolo, que não foram contemplados no Tratado.

Em 1996, foi assinado o *Tratado de Proibição Total de Ensaio Nucleares*, que vigora atualmente, estima-se que o número de testes nucleares realizados seja cerca de dois mil e quinhentos [2].

1.4 Caracterização das Radiações

Consoante o resultado da interação com a matéria a radiação pode ser ionizante ou não ionizante. A radiação não ionizante não tem poder para ionizar isto significa que não possui energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas com os quais interatuam, a radiação ionizante possui energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas.

1.4.1 Radiação não ionizante

Este tipo de radiação, apresenta valores de energia abaixo de 10 eV e comprimentos de onda acima de 200 nm (figura 11), inicia-se na zona da luz visível, passa pela zona do infravermelho, terminando na zona de frequências muito baixas, como por exemplo a da rede elétrica.

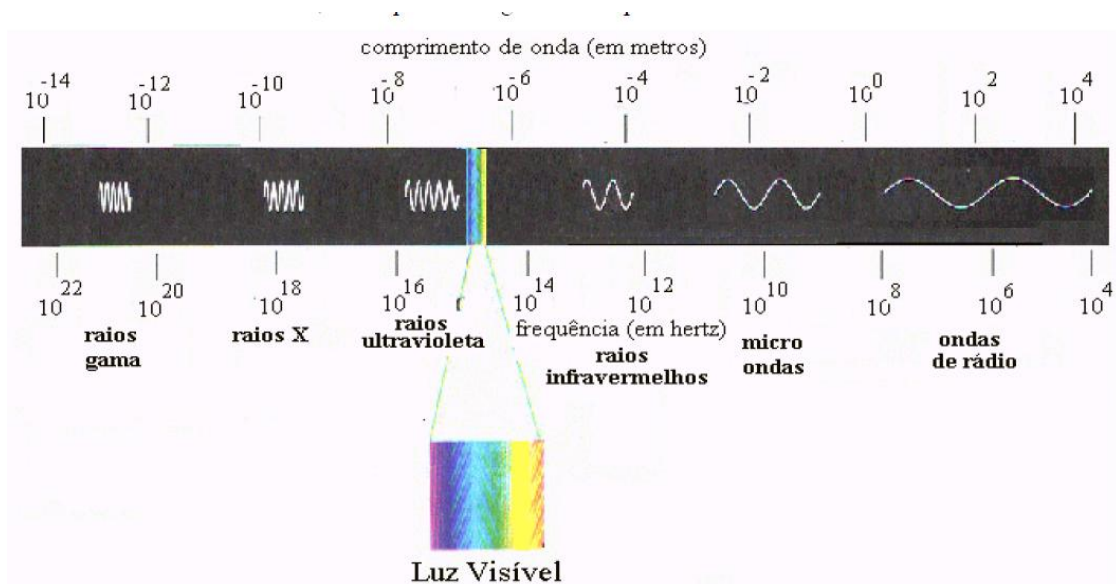


Figura 11 - Espectro eletromagnético, com valores de frequência e comprimento de onda [13].

Este tipo de radiação apresenta como principais efeitos biológicos, o efeito térmico e o efeito não-térmico.

O efeito térmico, consiste num aumento da temperatura dos tecidos biológicos, devido à absorção da energia eletromagnética.

Para comprimentos de ondas maiores, as radiações não são apenas absorvidas pela pele, mas também, de acordo com os valores de frequência, são absorvidas por tecidos das camadas mais profundas.

Os efeitos não-térmicos como são provocados por campos eletromagnéticos induzidos, não provocam aumento da temperatura dos tecidos biológicos. Contudo, alguns podem produzir alterações no sistema nervoso, cardiovascular e imunológico, metabolismo e fatores hereditários.

1.4.2 Radiação ionizante

Este tipo de radiação, é caracterizada por possuir energia suficiente para arrancar pelo menos um elétron de um nível de energia para outro, fazendo com que o átomo deixe de ser neutro e passe a ter carga positiva, pois o número de prótons no átomo torna-se maior do que o número de elétrons, ou seja o átomo transforma-se em um íon positivo.

Este tipo de radiação, apresenta valores de energia acima de 10 eV e comprimentos de onda abaixo de 200 nm. As zonas do espectro onde se encontra este tipo de radiação, correspondem à zona dos raios X, raios gama e ainda ultravioleta.

Capítulo 2. O Radão e a Saúde

2.1 As partículas mediadoras de lesões provocadas pelo radão

Na atmosfera, a concentração devida ao radão é baixa (da ordem dos 10 Bq/m³), mas em espaços fechados, como o interior de uma habitação, pode existir em concentrações elevadas, devido a vários fatores, tais como, hábitos dos habitantes, parâmetros climáticos e constituição geológica do local [4].

Em Portugal o radão é responsável (cerca de 50%) da dose de radiação natural a que a população se encontra sujeita [6]. Para minimizar a dose de radiação natural, a que cada indivíduo está sujeito, é importante cumprir medidas, principalmente no que respeita às habitações.

Os efeitos do radão na saúde foram fundamentados em estudos epidemiológicos realizados em populações mineiras. A realização de testes experimentais em 1986, envolvendo animais, revelou um aumento de um tipo particular de tumores pulmonares, mais periféricos.

Com o aumento do risco de incidência de cancro do pulmão, a exposição prolongada a elevadas concentrações de radão, e dos seus descendentes radioativos (²¹⁸Po, ²¹⁴Pb e ²²¹⁴Bi, ²¹⁴Po) tem sido correlacionada, por diversos autores [4] [7], com o aumento do risco de incidência de cancro do pulmão. Em estudos histológicos, efetuados em trabalhadores de minas de urânio, observou-se que os tumores pulmonares aparecem, com maior frequência, a nível dos brônquios segmentares [17].

A OMS concluiu em setembro de 2009 que o radão é a segunda causa de cancro de pulmão, a seguir ao fumo do tabaco, e contribui para 6 a 13% dos casos de cancro do pulmão. A junção entre estes dois agentes aumenta, o risco de desenvolver a doença.

Os dados epidemiológicos referentes aos sobreviventes dos acidentes nucleares, ex-mineiros de minas de urânio e também habitações, possibilitaram o estabelecimento de uma relação entre a exposição a radiação ionizante e a indução de vários tipos de tumores, particularmente, tumores gastrointestinais, essencialmente estômago, fígado e pâncreas, tumores hematológicos, tumores na pele exposta ao ar e tumores extratorácicos.

As classificações da OMS, apenas apontem o radão e os seus descendentes, ²¹⁴Po e o ²¹⁸Po, como agentes indutores de tumores em seres humanos, as partículas alfa, resultante do decaimento do radão, são classificadas como, mediadoras das lesões provocadas pelo radão.

Devido à alta *Transferência Linear de Energia* das partículas alfa, que resultam da desintegração dos descendentes de radão, o seu percurso é considerado letal, uma vez que conduzem a elevadas deposições locais de dose de radiação. Os efeitos causados pelas partículas alfa, envolvem danos em moléculas biológicas nucleares, como por exemplo, a molécula de ADN. Quando as partículas alfa atravessam um núcleo de uma célula esférica, provocam alguns danos na molécula de ADN e a sua recuperação através de proteínas, incluindo *ku70*, *ku86*, *p450-quinase* e *ADN-ligase IV* [28].

Na molécula de ADN é possível identificar as lesões provocadas pelas partículas alfa (figura 12), através da presença de espécies reativas de oxigénio, consideradas medidoras do efeito maléfico das partículas alfa. As espécies reativas de oxigénio, radicais livres, são produzidas no citoplasma da célula e subsequentemente atingem o núcleo. A célula atingida pelas partículas alfa, envia a informação para as células vizinhas, levando à propagação dos efeitos que traduzem um tumor.

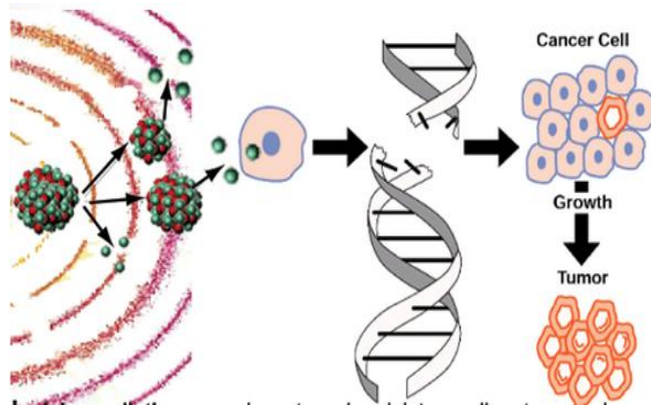


Figura 12 - Efeito causados pelas partículas alfa na molécula de ADN.

Fonte: http://www.njmoldinspection.com/uranium_radiation.html. Acesso em 20 de junho de 2013.

A toxicidade do radão está relacionada com os efeitos químicos e biológicos das partículas alfa libertadas no decaimento do radão e seus descendentes, no ar existentes nos tecidos pulmonares, como mostra a figura 13.

Alguns estudos, indicam que cerca de 70% do radão inalado com o ar pode provocar carcinomas na região brônquica enquanto que apenas 30% dos tumores têm origem bronquioalveolares.

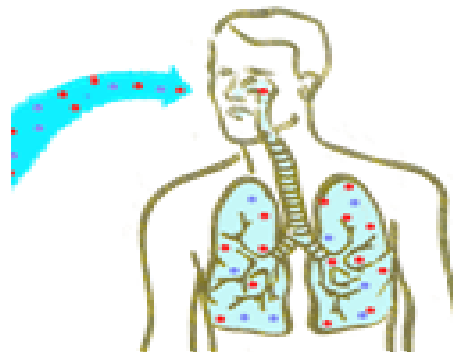


Figura 13 - O ar ao ser inalado irradia os tecidos do pulmão. [1]

2.1.1 Estimativa do risco associado ao radão

Relativamente à percepção do risco, há a considerar um grande número de fatores na decisão de um indivíduo aceitá-lo um risco ou rejeitá-lo (figura 14). As pessoas normalmente classificam os riscos como negligenciáveis, aceitáveis, toleráveis ou inaceitáveis e comparam-nos com os benefícios.

Estas valorizações dependem, de vários fatores, como por exemplo, da idade dos indivíduos, do sexo, da cultura e dos antecedentes educacionais. O facto de a exposição ser ou não involuntária também influencia a percepção do risco, bem como a falta de controlo individual da situação [14].

Há ainda a considerar se os possíveis efeitos para a saúde potencialmente associadas à exposição em causa são ou não nocivos. Assim, algumas patologias (nomeadamente o cancro) são mais receadas pela população do que outras. Deste modo, mesmo a mais pequena possibilidade de aparecimento de cancro, especialmente em crianças.

Para compreender o processo da percepção do risco por parte das populações é importante distinguir entre perigo para a saúde (*health hazard*) e risco para a saúde (*health risk*).

De acordo com esta distinção pode definir-se:

- Perigo como um conjunto de circunstâncias que podem potencialmente prejudicar a saúde das pessoas.
- Risco como a probabilidade estatística de ocorrência de um determinado acontecimento, habitualmente indesejável [14].

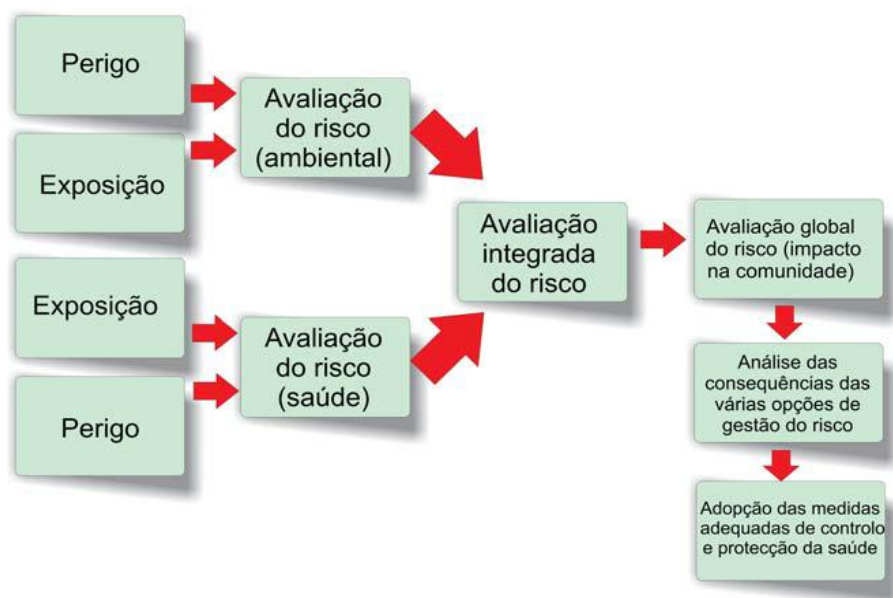


Figura 14 - Avaliação, gestão do risco associado ao radão [14].

O risco associado ao desenvolvimento de tumores pulmonares radioinduzidos tem sido ao longo dos anos objeto de estudo, desenvolvidos no âmbito epidemiológico e dosimétrico.

A análise dosimétrica, refere que o radão não é motivo para preocupação pois, o radão na sua maioria é inalado durante a inspiração e eliminado na expiração. A problemática está nos descendentes diretos do radão, especialmente o ^{218}Po e o ^{214}Po e nas partículas alfa, que são libertadas nos vários decaimentos e são responsáveis pela deposição de energias nas células dos vários epitélios do aparelho respiratório.

Como indicadores de risco no desenvolvimento de tumores radioinduzidos, utilizam-se os padrões de deposição de energia pelas partículas alfa.

2.2 Concentração de radão em Portugal

Em Portugal, são várias as instituições que têm desenvolvido trabalho no âmbito do diagnóstico das concentrações de radão. O Departamento de Proteção Radiológica e Segurança Nuclear, atual Unidade de Proteção e Segurança Radiológica do CTN tem vindo, desde 1988, a desenvolver um considerável esforço no sentido de obter um levantamento, a nível nacional e o mais pormenorizado possível, das concentrações de radão no interior das habitações. O mapeamento genérico das zonas de maior concentração de radão foi, pois, realizado há duas décadas. Trata-se de um mapa genérico (figura 15), embora didático, que não é suficiente para servir como um instrumento de planeamento do território e de construção.

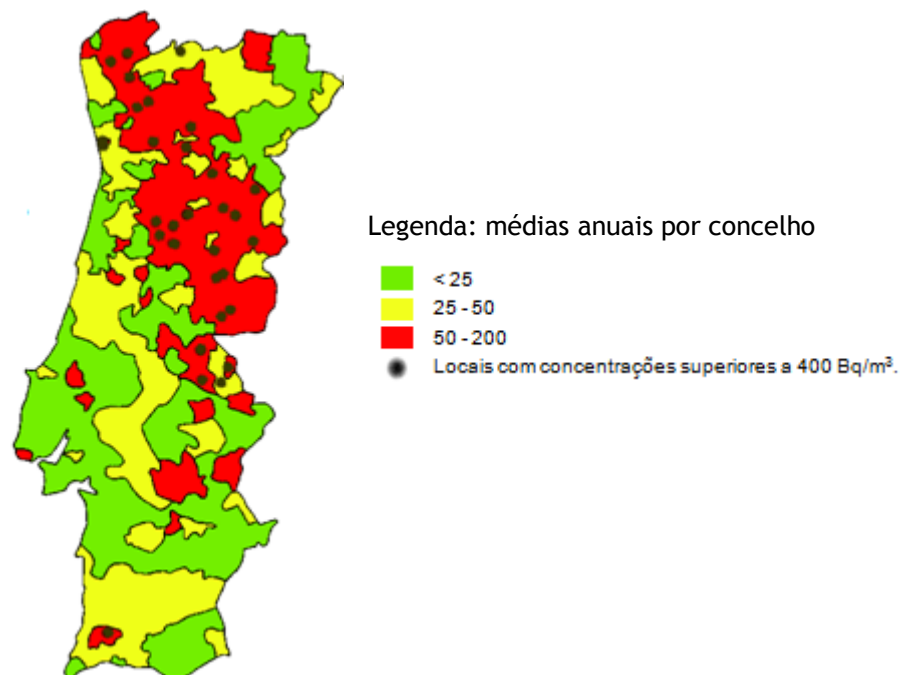


Figura 15 - Distribuição das concentrações médias anual de radão (Bq/m³) [1].

Em Portugal, foram realizados vários estudos de concentração de radão, em habitações, solos, rochas e águas subterrâneas. Em relação ao estudo de concentração de radão nas habitações, foram efetuados em 4200 habitações, onde se verificou que aproximadamente 60% da concentração de radão se situava abaixo dos 50 Bq/m³, 2,6% das habitações controladas, apresentaram níveis médios anuais de radão superiores a 400 Bq/m³. Estes valores, são influenciados, pela localização da habitação, pois em cada concelho existem tipos de rochas diferentes [16].

Em relação ao estudo de concentração de radão nos solos, verificou-se que o concelho de Guarda e Tábua, apresentam maior concentração de radão, como indica a figura 16.

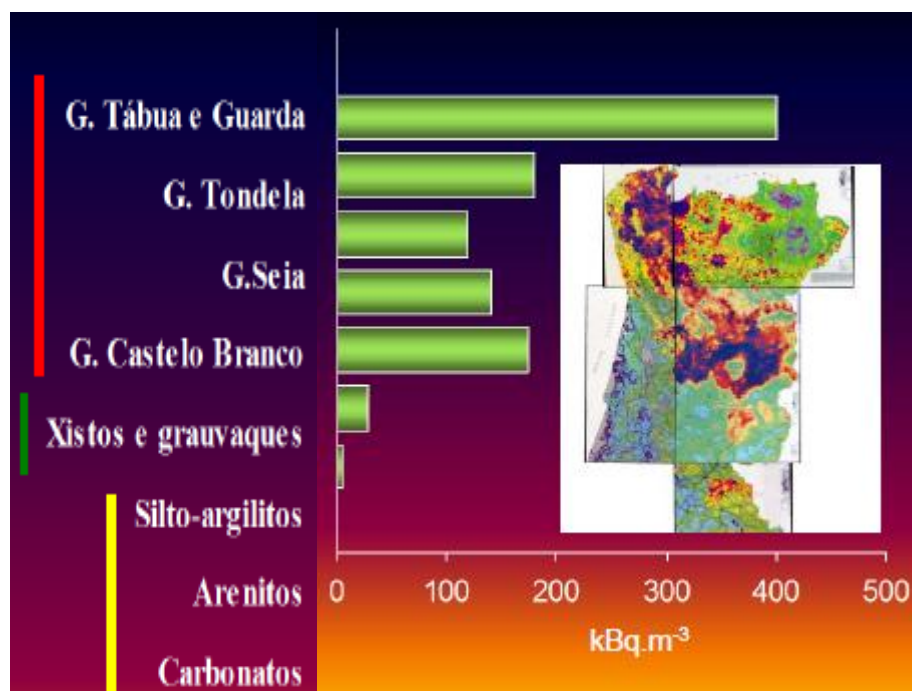


Figura 16 - Concentração de radão em solos (kBq/m³), por concelho [16].

2.2.1 Concentração de radão habitacional e legislação em vigor

O radão migra do solo para o interior das habitações, através de fendas, dos poros das placas de cimento, juntas mal seladas, condutas e canalizações. Este gás é oito vezes mais denso que o ar, o que faz com que predomine nos pisos térreos das habitações.

No interior das habitações, o valor da concentração de radão pode ser bastante elevado, podendo resultar da constituição geológica do local, dos parâmetros climáticos, características do edifício e hábitos dos ocupantes.

Nas habitações construídas sobre um substrato geológico favorável à emissão de radão, este quando libertado, movimenta-se pelo solo em função das suas características e penetra no interior da habitação.

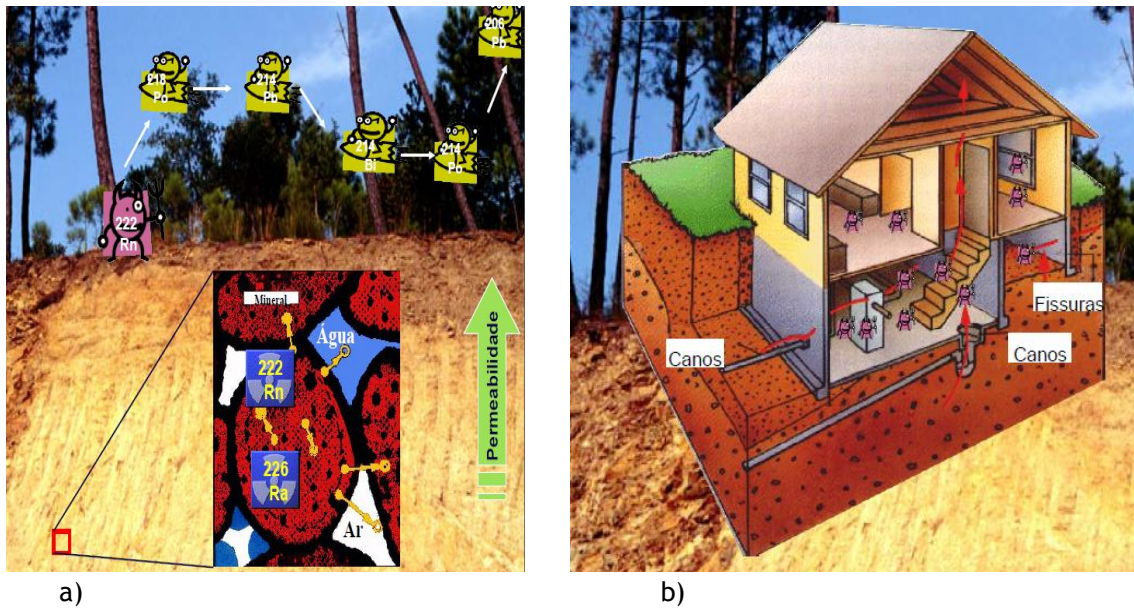


Figura 17 a) - Transferência do gás radão da rocha para o ar. b) Transferência do gás radão para o interior de uma habitação [16].

O radão entra nas habitações, através de vários mecanismos, que são:

- **Adveção** - movimentos causados pelas diferenças de pressão que existem entre o solo e o interior da habitação;
- **Difusão** - movimentos devidos a um gradiente de concentração de radão entre o solo e o interior da habitação;
- **Infiltração** - o ar exterior entra na habitação por portas ou janelas, trazendo consigo uma certa concentração de radão com variações diurnas e sazonais [17].



Figura 18 - Gráfico de variações das concentrações médias de radão habitacional ao longo do dia [1].

A concentração de radão varia significativamente ao longo do dia (figura 18) e ao longo do ano. Durante a noite, quando as portas e janelas se encontram fechadas, há tendência para se registarem valores mais elevados. Também no Inverno, a concentração de radão atinge valores elevados. Isto, pode ser explicado devido ao aquecimento das divisões. O ar quente sobe criando uma pressão negativa nos andares inferiores e este efeito, térmico, leva à sucção do radão do solo para o edifício ou havendo escadas abertas dos pisos térreos para os superiores. Além disso, os edifícios são menos arejados durante os meses de Inverno (figura 19).

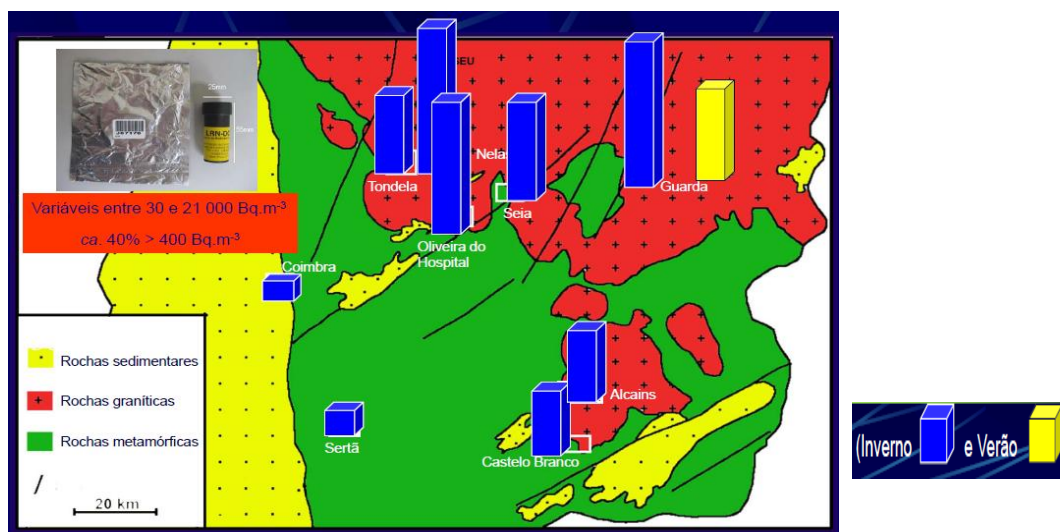


Figura 19 - Concentração do gás radão em habitações [16].

Foi criada a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios, com o objetivo de promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na Comunidade, tendo em conta as condições climáticas externas e as condições locais, bem como as exigências em matéria de clima interior e a rentabilidade económica. Neste âmbito, foram publicados em Portugal três Decretos-Lei que configuram, simultaneamente, os requisitos mínimos e as medidas corretivas para a QAI, e a eficiência energética em edifícios novos e existentes, sendo eles:

- Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de Abril;
- Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril;
- Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril [19].

Relativamente ao D.L. nº 79/2006, de 4 de Abril, que diz respeito ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), foi aprovado pelo Decreto-Lei nº 118/98, de 7 de Maio, e tem como quádruplo objetivo:

- definir as condições de conforto térmico e de higiene que devem ser requeridas (requisitos exigenciais) nos diferentes espaços dos edifícios em consonância com as respetivas funções;
- melhorar a eficiência energética global dos edifícios, não só nos consumos para climatização mas em todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar, promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, quer nos edifícios a construir ou nas intervenções de reabilitação de edifícios existentes;
- impor regras de eficiência aos sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético efetivo e garantir os meios para manutenção de uma boa qualidade do ar interior, quer a nível do projeto, quer a nível da sua instalação, quer durante o seu funcionamento, através de uma manutenção adequada;
- monitorizar com regularidade as práticas da manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios [19].

A União Europeia, Diretiva comunitária 96/29/Euratom, recomenda que para as habitações já construídas as concentrações médias de radão anuais não ultrapassem os 400 Bq/m^3 e para as futuras construções os níveis, devem ser mantidos abaixo de 200 Bq/m^3 [18].

Capítulo 3. Interação da Radiação Ionizante com a Matéria

3.1 Interação de partículas carregadas com a matéria

As partículas alfa, interagem com os elétrons ou núcleos dos átomos através da força coulombiana com os elétrons ou núcleos dos átomos com os quais interagem. Algumas dessas interações levam à perda de energia da partícula carregada. O que permite afirmar que a probabilidade de uma partícula alfa atravessar um meio denso e espesso é nula.

A energia para excitar um elétron de um gás varia entre 25 e 40 eV, no ar uma partícula alfa sofre em média 10^5 interações, antes de perder toda a energia cinética. Se considerarmos uma partícula alfa proveniente do decaimento do ^{214}Po , possui energia 7,69 MeV [29].

A partícula alfa pode interagir com um átomo de raio atômico a . Esta interação coulombiana, o parâmetro de impacto b , poderá ocorrer de três diferentes formas: $b \gg a$, $b \sim a$ e $b \ll a$ (figura 15).

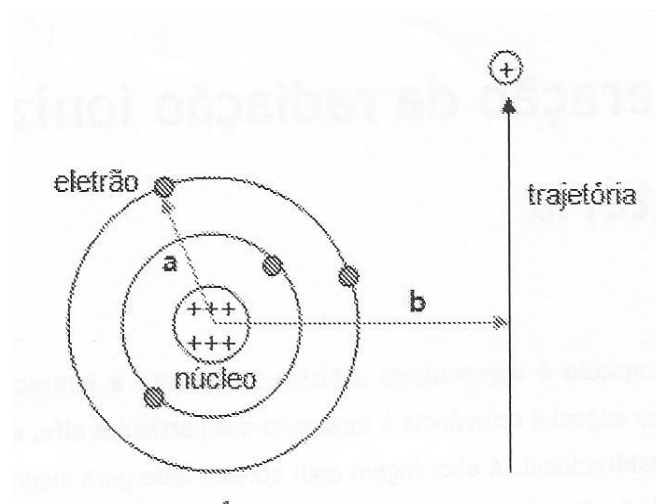


Figura 20 - Interação de uma partícula carregada com o átomo do meio [17].

A interação $b \gg a$, conduz a uma excitação e até à remoção de um elétron de valência, quando a partícula carregada quando está afastada do átomo do meio. Ou seja, as distâncias interatômicas são grandes, os “elevados” valores de b conduzem a interações leves que são responsáveis por cerca de metade da perda de energia total da partícula carregada.

Existe uma maior probabilidade da partícula carregada interagir primariamente com um único elétron, isto se o parâmetro de impacto for da ordem de grandeza do raio atômico ($b \sim a$). Neste caso, a partícula transmite ao elétron elevada energia cinética e o elétron ejetado

recebe o nome delta (δ). Durante estas colisões, designadas como “duras”, a partícula vai dissipando a sua energia cinética.

Se considerarmos o parâmetro de impacto menor que o raio atómico ($b < a$), a força coulombiana interage principalmente com o núcleo. Este tipo de interação é mais relevante para eletrões que sofrem dispersão em processos elásticos, sem que haja emissão de raios X ou ocorra excitação do núcleo e que sofrem dispersão em processos elásticos. Neste tipo de colisões, o facto da perda de energia é insignificante, o que pode ser explicado através da lei de conservação do momento.

3.1.1 Caso Particular: ionização específica das partículas alfa

O processo de perda de energia de partículas carregadas é diferente do processo de uma partícula sem carga. Enquanto a radiação sem carga pode atravessar a matéria sem interação, a partícula carregada tem interação coulombiana com os eletrões e núcleos de quase todos os átomos do material. Essa interação consome parte da energia, o que se traduz numa diminuição progressiva da sua energia.

A ionização específica, é caracterizada pelo número de pares de iões criados pela ação de uma radiação por unidade de comprimento do meio material onde a radiação se propaga. A ionização depende do meio material e do tipo de energia da radiação. A ionização específica está interligada à radiação e ao alcance, isto é quanto maior for a ionização específica, menor será o poder de penetração da radiação e menor o alcance.

A figura 21 ilustra a curva de Bragg, mostra a ionização específica para partículas alfa num material genérico. Perto do fim do percurso, após o pico, há uma queda da ionização específica pelo que a partícula alfa ioniza (capta eletrões) do meio [17].

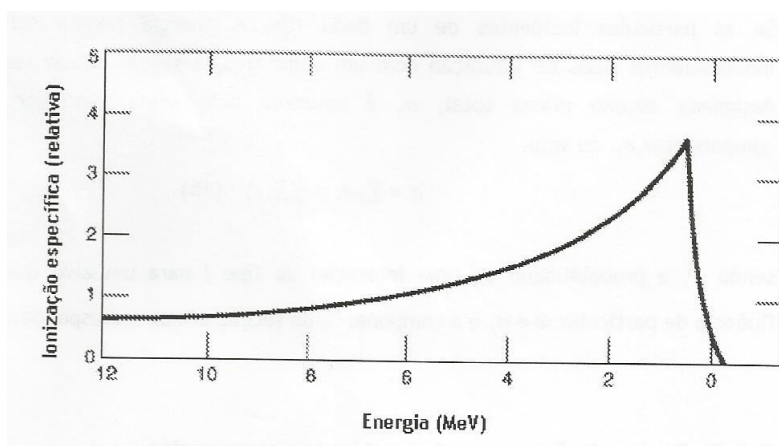


Figura 21 - Curva de Bragg [17].

As partículas alfa, são pesadas (a sua massa é cerca de 8000 vezes superior à massa do eletrão), apresentam elevado LET, são altamente ionizantes e têm um menor poder de penetração [30].

Por exemplo se, considerar partículas alfa emitidas por uma fonte de ^{211}At com energias 5,87 e 7,45 MeV isto corresponde a um LET de 122 e 106 $\text{keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ em tecido biológico e um alcance (*Range*) de 48 e 71 μm , respetivamente.

Na matéria condensada o *Range* típico é de 100 μm , já o LET das partículas beta (β), por exemplo, não ultrapassa, em tecido biológico, alguns $\text{keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$.

Por ser mais pesada que os eletrões, a trajetória da partícula alfa (energia inferior a 10 MeV) num material é praticamente retilínea [17].

3.2 Coeficientes de Interação

Quando ocorre a interação da radiação com a matéria a energia e a direção da partícula incidente é absorvida ou alterada, quando ocorre a interação da radiação com a matéria. A probabilidade de ocorrência dessas interações é definida pelos coeficientes de interação. Correspondendo a um processo de interação específico, tipo e energia da radiação, a alvo ou material.

3.2.1 Secção Eficaz

Um processo de interação exige o conhecimento das distribuições das secções eficazes em termos de energia e direção de todas as partículas que resultam da interação. Essa distribuição, secção eficaz diferencial, é obtida através de diferenciações da secção eficaz de um alvo, σ , em ordem ao ângulo sólido e à energia.

Todos os coeficientes de interação podem ser expressos em função da secção eficaz, o coeficiente de interação fundamental, todos os coeficientes de interação podem ser expressos em função da secção eficaz. Definida como a razão entre a probabilidade da interação para um dado alvo e a fluência de partículas, Φ , a que ele está sujeito. Assim a secção eficaz é dada pela seguinte relação:

$$\sigma = \frac{P}{\Phi} \quad (1)$$

Cuja a unidade SI é m^2 .

Pode-se também definir secção eficaz total, σ_t , como sendo a soma das secções eficazes das componentes, σ_j , isto se as partículas incidentes de um dado tipo e energia sofrerem diferentes e independentes tipos de interação com um alvo. O que permite expressar a secção eficaz como:

$$\sigma = \sum \sigma_j = \frac{1}{\Phi} \sum P_j \quad (2)$$

Em que P_j é a probabilidade de uma interação do tipo j para um alvo submetido à fluência de partículas Φ e σ_j é a componente de secção eficaz correspondente à interação j .

3.2.2 Poder de Paragem de Partículas Carregadas

Partícula carregada (elétrões, prótons, partículas alfa, entre outros), estão sujeitas às forças coulombianas exercidas pelos elétrões e núcleos no interior do material que atravessam, que provocam a diminuição da sua velocidade e, conseqüentemente, perda de energia cinética. A taxa de perda de energia por unidade de comprimento de uma partícula carregada pesada que atravessa um meio material, designa-se por poder de paragem e é caracterizado, pela equação de Bethe e Block:

$$\left(-\frac{\partial E}{\partial x}\right) = 2\pi N_A r^2 m_e C^2 \rho \frac{Z Z^2}{A \beta^2} \left[\ln \left(\frac{2 m_e \gamma^2 v^2 W_{\text{máx}}}{I^2} \right) - 2\beta^2 - \delta - 2 \frac{C}{Z} \right] \quad (3)$$

Em que:

$$\beta = \frac{v}{c} \text{ e } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

ρ , Z , A e I representam, respetivamente, a densidade, o número atómico, o número de massa e o potencial médio de ionização do meio; z é a carga da partícula incidente em unidades de carga do eletrão e v a velocidade. N_A , r , m_e e c representam, respetivamente, as constantes de Avogadro, raio clássico do eletrão, massa em repouso do eletrão e velocidade da luz no vazio.

A equação de Bethe e Block, em meios densos, estima a perda de energia, nomeadamente quando as velocidades são elevadas ($\gamma \gg 1$) e a correção, δ , é introduzida para ter em conta a densidade do meio.

Quando a massa da partícula incidente é maior do que a massa do eletrão ($M \gg m_e$), a energia máxima transferida numa colisão é expressa por $W_{\text{máx}}$, que pode ser expresso, pela seguinte expressão matemática:

$$W_{\text{máx}} = \frac{2 m_e \beta^2 \gamma^2}{1 + 2\gamma m_e/m_\alpha + m_e^2/m_\alpha^2} \quad (4)$$

Diminui com o aumento da velocidade da partícula carregada até cerca de 96% da velocidade da luz, alcançando aí o valor mínimo (MIP). Este valor permanece o mesmo para todas as partículas com a mesma carga. Há medida que a energia aumenta o termo anterior, torna-se constante e o poder de paragem aumenta, devido à função logarítmica. Para velocidades pequenas, o poder de paragem atinge um máximo e depois cai a pique.

Para partículas alfa o poder de paragem varia lentamente com a energia (figura 22), à medida que a partícula se desloca vai perdendo energia, o que significa que aumenta o seu poder de paragem (*stopping power*).

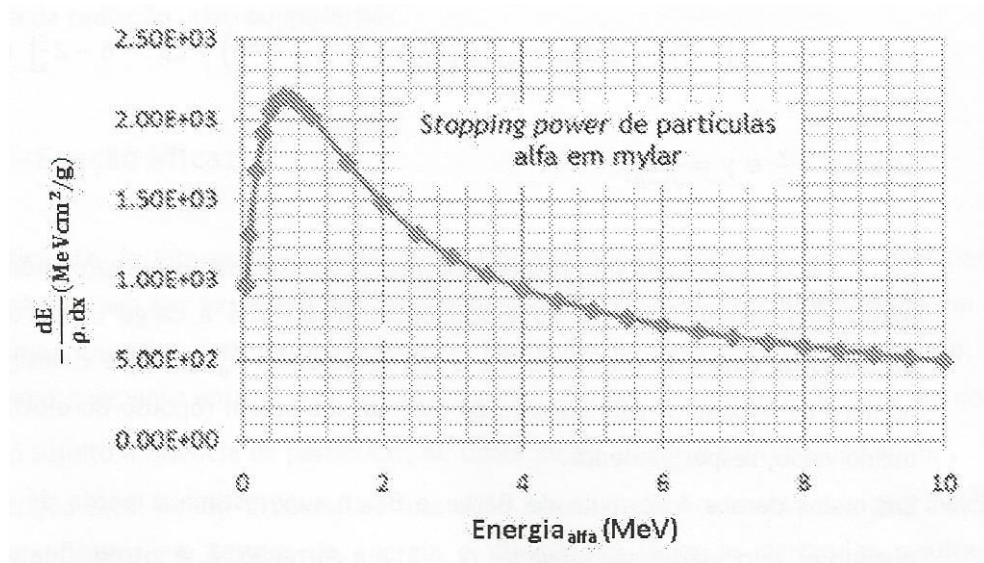


Figura 22 - Poder de paragem mássico para as partículas alfa [17].

A perda de energia de uma partícula carregada, quando atravessa um material, pode acontecer devido à colisão ou à emissão de radiação. O poder de paragem total é, assim traduzido por:

$$\frac{dE}{dx} = \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{col}} + \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{rad}} \quad (5)$$

Onde $\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{col}}$ representa a perda de energia eletrónica devido a interações coulombianas (ionizações e excitações) e $\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{rad}}$ a perda de energia nuclear.

O termo $\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{col}}$ é também designado por transferência linear de energia (*Linear Energy Transfer*, LET, ou poder de paragem de colisão), ou seja, a taxa linear de perda de energia $\left(\frac{dE}{dx}\right)$ de uma partícula carregada devido à ionização e excitação [17].

$$L = \left(\frac{dE}{dx}\right)_{\text{col}} \quad (6)$$

3.2.3 Alcance das partículas alfa

As partículas alfa, apresentam trajetórias curtas e retilíneas. O alcance das partículas alfa no ar é medido em cm e representado pela letra R, em que para este tipo de partículas é menor que 10 cm, pois são partículas excessivamente ionizantes (figura 23). O alcance pode ser calculado, a partir de uma equação semi-empírica:

$$R_{\text{ar}} (\text{cm}) = (0,005 \cdot E_{\alpha} + 0,285) \cdot E_{\alpha}^{3/2} \quad (7)$$

Se $4\text{MeV} \leq E_{\alpha} < 11 \text{ MeV}$

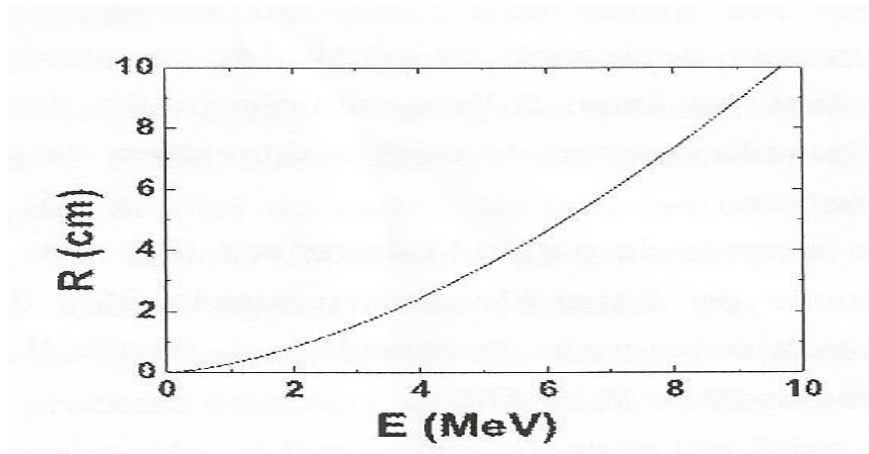


Figura 23 - Alcance das partículas alfa no ar, em função da energia. [17]

Capítulo 4. Detecção de Radão e seus Descendentes

A detecção de radiação, é efetuada com o auxílio de materiais ou instrumentos que conseguem registrar a sua presença. Para tal são utilizados detetores de radiação, que são dispositivos capazes de registrar a presença de radiação no meio onde são colocados.

Existem vários métodos pelos quais diferentes radiações podem interagir com o meio material utilizado para medir as características da radiação. Entre esses métodos os mais utilizados são os que envolvem geração de cargas elétricas, de luz, sensibilização de películas fotográficas, criação de traços no material, geração de calor e alterações da dinâmica de certos processos químicos.

Normalmente um detetor de radiação é constituído por um elemento ou material sensível à radiação e um sistema que transforma esses efeitos em um valor relacionado a uma grandeza de medição dessa radiação [26].

Para que um detetor seja classificado como apropriado é necessário que, além de ser adequado para a medição do mensurando, apresente na medição algumas características, entre as quais:

- **Repetitividade**, definida pelo grau de concordância dos resultados obtidos sob as mesmas condições de medição;
- **Reprodutibilidade**, grau de concordância dos resultados obtidos em diferentes condições de medição;
- **Estabilidade**, aptidão do instrumento conservar constantes suas características de medição ao longo do tempo;
- **Exatidão**, grau de concordância dos resultados com o “valor verdadeiro” ou “valor de referência” a ser determinado;
- **Precisão**, grau de concordância dos resultados entre si, normalmente expresso pelo desvio padrão em relação à média;
- **Sensibilidade**, razão entre a variação da resposta de um instrumento e a correspondente variação do estímulo;

- **Eficiência**, capacidade de converter em sinais de medição os estímulos recebidos [26].

A eficiência de um detetor está relacionada habitualmente com o tipo e com a energia da radiação, que está interligada com a capacidade do detetor em registar essa energia. O registo da presença da radiação no detetor é caracterizada por um sinal, que pode ser um pulso, um traço, um sinal de luz, ou outro sinal qualquer, dependente da forma pela qual a radiação interage com o detetor e dos subprodutos mensuráveis gerados.

4.1 Métodos de deteção de radão

Para se medir a concentração média de radão numa habitação, pode-se numa primeira análise utilizar um detetor de carvão ativado ou uma câmara de ionização. Esta análise, não é uma análise eficaz, tendo em conta as variações do radão ao longo do dia e ao longo do ano. Para avaliar a concentração média de radão numa habitação, os dispositivos que oferecem uma medição a longo prazo são os mais indicados.

A maioria dos dispositivos utilizados na deteção do radão, apresentam como método base, a contagem das partículas alfa emitidas pelo radão e os seus descendentes. A escolha do detetor, obedece a um conjunto de parâmetros, que devemos ter em conta, de acordo com a situação em estudo (custo, tempo de exposição, tipo de informação requerida e precisão). Esse conjunto de parâmetros é:

- **Sensibilidade**, isto é a capacidade do detetor produzir um sinal usado para um dado tipo de radiação e energia. Nenhum detetor pode ser sensível a todos os tipos de radiação e energias. A sensibilidade de um detetor depende da sua massa, do ruído intrínseco e do material protetor que envolve o seu volume sensível.
- **Custo**, deve ser o menor possível (para uma análise de concentração de radão apresentar resultados significativos é necessário efetuar medições em diversos locais e em larga escala).
- **Tempo de exposição**, que, varia de acordo com o tipo de detetor utilizado. Normalmente, utilizam-se detetores que funcionam com um longo tempo de exposição. Porém, existe, a possibilidade de se efetuar uma medição instantânea.
- **Tamanho e aspeto físico**, deve ser pequeno, prático e discreto para que quando se efetuam medições em habitações, estabelecimentos comerciais, escolares e públicos, a sua estética não seja um impedimento na autorização da sua colocação por parte do proprietário.

Existem vários tipos de dispositivos que podem ser utilizados na medição da concentração média de radão interior (habitações, estabelecimentos comerciais, escolares, públicos, entre outros).

Tabela 1 - Características dos dispositivos utilizados na mediação de concentração média de radão [17].

Tipo de detetor	Método utilizado	Período em que ocorre a medição	Custo	Limite de detecção (LOD)
Sólidos de partículas alfa	Passivo	1-12 meses	Baixo	30 Bq/m ³ para um mês de detecção
Carvão ativado	Passivo	2-7 dias	Baixo	20 Bq/m ³
Câmara de ionização	Passivo	2-15 dias 3-12 meses	Médio	--
Monitores eletrônicos	Ativo	2 dias - anos	Médio	20 Bq/m ³ para 7 dias
Monitores contínuos de radão	Ativo	1 hora - anos	Elevado	5 Bq/m ³

Na contagem de partículas alfa, resultantes do decaimento do radão e seus descendentes, podem ser utilizados dois métodos:

- **Método ativo**, realiza medições automáticas da concentração de radão e seus descendentes em curtos intervalos de tempo.
- **Método passivo**, baseia-se na diferença de absorção e permeabilidade do ²²²Rn em diferentes materiais. Consiste na exposição de detetores no local analisado, podendo o tempo de permanência do detetor pode ser variável. A concentração média de radão e seus descendentes é analisada pela avaliação do número de colisões das partículas com o detetor.

4.1.1 Detetores plásticos

Este tipo de detetores apresenta vantagens e desvantagens. As vantagens são: baixo custo, insensíveis a luz visível, às partículas beta e radiação gama, registro permanentemente traços, boa eficiência de detecção e possibilitar a medição a longo prazo. As desvantagens são: necessitam de processamento laboratorial após a exposição e apresentam erros de precisão. Com o processamento laboratorial, os traços latentes existentes no detetores coexistem com os traços provenientes da radiação que se mediu. Além de que, este detetores apresenta limitações, pois desde que é fabricado que é exposto a partículas alfa provenientes do ambiente.

O número de traços presentes no detetores, antes da sua exposição no local a analisar é denominado *background*. A fim de minimizar o problema, alguns detetores são mantidos em sacos aluminizados, devidamente selados (figura 24).



Figura 24 - Detetores de traços e respectivos sacos de alumínio [16].

Os detetores de plástico, são formados por polímeros, acetatos e nitratos de celulose como é o caso dos detetores CR-39, LR-115, LEXAN e MAKROFOL (atualmente pouco utilizado) ou inorgânico, formados por mica, quartzo, sílica e até vidro comum [17].

O detetores de traços CR-39 é dos detetores do estado sólido *SSNTDs*, mais usado na determinação da concentração média de radão, nas habitações. Este detetores utiliza um filme que registra a passagem de partículas alfa durante o tempo em que é exposto (nunca inferior a 30 dias), sendo a concentração é estimada pela contagem dos traços por unidade de área.

Este tipo de detetores é colocado numa câmara de difusão, cujo objetivo consiste em homogeneizar o processo de detecção do filme, permitindo que os traços registrados sejam objeto de investigação. O que pode ser conseguido com a adição de um filtro colocado imediatamente a seguir à tampa perfurada com pequenos microfuros.

Quando um detetores de plástico é exposto a partículas com diferentes energias e ângulos de incidência, ao ser atacado quimicamente uma única vez não revelará todos os traços. Isso significa que a eficiência dos detetores de plástico depende de dois parâmetros: o limite de energia crítica e o ângulo crítico de detecção [17].

Quando uma partícula alfa passa pelo detetor de plástico, deposita energia ao longo da sua trajetória o que provoca um desarranjo na estrutura molecular do próprio detetor. Este desarranjo depende do valor da energia, e, no caso de ser pouco intensa, o ataque químico não será capaz de revelar. Os limites de energia, máxima e mínima, das partículas alfa detetáveis para o policarbonato são respetivamente 3 MeV e 0,2 MeV. Quanto menor for a energia das partículas alfa mais intensos são os danos na estrutura do plástico, a quantidade de energia que a partícula transfere para o plástico, por unidade de comprimento, é inversamente proporcional à energia da partícula.

As dimensões dos traços, cilindros ocos, criados no detetor, são da ordem de alguns angströms, o que inviabiliza a contagem a olho nu. No processo de revelação, após do tratamento químico, o diâmetro dos traços aumenta para alguns micrómetros, o que vai possibilitar a contagem e a observação dos traços, recorrendo à instrumentação.

O detetor LR-115 foi desenvolvido pela Kodak-Pathe e é comercializado pela empresa DOSIRAD sediada em França. O detetor é composto de uma parte avermelhada sensível, nitrato de celulose ($C_5H_8O_9N_2$), que é depositada sobre um suporte de poliéster de 100 μm de espessura. O LR-115 pode ser encontrado em dois tipos, I e II: o LR-115 tipo I é produzido com uma espessura de substrato de 6,0 μm e o LR-115 tipo II em lâminas (9 cm x 12 cm) e rolos (1,6 cm x 30 m) com 12,0 μm de espessura de substrato.

Um outro detetor muito utilizado é o LEXAN, possui um filme de policarbonato, maleável, de elevada transparência e com um custo baixo. O tempo de exposição também pode variar como no CR-39 entre alguns dias a até meses.

4.1.2 Processo de revelação e contagem

A revelação dos detetores, do tipo CR-39, foi efetuada com uma solução de NaOH, a 90°C, durante 4 horas. A velocidade com que a solução dissolve o plástico do detetor, ao longo do traço (V_t) é maior do que a velocidade com que a superfície é dissolvida (V_b), pois na região do detetor danificada pela radiação há quebras de ligações químicas favorecendo-as de maior reatividade em relação às regiões não danificadas [17].

Assim sendo a velocidade V_b e V_t podem ser calculadas, através das seguintes expressões:

$$V_b = \frac{h}{t} \quad (8)$$

$$V_t = \frac{l}{t} \quad (9)$$

Onde:

h representa a espessura da camada dissolvida, em relação à superfície original do detetor; t o tempo de exposição do detetor à solução usada, independentemente da sua natureza; l é a extensão do traço.

O traço formado após o ataque químico, quando observado ao microscópio ótico, aparentar-se a um círculo ou elipse, se observado transversalmente à superfície do detetor, assemelham-se a um cone [17].

Um dos maiores inconvenientes na determinação da concentração média de radão, usando o detetor de traços é a leitura e a quantificação dos próprios traços. A leitura dos traços, pode ser feita manualmente, usando um microscópio ótico. Também se pode utilizar um software, capaz de contar os traços automaticamente, desde que sejam definidos parâmetros iniciais como tonalidade/intensidade dos traços.

A concentração de radão é calculada, através da seguinte expressão matemática:

$$C = f_c \times \frac{D}{t} \quad (10)$$

Onde:

C - concentração de radão (Bq/m³)

D - densidade de traços (nº de traços por unidade de área)

t - tempo de exposição (nº de meses)

f_c - factor de calibração (f_c = 0,41 Bq/m³)

No âmbito deste trabalho a leitura dos traços foi feita manualmente, usando o microscópio ótico, e a concentração foi determinada usando a equação (10).

Capítulo 5. Aplicação em Sala de Aula

Ao longo de todo o ano letivo, foram desenvolvidas algumas atividades experimentais com os alunos do Clube da Física e Química da ESQP. As atividades desenvolvidas, foram a repetição da experiência de Becquerel e a utilização dos detetores CR-39, com o objetivo de determinar a concentração de radão existente no interior da Escola.

Todas as experiências foram realizadas no âmbito do Projeto Radiação Ambiente promovido pelo LIP, que tem como principal objetivo alertar e aumentar o nível de conhecimentos dos alunos, professores e público em geral para o facto de o mundo estar mergulhado em radiações. Neste projeto, além da ESQP, participam também dezenas de escolas de todo o País. No final do ano, realiza-se um encontro nacional numa das escolas participantes. Este ano, a escolhida para organizar o evento foi a ESQP.

5.1 Atividade Experimental: Experiência de Becquerel

O objetivo desta atividade consistiu na repetição da experiência histórica de Henri Becquerel que conduziu à descoberta da radioatividade.

Material e Equipamento utilizado:

- Rochas radioativas (figura 25);
- Filme radiocrómico;
- Pequeno objeto absorvente (fio de cobre de 1 mm de diâmetro).



Figura 25 - Rocha utilizada na experiência de Becquerel.

Procedimento Experimental:

- Fez-se um scan do filme virgem, e através do programa informático Leoworks, retirou-se o valor médio de pixel;
- Colocou-se uma pequena rocha com a parte amarela (a que contém óxido de urânio) voltada para baixo sobre uma tira de filme radiocrómico virgem. Entre o filme e a rocha, colocaram-se dois fios de cobre em cruz;
- O conjunto foi guardado dentro de uma caixa, de modo a que não fosse movido nem exposto à luz direta intensa;
- O filme foi controlado em intervalos de tempo regulares, de forma quantitativa, utilizando o programa Leoworks;
- O conjunto foi conservado durante 81 dias, até que se começou a notar o enegrecimento do filme radiocrómico.

Resultados Experimentais:

Apesar de não ter sido possível observar o enegrecimento do filme radiocrómico (figura 26), através da análise do valor médio de píxeis, este efeito foi comprovado. Os resultados obtidos estão registados na tabela 2.

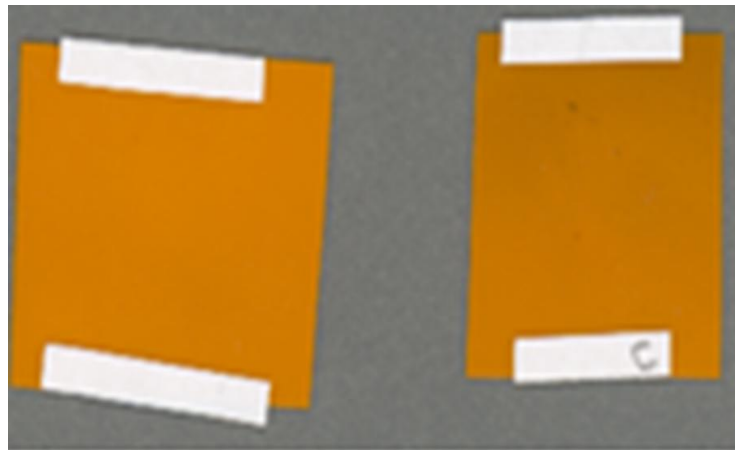


Figura 26 - Filme radiocrómico no final da experiência de Becquerel.

Tabela 2 - Resultados obtidos da média de pixel em função do número de dias de exposição do filme radiocrômico

Dias de Exposição	Média Pixel
0	228,21
12	218,84
26	196,72
34	203,02
36	194,36
43	186,24
48	181,36
81	159,16

Tratamentos dos Resultados Experimentais:

Calculou-se a quantidade de radiação incidente, para se poder obter uma relação entre a quantidade de radiação em função do tempo de exposição e com o enegrecimento do filme radiocrômico.

O cálculo da quantidade foi efetuado, através da relação matemática:

$$Q = P_0 - P \quad (11)$$

Onde, Q é a quantidade de radiação incidente, P₀, o valor médio do pixel do filme virgem e P, o valor médio do pixel obtido para uma área do filme escurecida pela radiação. A tabela 3, indica todos os valores determinados para a quantidade.

Tabela 3 - Valores obtidos de quantidade de radiação incidente em função do número de dias de exposição do filme radiocrômico.

Dias de Exposição	Média Pixel	Quantidade
0	228,21	0,00
12	218,84	9,37
26	196,72	31,49
34	203,02	25,19
36	194,36	33,85
43	186,24	41,97
48	181,36	46,85
81	159,16	69,05

Com os valores da quantidade de radiação incidente, traça-se o gráfico, para se verificar qual a relação entre a quantidade de radiação em função dos dias de exposição e do número de pixéis.

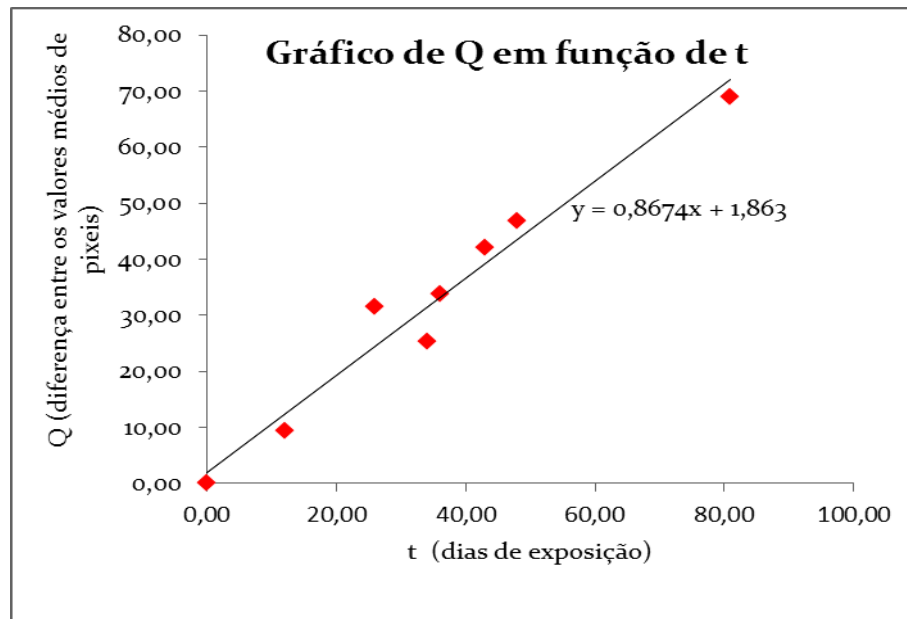


Figura 27 - Gráfico representativo da quantidade em função do número de dias de exposição.

Desta análise conclui-se que a variável Q tem um valor entre 0 e 255, aumentando com o enegrecimento do filme radiocrômico, como se observa na figura 27.

Deve notar-se contudo que o enegrecimento não é diretamente proporcional à quantidade de radiação a que o filme é exposto. Com a análise do gráfico da variável Q em função do tempo, pode-se admitir que a quantidade de radiação incidente sobre o filme é proporcional ao tempo de exposição.

Devido à baixa atividade da rocha utilizada na experiência de Becquerel, o enegrecimento do filme radiocrômico não é visível a olho nu, apesar disso, depois de se efetuar o cálculo da variável Q pode concluir-se que houve uma alteração na sua pigmentação produzida pela radiação emitida.

5.2 Atividade Experimental: Experiência com CR-39

O objetivo desta atividade, consistiu na determinação da concentração de radão, no ar, utilizando um detetor passivo do tipo CR-39 (figura 28).

Material e Equipamento:

- Detetores CR-39
- Caixas de plástico adequadas para colocação do detetor
- Manta de aquecimento
- Goblé
- Solução de hidróxido de sódio $240 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Termómetro
- Pinça
- Microscópio
- Lâmina micrómetro
- Bostik

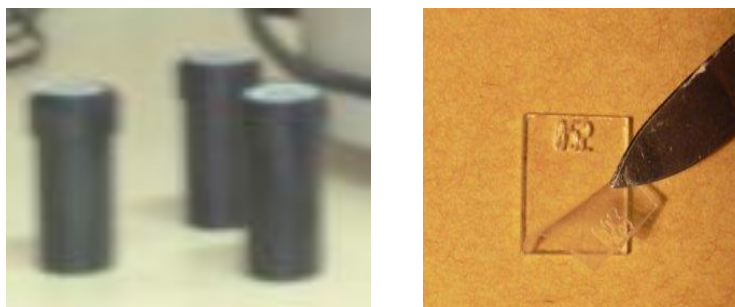


Figura 28 - Caixas de plástico de irradiação e detetor CR-39 utilizado.

Procedimento Experimental:

1 - Preparação dos detetores CR39

- Retirou-se, com a ajuda de um x-ato, a película protetora que envolvia o detetor CR39;
- Colocou-se o detetor, na tampa da caixa de plástico de irradiação, colado com bostik;
- Fechou-se a caixa;
- Repetiu-se o mesmo procedimento mais duas vezes;

- Os detetores foram colocados, na ESQP, no dia 11 de janeiro de 2013, às 15 horas e 30 min. No CTE no piso -1 foi colocado o detetor nº259 na caixa de irradiação P27711, na sala dos diretores de turma, bloco A, o detetor nº 281 na caixa P27760, por fim no bloco B, mais concretamente na arrecadação o detetor nº 003 na caixa P59552;
- Estes detetores, estiveram expostos nestes locais, por um período de 59 dias.
- No dia 12 de março de 2013, pelas 12 horas, todos os detetores foram retirados;
- Procedendo logo de imediato à sua revelação.

2 - Revelação dos detetores CR39

- Preparou-se uma solução de hidróxido de sódio $240 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (anexo);
- Retirou-se o detetor CR-39 do interior da caixa de irradiação;
- Removeu-se com cuidado os resíduos da massa de bostik e colocou-se cada detetor dentro de um tubo de ensaio;
- Adicionou-se até ao meio do tubo de ensaio a solução de hidróxido de sódio;
- Colocaram-se os tubos de ensaio dentro de um goblé contendo água destilada;
- O goblé foi colocado numa manta de aquecimento, durante 4 horas à temperatura de 70°C a 80°C (figura 29);
- Após 4 horas, retiraram-se os tubos de ensaio de dentro do goblé e deixou-se arrefecer a solução de NaOH;
- Verteu-se para um goblé a solução de NaOH, contida os tubos de ensaio;
- Com o auxílio de uma pinça, retirou-se cada detetor de dentro do tubo de ensaio e procedeu-se à sua lavagem com água;
- Colocaram-se os detetores a secar.



Figura 29 - Revelação do detetor CR-39.

3 - Contagem dos traços

- Observou-se num microscópio ótico (figura 30) com uma ampliação de 100x, cada um dos detetores CR-39.



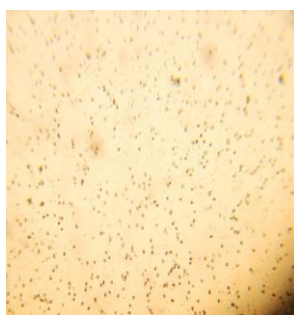
Figura 30 - Observação ao microscópio do detetor CR-39.

- Para cada visualização foram gravadas várias imagens, para se poder proceder à contagem de traços e ao cálculo de concentração de radão.

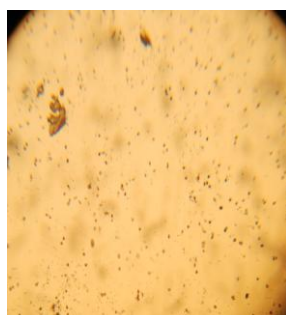
Resultados Experimentais:

Ampliação utilizada na ordem de 100x

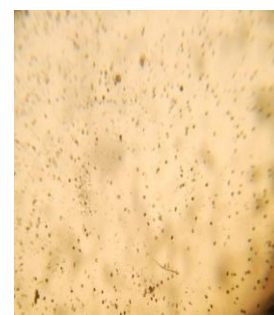
Escala - 2,6 mm x 1,7 mm



Bloco B



Bloco A



Edifício CTE

Figura 31 - Imagens vistas ao microscópio de cada um dos detetores CR-39 colocados na escola.

Tratamentos dos Resultados Experimentais:

Procedeu-se à contagem dos traços, de forma manual, todos os traços que se aparentavam com um círculo ou elipse, que quando observados transversalmente à superfície do detetor, se assemelhavam a um cone foram contabilizados (figura 31).

Depois de feita a contagem dos traços, determinou-se a densidade de traços (D) por unidade de área (2,6 mm x 1,7 mm), em que todos os valores calculados estão na tabela 4.

Tabela 4 - Valores obtidos para a densidade de traços por unidade de área.

Localização do detetor CR-39	D (tr/cm ²)
Bloco A	2666,7
Bloco B	3316,7
Edifício CTE	2505,6

A concentração de radão foi calculada, através da equação (8):

$$C = f_c \times \frac{D}{t}$$

Em que:

C - concentração de radão (Bq/m³)

D - densidade de traços (nº de traços por unidade de área)

t - tempo de exposição (nº de meses)

f_c - factor de calibração (f_c = 0,41 Bq/m³)

Tabela 5 - Valores obtidos para a concentração de radão no interior da Escola Secundária Quinta das Palmeiras.

Localização do detetor CR-39	Detetor (nº)	t (nº dias)	D (tr/cm ²)	C (Bq/m ³)
Bloco A	281	59	2666,7	554,99
Bloco B	003	59	3316,7	690,27
Edifício CTE	259	59	2505,6	521,46

Desta análise conclui-se que os resultados obtidos para a concentração de radão no interior da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, foram os normais para a região e encontram-se dentro dos valores esperados.

Os detetores CR-39 foram colocados em espaços fechados, pouco ventilados, pelo que se pode concluir que os valores obtidos não se afastam significativamente dos estipulados por lei. As escolas são abrangidas pelo Decreto - Lei 79/2006, que regulamenta que as concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes abrangidos são 400Bq/m^3 .

Capítulo 6. Aplicação do Questionário

Este estudo teve como principal objetivo investigar o conhecimento que os alunos dos diferentes níveis de ensino têm sobre o tema Radiação, as suas aplicações e as medidas de proteção que devem ser tomadas.

Para completar a informação pretendeu-se igualmente realizar um estudo sobre uma amostra da restante comunidade escolar para posterior comparação com o conhecimento revelado pelos alunos.

Na elaboração dos questionários teve-se em conta a definição dos seus conteúdos e a forma das questões para que, através dele, pudesse ser obtida a resposta adequada à concretização do estudo proposto.

Na aplicação pretendeu-se dar especial atenção; à linguagem utilizada para que todos os elementos da amostra sejam capazes de perceber o que se pretende; e ao formato das questões, que foram de resposta fechada e simples.

Outra preocupação tida durante a elaboração do questionário foi o fator tempo de preenchimento, que se verificou ser pouco extenso.

6.1 Validação do questionário

1. Verificar se os Alunos/ Professores e Funcionários têm conhecimento dos diferentes tipos de radiação.
2. Verificar se os Alunos/ Professores e Funcionários têm conhecimento das diferentes aplicações da radiação.
3. Verificar se os Alunos/ Professores e Funcionários têm consciência do perigo que a utilização da radiação pode representar para a saúde.

6.2 Aplicação do questionário

A investigação enquadrou-se no âmbito da dissertação de mestrado em Ensino de Física e Química no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário e teve como objetivo analisar os conhecimentos que alunos de diferentes níveis de ensino possuem relativamente ao tema Física das Radiações.

Assumi-se o compromisso de respeitar a confidencialidade dos resultados.

O número de alunos, em cada aplicação, dependeu da capacidade de cada turma, da disponibilidade do respetivo professor na recolha de dados e nas autorizações assinadas pelos encarregados de educação no caso de alunos com idade inferior a 18 anos.

Em relação à restante comunidade escolar pretendeu-se explicar que o estudo tem como objetivo comparar o conhecimento que professores e funcionários têm sobre as Radiações e o conhecimento que os alunos têm sobre o mesmo tema.

Após a recolha de dados procedeu-se ao seu registo e tratamento utilizando para tal o programa de estatística SPSS.

É de referir que os questionários foram submetidos e autorizados pela Direção-Geral da Educação (DGE) do Ministério da Educação e Ciência - Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar, através do endereço: <http://mime.gepe.min-edu.pt>.

6.3 Análise de Resultados

O principal objetivo deste estudo foi investigar o conhecimento que os alunos dos diferentes níveis de ensino da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, possuem sobre o tema Radiação, bem como a restante comunidade escolar.

Participou no estudo uma população de 20 Professores, 18 Assistentes Operacionais, 17 Encarregados de Educação e 214 alunos do nível secundário.

Após a recolha dos dados, procedeu-se ao seu registo e ao tratamento dos mesmos no programa de estatística SPSS.

A tabela 6, indica que no estudo participaram 13 Professores do sexo feminino e 7 do sexo masculino, dos Encarregados de Educação, 10 do sexo feminino e 8 do sexo masculino, dos Assistentes Operacionais, participaram 4 pessoas do sexo masculino e 14 do sexo feminino, em relação aos alunos que participaram no estudo 105 do sexo feminino e 109 do sexo masculino (tabela 7).

Tabela 6 - Tabela com o número de participantes divididos por sexos que fazem parte da comunidade escolar (encarregados de educação, professores e assistentes operacionais).

	Sexo		Total
	Feminino	Masculino	
Encarregado de Educação	10	7	17
Professor(a)	13	7	20
Assistente Operacional	14	4	18
Total	37	18	55

Tabela 7 - Tabela com o número de alunos participantes no estudo divididos por sexo feminino e masculino.

	Sexo		Total
	Feminino	Masculino	
Alunos	105	109	214
Total	105	109	214

A tabela 8, indica o número de alunos que participaram no estudo, 89 alunos do 10ºAno de escolaridade, 51 do 11ºAno de escolaridade e 74 do 12ºAno de escolaridade.

Tabela 8 - Tabela com o número de alunos participantes no estudo divididos pelos vários anos de escolaridade.

	Frequência	Porcentagem	Porcentagem relativa	Porcentagem acumulada
10º Ano	89	41,6	41,6	41,6
11º Ano	51	23,8	23,8	65,4
12º Ano	74	34,6	34,6	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Dos restantes participantes no estudo, o nível de ensino foi diversificado, passando pelo nível básico, secundário e universitário (tabela 9).

Tabela 9 - Tabela com o nível de ensino dos participantes (encarregados de educação, professores a assistentes operacionais) no estudo.

	Nível de Ensino			Total
	Básico	Secundário	Universitário	
Encarregado de Educação	0	10	7	17
Função para com a escola Professor(a)	0	0	20	20
Assistente Operacional	2	15	1	18
Total	2	25	28	55

6.3.1 Primeira parte do estudo

Questão 1

Já ouviu falar em Radão?

De acordo com os dados recolhidos, e pela análise da figura 32, pode-se afirmar que 72,9% dos alunos que participaram no estudo, nunca ouviram falar em Radão, ou seja mais de metade dos participantes desconhece o gás inodoro, incolor e insipido que faz parte do grupo dos gases nobres da Tabela Periódica, cujo símbolo químico é Rn.

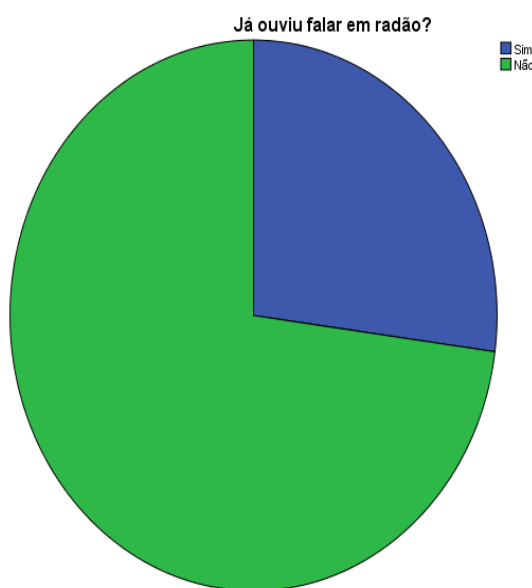


Figura 32 - Gráfico que ilustra a percentagem de alunos participantes no estudo que já ouviram ou não falar em Radão.

Em relação à restante população em estudo, verificou-se através da análise da figura 33, que o grupo dos professores, é aquele em que existe um maior número de participantes que já ouviu falar sobre o gás radão, o contrário ocorreu no grupo dos assistentes operacionais.

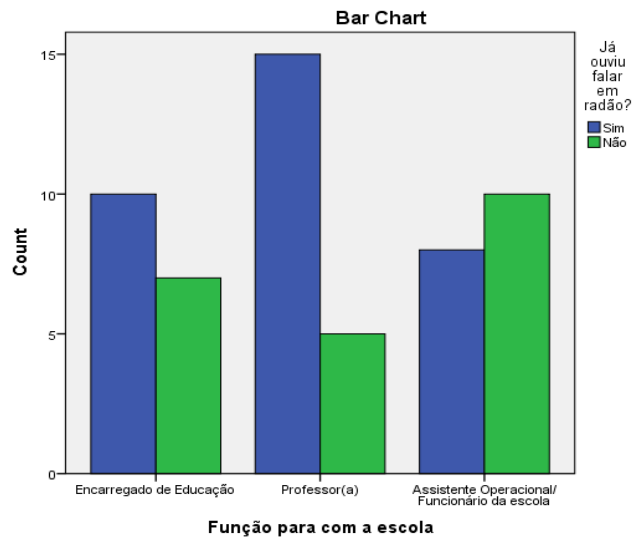


Figura 33 - Gráfico que ilustra a frequência de encarregados de educação, professores e assistentes operacionais participantes no estudo que já ouviram ou não falar em Radão.

Comparando o conhecimento dos alunos sobre o gás Radão com a restante comunidade escolar, verifica-se que o conhecimento dos alunos é bastante baixo, estes apresentam uma percentagem de conhecimento de 27,1%, enquanto a restante comunidade escolar apresenta uma percentagem de 60%, que está ilustrado na figura 34.

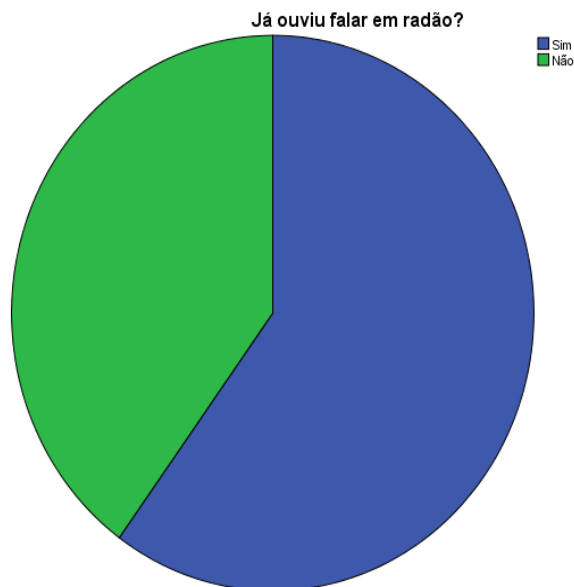


Figura 34 - Gráfico que ilustra a percentagem de encarregados de educação, professores e assistentes operacionais participantes no estudo que já ouviram ou não falar em Radão.

Questão 2

O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?

Fazendo uma comparação entre alunos e a restante comunidade escolar, em relação a que o espectro eletromagnético define um conjunto de radiações, pode-se afirmar que tanto a maioria dos alunos como os restantes, identificaram o espectro eletromagnético como um conjunto de radiações. Esta resposta foi dada por 81,3% dos alunos e 70,9% da restante comunidade escolar. Dos alunos que participaram no estudo, verifica-se através da figura 35 que são os alunos de 10ºano que respondem em maior número que o espectro define um conjunto de radiações. Enquanto a restante comunidade escolar (encarregados de educação e professores) respondem a maior número que o espectro define um conjunto de radiações, os assistentes operacionais, respondem em igual número que o espectro define um conjunto de radiações ou não.

Esta questão poderá ter resultados forjados, pois poderia existir algum participante no estudo que não sabia responder e como não tinha no questionário a opção não sei, colocou o sim ou não. Foi um lapso, feito no questionário, deveria ter sido proposto a opção não sei.

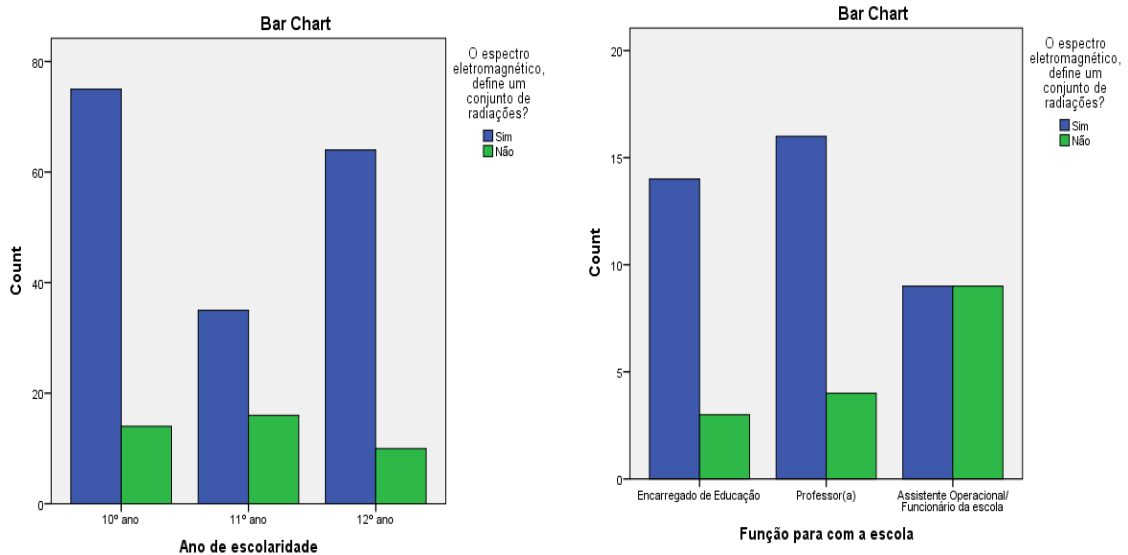


Figura 35 - Gráfico que ilustra a percentagem de toda a comunidade escolar em resposta a que o espectro define um conjunto de radiações.

Questão 3

Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?

Um outro objeto de estudo, foi o conhecimento da comunidade escolar da distinção entre radiação ionizante e não ionizante, pode afirmar, através da análise da tabela 11 que os alunos de 10ºAno de escolaridade são aqueles que em maior número já ouviram falar nestes tipos de radiação, os que menos ouviram falar foram os alunos de 11º Ano de escolaridade. Com o auxílio da tabela 10, verifica-se que na restante comunidade escolar os professores destacam-se neste objeto de estudo, enquanto os assistentes operacionais só 50% já ouviu destes tipos de radiação.

Tabela 10 - Tabela com o número de participantes (encarregados de educação, professores a assistentes operacionais) no estudo que já ouviram falar em radiação ionizante e não ionizante.

		Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	10	7	17
	Professor(a)	13	7	20
	Assistente Operacional	9	9	18
	Total	32	23	55

Tabela 11- Tabela com o número de alunos participantes no estudo que já ouviram falar em radiação ionizante e não ionizante.

		Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º Ano	68	21	89
	11º Ano	30	21	51
	12º Ano	49	25	74
	Total	147	67	214

Questão 4

Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?

Do conhecimento que a comunidade escolar possui sobre as radiações prejudiciais ao ser humano, 91,6% dos alunos admitem que nem todos os tipos de radiação são prejudiciais, enquanto a restante comunidade escolar 80% admite que nem todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano, isto poderá ser devido ao facto de os alunos estarem mais virados para as novas tecnologias e possuírem mais informação sobre as radiações emitidas pelos aparelhos, por exemplo.

De toda a comunidade escolar os que menos admitiram que todas as radiações são prejudiciais ao ser humano foram os alunos de 11ºAno de escolaridade e os encarregados de educação, ilustrado na figura 36.

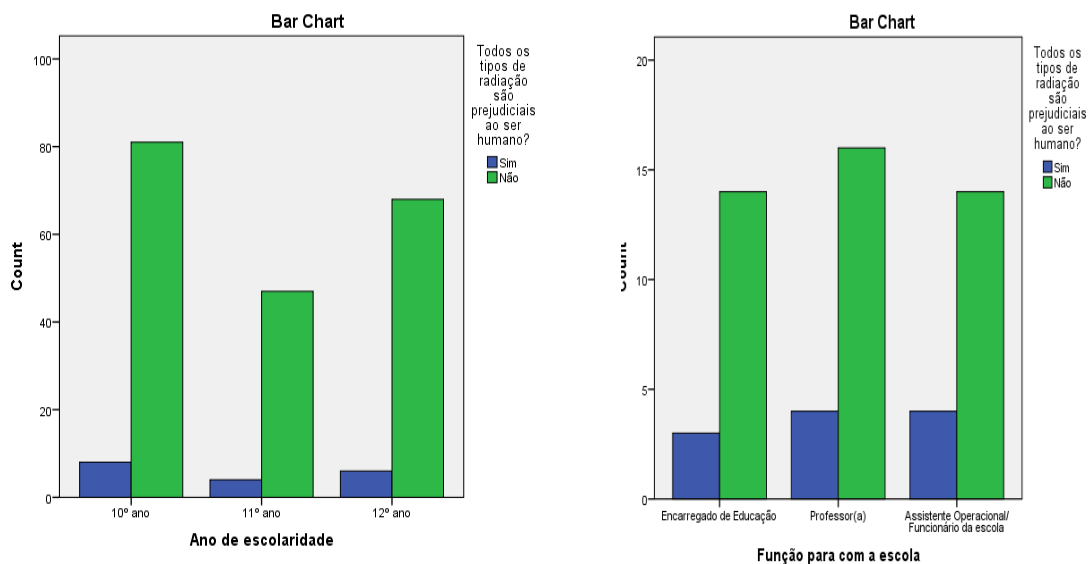


Figura 36 - Gráfico que ilustra a frequência de toda a comunidade escolar em resposta a que todas as radiações são prejudiciais ao ser humano.

Questão 5

A radioatividade é uma forma de energia nuclear?

De acordo com os dados recolhidos, pode-se afirmar que 71,5% dos alunos admitem que a radioatividade é uma forma de energia nuclear, enquanto a restante comunidade escolar apenas 58,2% o admite, sendo o grupo dos encarregados de educação que o faz com maior incidência, isto poderá dever-se ao facto de alguns dos encarregados de educação poderem estar ligados à medicina, visto que a radioatividade é uma forma de energia nuclear usada na medicina, ilustrado na figura 37.

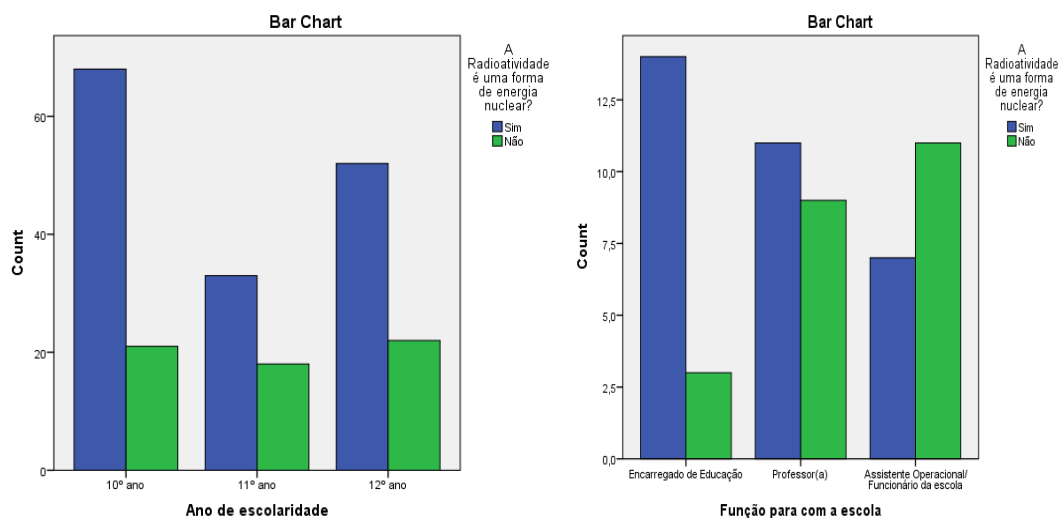


Figura 37 - Gráfico que ilustra a frequência de toda a comunidade escolar em resposta a que a radioatividade é uma forma de energia nuclear.

Questão 6

Dos seguintes tipos de radiações, indica as que conheces:

Pela análise dos gráficos 38 e 39, verificou-se que comunidade escolar conhece vários tipos de radiação, a mais conhecida são os Raios X, onde apenas 4 dos participantes no estudo não conhecem este tipo de radiação, 3 alunos do 10ºAno de escolaridade e um encarregado de educação.

Seguida da radiação Ultravioleta, em que 9 dos participantes não conhece, 4 alunos do 10ºAno, um do 11º Ano e outro do 12ºAno de escolaridade. Da restante comunidade escolar apenas um dos encarregados de educação não conhece este tipo de radiação e 2 assistentes operacionais.

Logo a seguir à radiação Ultravioleta, a comunidade escolar conhece a radiação infravermelho, onde 35 participantes não conhecem este tipo de radiação, num total de 28 alunos tendo um maior número de desconhecimento os alunos do 12ºAno, com 12 participantes que desconhecem, seguido do 11ºAno com 9 e por último o 10ºAno com 7 alunos. A restante comunidade escolar, apenas desconhecem este tipo de radiação 7 participantes, dos quais 2 encarregados de educação, 1 professor e 4 assistentes operacionais. As ondas de rádio também são conhecidas pelos participantes no estudo, havendo um total de 39 participantes que desconhecem este tipo de radiação, o maior desconhecimento é por parte dos alunos em que existem 29 alunos com desconhecimento, dos quais 11 são do 12ºAno de escolaridade, 9 do 10ºAno e os outros 9 dos 11ºAno de escolaridade. A restante comunidade escolar dos professores participantes no estudo 4 desconhece este tipo de radiação, enquanto 3 encarregados de educação e 3 assistentes operacionais desconhecem a radiação ondas de rádio.

As radiações menos conhecidas pela comunidade escolar são a radiação Gama e Visível. Sendo que na radiação visível 74 dos participantes no estudo não conhecem esta radiação e 79 dos participantes também não conhecem a radiação gama. Nos dois tipos de radiação, verifica-se que os alunos são os que apresentam maior desconhecimento, incidindo mais nos alunos de 11º Ano e 12ºAno de escolaridade, isto poderá explicar-se devido ao facto do espectro eletromagnético faz parte do programa de 10ºAno de escolaridade da disciplina de Física e Química, porém alguns dos participantes no estudo mesmo de 10ºAno, não tiveram a disciplina.

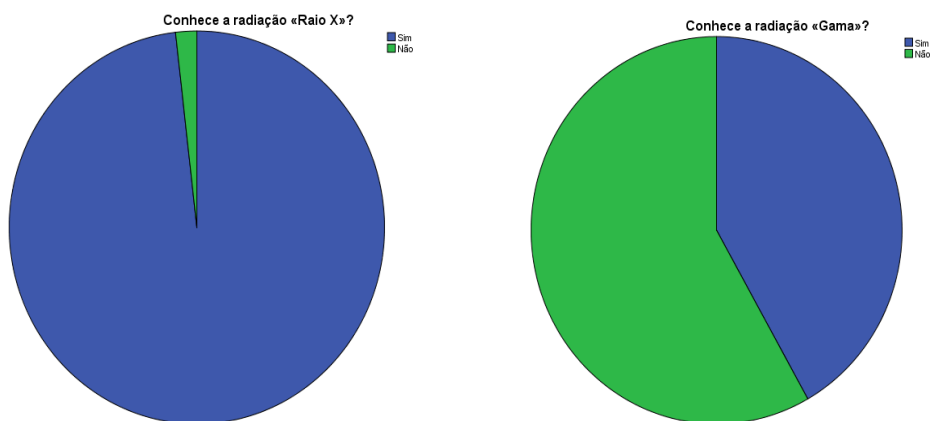


Figura 38 - Gráfico que ilustra a percentagem da radiação que a comunidade escolar (encarregados de educação, professores e assistentes operacionais) mais conhece e a que menos conhece.

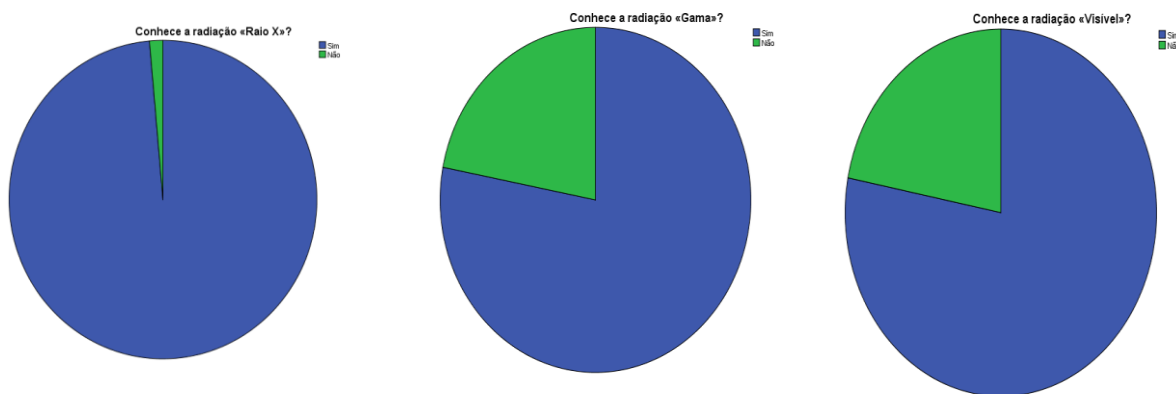


Figura 39 - Gráfico que ilustra a percentagem da radiação que os alunos mais conhecem e a que menos conhece.

Questão 7

Sabe qual a diferença entre radioatividade artificial e natural?

De acordo com os resultados e com a análise dos gráficos representados na figura 40, verificou-se que a comunidade escolar, não possui muito conhecimento sobre a diferença entre os dois tipos de radioatividade.

Através da visualização da figura 40, pode-se afirmar que os professores participantes no estudo possuem algum conhecimento, pois dos 20 participantes, apenas 7 revelaram não saber a diferença entre os dois tipos de radioatividade. Dos 17 encarregados de educação que participaram no estudo 9 revelaram não saber a diferença entre os dois tipos de radioatividade, em relação aos 18 assistentes operacionais, 11 revelaram não saber a diferença entre os dois tipos de radioatividade.

Dos alunos participantes mais de metade revelou não saber a diferença entre os dois tipos de radioatividade, os alunos do 10ºAno de escolaridade são aqueles que em maior número sabe a diferença, pois participaram no estudo 89 alunos e 40 destes sabe a diferença e os restantes 49 revelaram não saber a diferença entre radioatividade artificial e natural. Os 51 alunos do 11ºAno de escolaridade, 36 não sabem a diferença, enquanto dos 74 alunos do 12ºAno de escolaridade, 48 assumiu não saber a diferença entre a radioatividade que ocorre espontaneamente na natureza em determinados elementos e a radioatividade que está ligada ao bombardeamento de átomos através de partículas que vão transformar esses átomos bombardeados em átomos de novos elementos, este processo será realizado em laboratório.

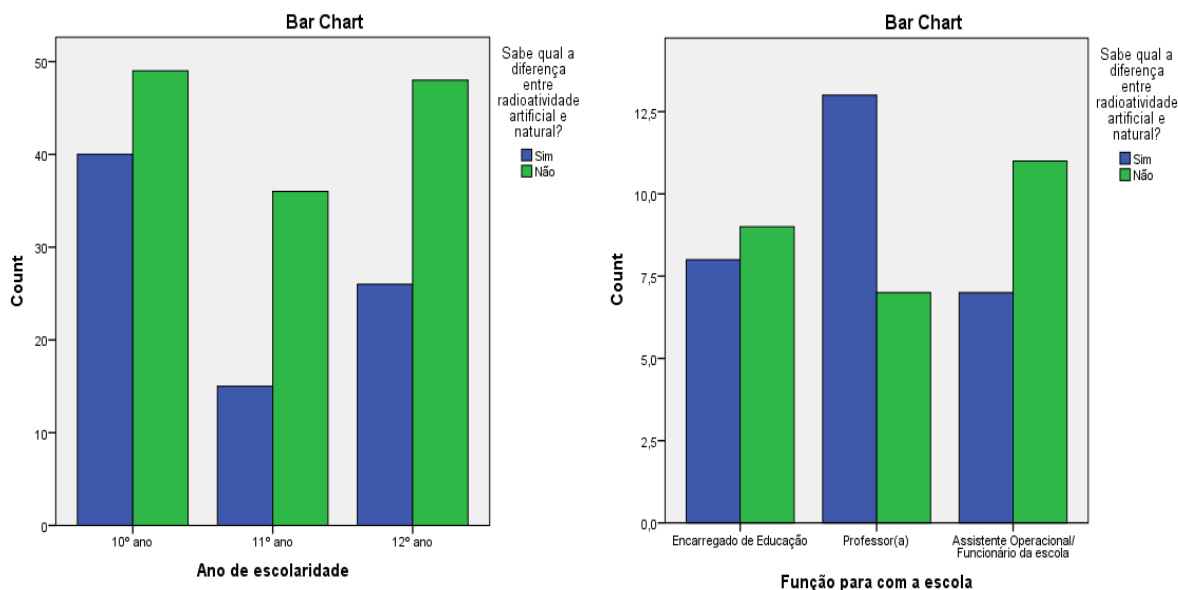


Figura 40 - Gráfico que ilustra a frequência de respostas da comunidade escolar em relação à diferença entre radioatividade artificial e natural.

Questão 8

Concorda com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia?

A comunidade escolar revelou não concordar com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia, isto pode dever a dois fatores, um desconhecimento do tema, outro poderá ser devido ao risco de acidentes nucleares e problemas ambientais que podem surgir. Através da observação da figura 41 é visível uma grande discordância é nos alunos de 10ºAno de escolaridade, pois dos 89 que participaram no estudo 59 não concordam com a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia, nos restantes as opiniões estão muito próximas, no caso do 12ºAno de escolaridade, as opiniões estão mesmo iguais com 37 contra e 37 a favor. No caso dos alunos de 11ºAno de escolaridade divergem apenas numa resposta, dos 51 alunos participantes no estudo 25 revelaram-se a favor e 26 alunos contra a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia.

A restante comunidade escolar, também se mostrou contra a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia, dos 20 professores participantes no estudo, 14 revelaram discordar com a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia, apenas 6 concordam com esta temática. Dos 17 encarregados de educação participantes, 10 a discordam e 7 concordam com a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia. Por fim dos 18 assistentes operacionais, 8 revelaram concordar com a temática, enquanto os outros 10 não concordam.

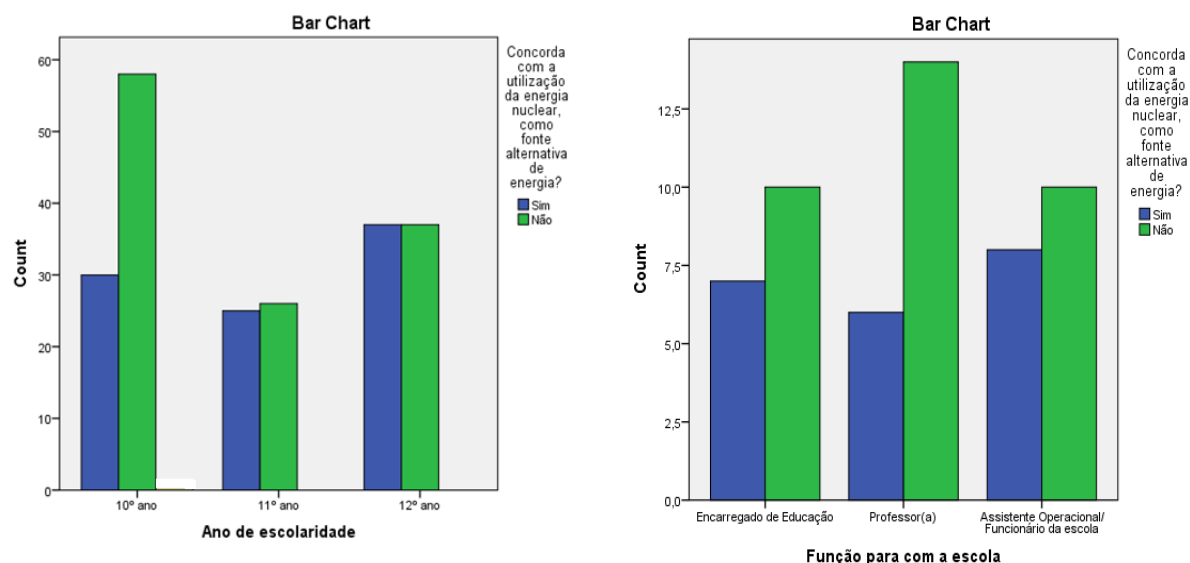


Figura 41 - Gráfico que ilustra a opinião de toda a comunidade escolar, sobre a utilização de energia nuclear, como fonte alternativa de energia.

Questão 9

As radiações gama chegam à terra?

Já tinha sido objeto de estudo o conhecimento da comunidade escolar em relação às radiações gama, verificou-se que este tipo de radiação era uma das menos conhecidas, foi-se estudar se a comunidade escolar sabia se este tipo de radiação chega ou não à terra. Sendo uma das radiações menos conhecidas, é normal que este resultado esteja forjado, visto a maior parte da comunidade, logo não deverá saber se as radiações gama chegam ou não à terra, por isso deveria existir no questionário a opção não sei, como não existia esta opção os participantes tiveram que responder sim ou não, foi um lapso, do questionário.

Pela análise da figura 42, verifica-se que os encarregados de educação foram os que mais responderam que estas radiações não chegam à terra, mas os resultados estão contraditórios, porque 9 revelaram não conhecer a radiação gama e 12 referiram que este tipo de radiação não chega à terra, se não conhecem provavelmente não sabem nada sobre a radiação o que os impede de dar uma resposta credível.

Os professores revelaram ser conhecedores deste tipo de radiação, mas demonstraram pouco conhecimento sobre ela, porque 12 identificaram a radiação como conhecida, mas depois 12 referiram que este tipo de radiação chega à terra, o que se pode afirmar que os professores não conhecem bem este tipo de radiação, pois os raios gama são produzidos no espaço, mas

não chegam à superfície terrestre, são absorvidos pela parte mais alta da atmosfera. Daí se referir que estes resultados não são muito credíveis.

Em relação aos assistentes operacionais, os resultados também são contraditórios, pois apenas 3 conhecem a radiação gama e 8 referem que este tipo de radiação não chega à terra, o que significa que só 3 é que poderia saber algo sobre a radiação gama, todas as outras opiniões poderão ser devidas ao facto de não existir a opção não sei no questionário.

Os alunos revelaram possuir algum conhecimento sobre este tipo de radiação, pois a maior parte deles respondeu que este tipo de radiação não chega à terra.

Os alunos de 10ºAno de escolaridade demonstraram ter conhecimento sobre as radiações gama, pois 75 revelaram conhecer este tipo de radiação e 70 responderam que a radiação gama não chegam à terra, o que são resultados aceitáveis.

Dos 51 alunos de 11ºAno de escolaridade participantes no estudo, também se pode afirmar que possuem algum conhecimento sobre as radiações gama, isto porque 30 dos participantes responderam que não chegam à terra enquanto 34 tinham revelado conhecer este tipo de radiação.

Por fim os alunos de 12ºAno também revelaram ter conhecimento sobre as radiações gama, isto porque dos 74 participantes, 55 revelaram conhecer este tipo de radiação e 50 referem que esta não chega à terra.

Comparando o nível de conhecimento sobre as radiações gama, pode afirmar-se que os alunos possuem um maior conhecimento sobre este tipo de radiação do que a restante comunidade escolar.

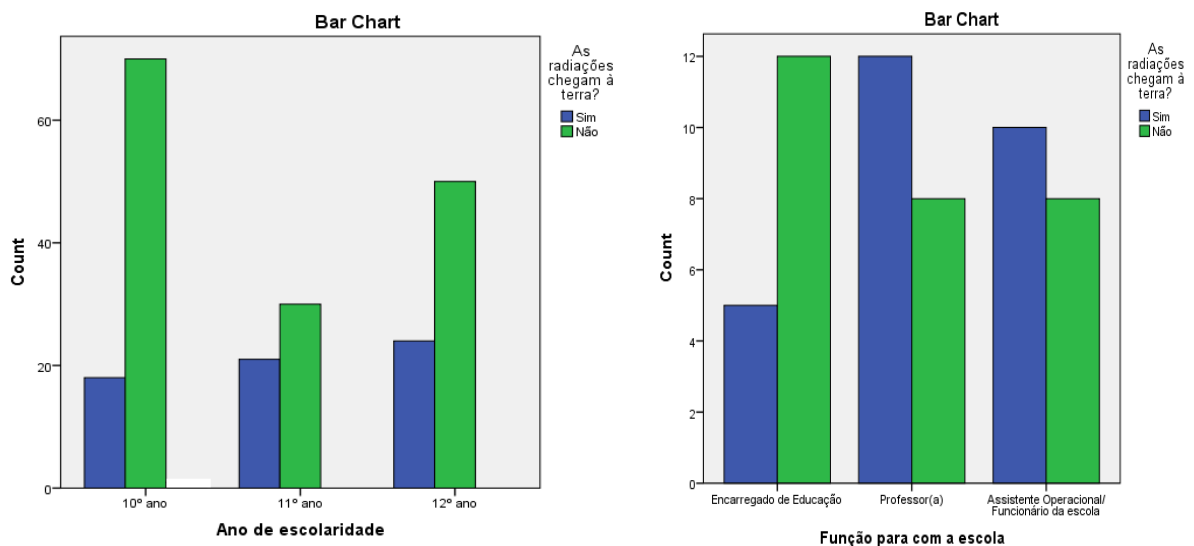


Figura 42 - Gráfico de frequência da comunidade escolar, em relação à questão se as radiações gama chegam à terra.

Questão 10

Diariamente, utilizamos aparelhos que emitem radiações, como por exemplo, o telemóvel, o computador e a televisão.

Normalmente, utiliza esses aparelhos durante muito tempo ao longo do dia?

Pode-se afirmar que maioritariamente toda a comunidade escolar utiliza diariamente durante muito tempo aparelhos que emitem radiações, por exemplo, telemóvel, computador, televisão, entre outros. Dos 214 alunos participantes, apenas 24 revelaram não utilizar estes aparelhos muito tempo ao longo do dia, os 55 participantes da restante comunidade escolar, 14 revelaram não utilizar durante muito tempo os aparelhos que emitem radiações.

Recorrendo à figura 43, pode-se comparar que tanto os alunos como a restante comunidade escolar utilizam estes aparelhos. Dos alunos participantes no estudo 88,8% utilizam muito tempo aparelhos que emitem radiações, enquanto 74,5% da restante comunidade escolar é que utiliza durante muito tempo estes aparelhos.

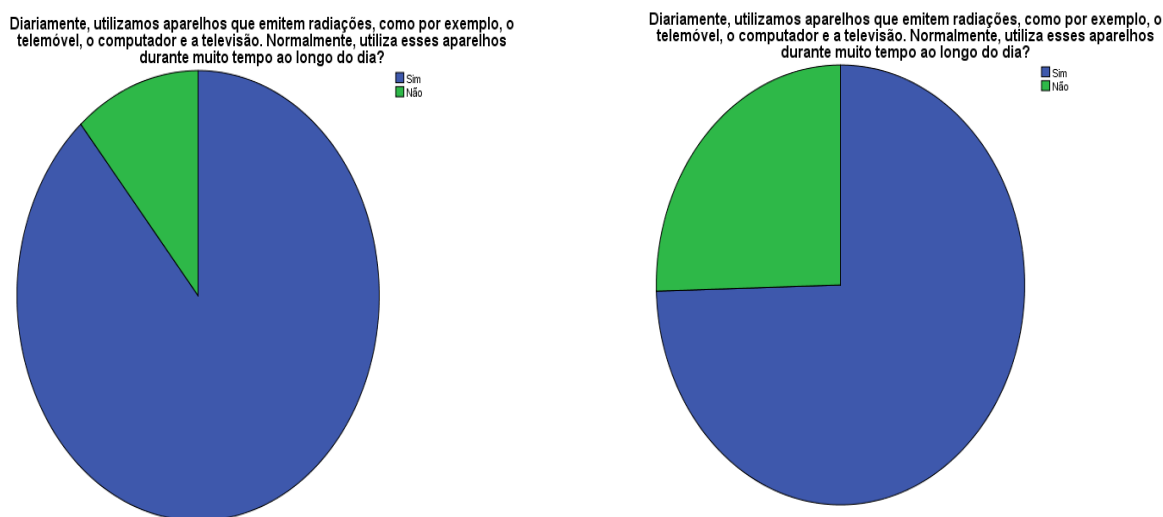


Figura 43 - Gráfico que traduz a percentagem da comunidade escolar, em relação ao uso de aparelhos que emitem radiações.

6.3.2 Segunda parte do estudo

Questão 1

Todas as radiações são iguais.

De acordo com os dados recolhidos e da análise da figura 44, pode-se afirmar que a comunidade escolar tem consciência que as radiações não são todas iguais, dos 55 participantes (encarregados de educação, professores e assistente operacional) no estudo, apenas 2 encarregados de educação e 2 assistentes operacionais, concordaram com que as radiações são todas iguais. Isto pode ter sido uma má interpretação da pergunta ou então falta de conhecimento, pois cada radiação é diferente, umas mais prejudiciais à saúde humana do que outras, sendo assim não as podemos caracterizar como iguais.

Em relação aos 214 alunos participantes no estudo estes revelaram um pouco menos conhecimento do que a restante comunidade escolar, 6 alunos responderam que não discordavam nem concordavam, o que se pode interpretar ausência de conhecimento, enquanto 16 alunos referiram que concordavam que as radiações são todas iguais. Aqui, poderá caracterizar-se como ausência de conhecimento ou má interpretação da pergunta. Os alunos de 10ºAno de escolaridade continuam a revelar maior conhecimento sobre radiações.

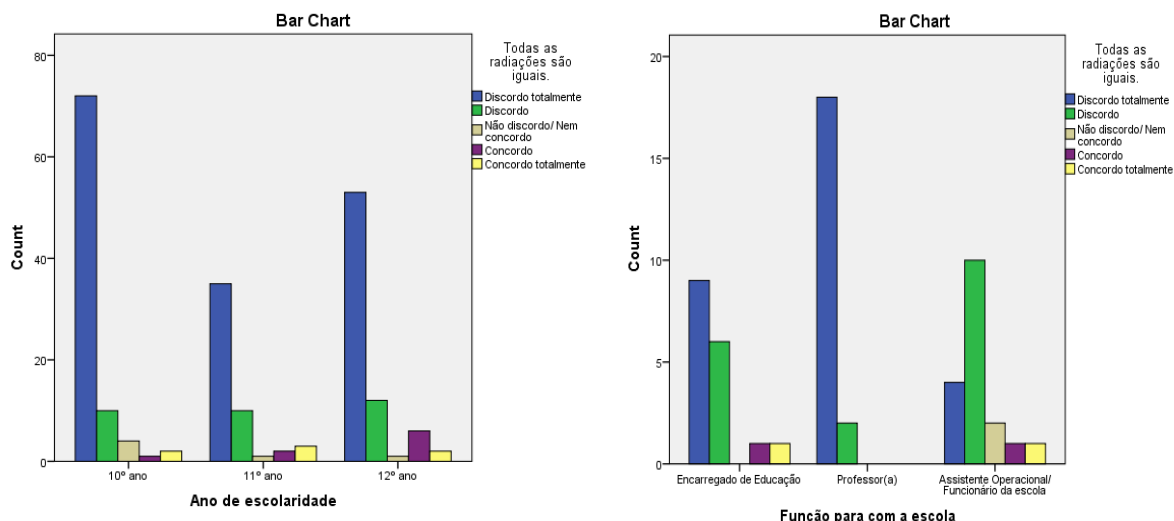


Figura 44 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, se todas as radiações são iguais.

Questão 2

As radiações podem ser prejudiciais para o ser humano, embora algumas sejam úteis.

A comunidade escolar tem consciência de que as radiações nem sempre são prejudiciais ao ser humano, por vezes podem ser úteis. As radiações dependem da quantidade de energia, para se caracterizarem como radiação ionizante ou não ionizante, ou seja prejudiciais e úteis. As radiações não ionizantes apresentam valores de energia baixos e estão presentes no nosso dia-a-dia, por exemplo, televisão, micro ondas, telefone sem fios, rádio, entre outros. As radiações ionizantes são aquelas que apresentam valores elevados de energia, ou seja são as prejudiciais ao ser humano.

A partir da análise da figura 45, pode-se admitir que a comunidade escolar tem noção de que algumas radiações são úteis ao ser humano, visto que a grande maioria dos participantes no estudo concordou com que as radiações podem ser prejudiciais ao ser humano, embora algumas sejam úteis. Dos 214 alunos participantes no estudo, 19 nem discordaram nem concordaram, o que se pode admitir como ausência de conhecimento, apenas 8 discordaram, o que pode ser devido a falta de conhecimento ou até má interpretação da afirmação. A restante comunidade escolar, também revelou conhecimento sobre as radiações, dos 55 participantes no estudo 3 revelaram não concordar nem discordar, o que significa que desconhecem o tema e 3 discordaram, o que se pode referenciar como um facto para a obtenção desta opinião, poderá ser falta de conhecimento ou má interpretação da afirmação.

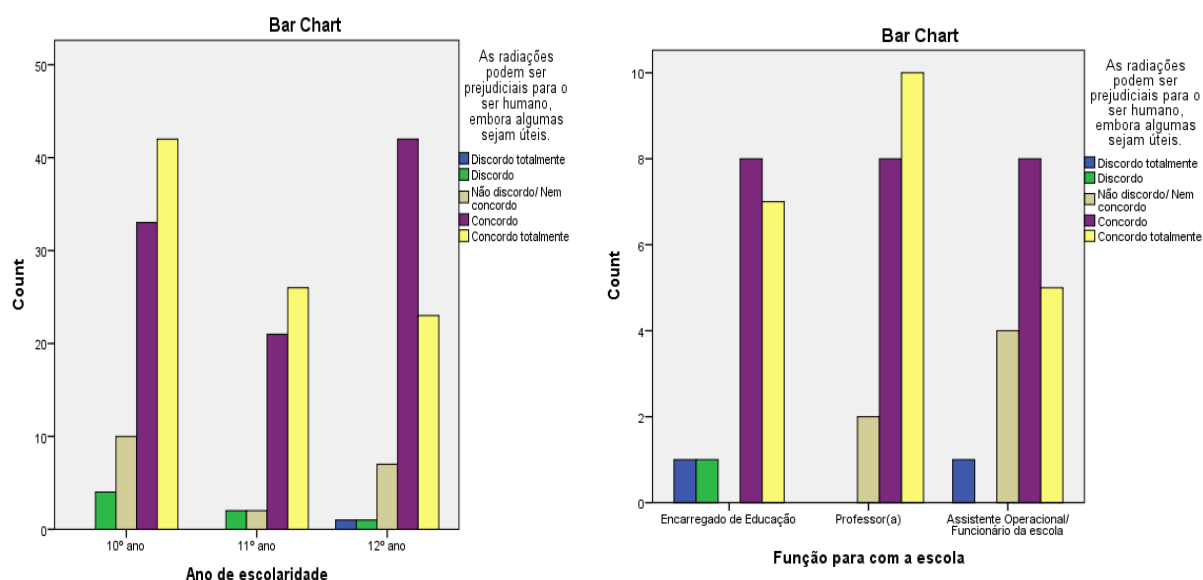


Figura 45 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, para analisar o nível de conhecimento sobre as radiações prejudiciais ao ser humano.

Questão 3

Atualmente o Homem, vive exposto a diversos tipos de radiação.

Relativo aos diversos tipos de radiação a comunidade escolar também possui conhecimento de que o Homem está diariamente exposto a diversos tipos de radiação. Em relação aos alunos pode-se afirmar que conseguem identificar que o Homem vive exposto a diversos tipos de radiação, dos 214 participantes no estudo, 8 discordam e 11 não têm opinião. A restante comunidade escolar também revela algum conhecimento sobre o tema, dos 55 participantes 3 discordam e outros 3 não têm opinião, como se pode observar na figura 46. O que terão falta de conhecimento sobre o tema ou fizeram uma má interpretação da afirmação.

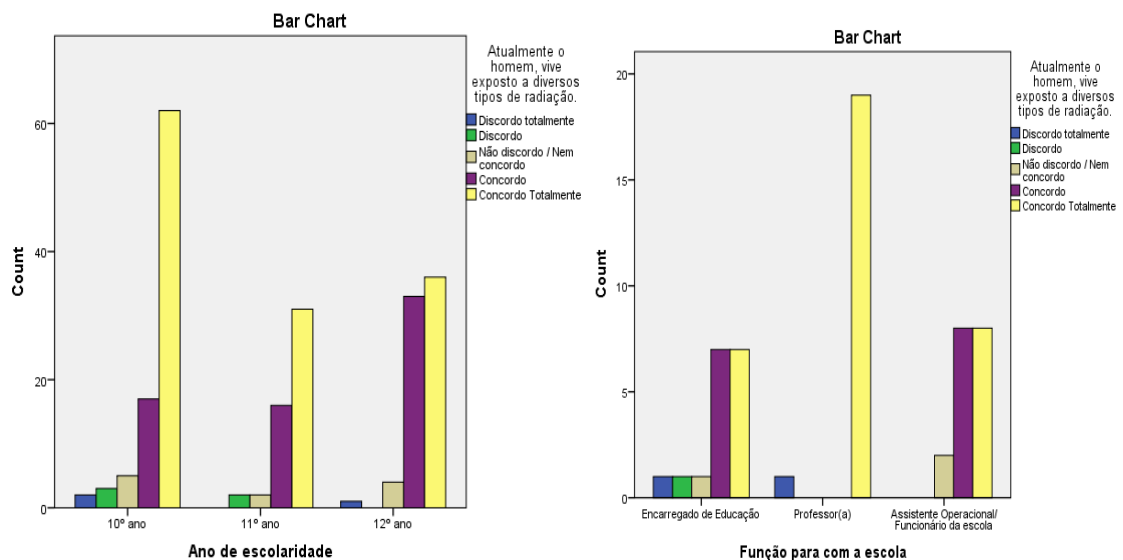


Figura 46 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para analisar o nível de conhecimento sobre os diversos tipos de radiação que o Homem está exposto.

Questão 4

As radiações são utilizadas na medicina só para tratamentos.

A medicina é uma das áreas que utiliza radiações, essas radiações podem ser utilizadas em tratamentos, mas também para fazer diagnósticos aos doentes, tais como a realização de Raio X, ressonância magnética, tc, entre outros. De acordo com a análise da figura 47, a comunidade escolar, revelou possuir algum conhecimento de que a medicina não utiliza só as radiações para tratamentos. Se compararmos estes resultados com os anteriores, pode-se afirmar que a comunidade escolar apresenta um menor conhecimento sobre as radiações utilizadas na medicina. Dos 214 alunos participantes no estudo 104 revelaram não ter conhecimento sobre o assunto, 21 participantes que correspondem à restante comunidade escolar também revelaram ausência de conhecimento sobre as radiações utilizadas na medicina, em que se verifica mais nos encarregados de educação e assistentes operacionais.

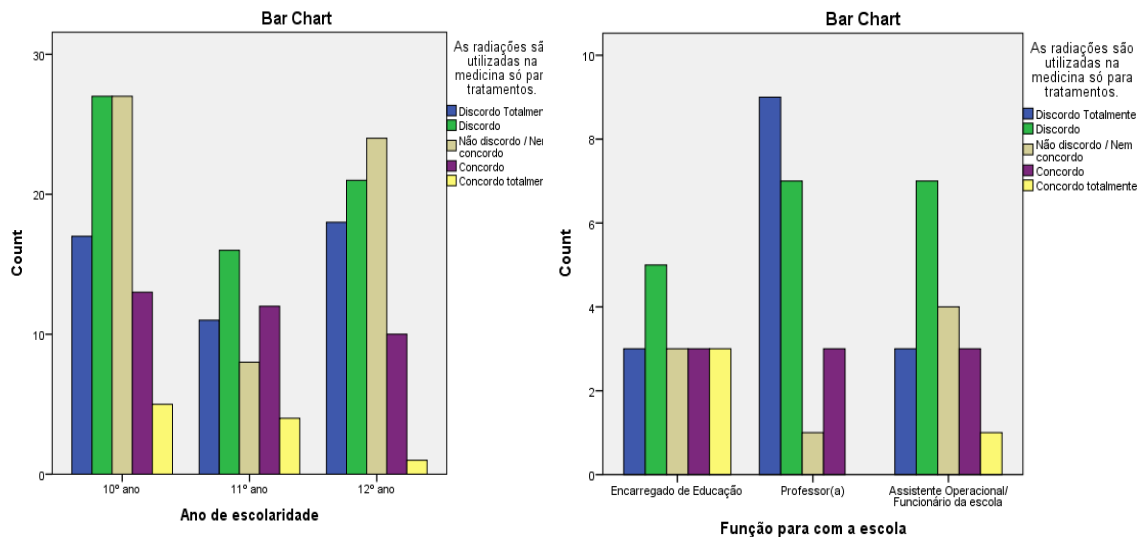


Figura 47 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para analisar o nível de conhecimento sobre as radiações utilizadas na medicina.

Questão 5

As radiações utilizadas na medicina não oferecem riscos.

A população revelou que em relação aos riscos que apresentam as radiações usadas na medicina. De acordo com os dados recolhidos e posteriormente analisados, através da figura 48, pode-se afirmar que a comunidade escolar possui algum conhecimento dos riscos das radiações utilizadas na medicina. Dos alunos que participaram no estudo 167 discordam com a afirmação de que as radiações utilizadas na medicina não oferecem riscos e 43 dos restantes

participantes da comunidade escolar também discordaram com a afirmação. O que se pode afirmar que mais de metade dos participantes no estudo possui conhecimento sobre as radiações utilizadas na medicina.

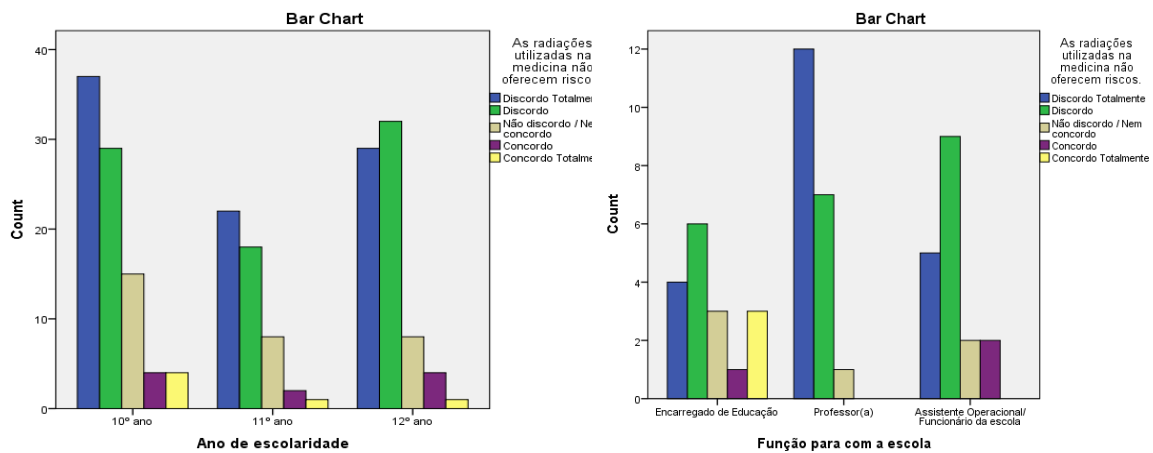


Figura 48 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para analisar o nível de conhecimento sobre os riscos das radiações utilizadas na medicina.

Questão 6

As radiações além de serem utilizadas na medicina, também podem ser utilizadas na indústria e na produção de energia.

Além das radiações utilizadas na medicina, também podem ser utilizadas na indústria e na produção de energia, estudou-se qual o conhecimento que a comunidade escolar possui sobre a utilização de radiações na indústria e na produção de energia. Através da visualização da figura 49, conclui-se que a população em estudo revelou ter conhecimento que a radiação pode ser aplicada na indústria e na produção de energia. Isto porque dos 214 alunos participantes no estudo 16 discordaram com a afirmação de que as radiações além de serem utilizadas na medicina, também podem ser utilizadas na indústria e na produção de energia, esta opinião pode revelar ausência de qualquer conhecimento ou uma má interpretação da afirmação, 34 alunos revelaram não possuir qualquer conhecimento, visto que não concordam nem discordam com a afirmação. A restante comunidade escolar demonstrou algum conhecimento sobre o tema, porque apenas 5 dos participantes discordaram com a afirmação, enquanto 9 não concordaram nem discordaram o que poderá considerar-se falta de conhecimento.

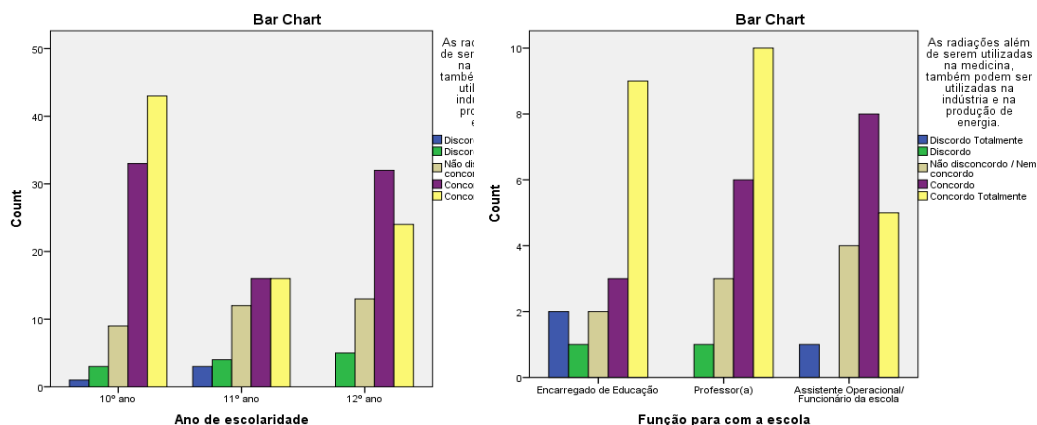


Figura 49 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar para perceber se estes possuem o conhecimento de que as radiações podem ser utilizadas na indústria.

Questão 7

A exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato.

De acordo com os dados recolhidos e visualização gráfica da figura 50, verificou-se que a comunidade escolar possui algum conhecimento sobre este facto. Em relação aos alunos verificou-se que mais de metade dos participantes no estudo revelaram ter noção de que a exposição às radiações pode não provocar um efeito imediato. Dos alunos dos vários anos de escolaridade em estudo, os alunos do 10ºAno e 11ºAno de escolaridade foram aqueles que revelaram não ter tanta noção sobre o assunto, pois metade dos participantes discordou ou nem deu a sua opinião sobre a exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato. O que revelam desconhecimento sobre o tema, enquanto os de 12ºAno de escolaridade mais de metade dos participantes concordou que a exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato. A restante comunidade escolar mais de metade dos participantes no estudo concordaram que a exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato. Os encarregados de educação foram aqueles que revelaram ter menos conhecimento sobre o tema, pois verificou-se um maior número de participantes a discordarem ou a não discordarem nem concordarem com a exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato. Isto poderá demonstrar falta de conhecimento ou até mesmo dificuldades na interpretação da afirmação.

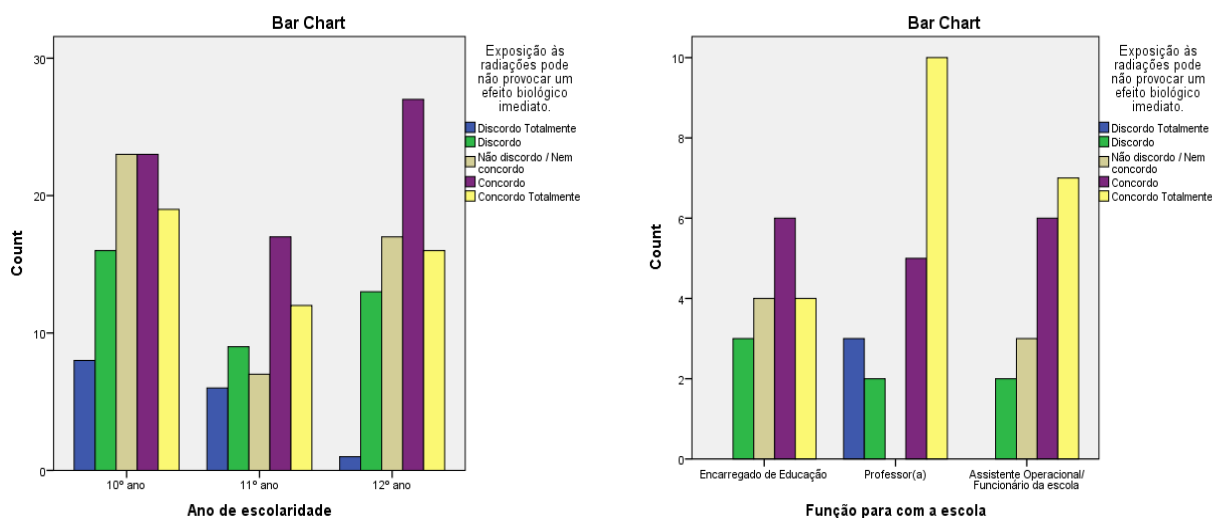


Figura 50 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar sobre a exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato.

Questão 8

A quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro.

As radiações utilizadas na medicina são diferentes, umas são mais prejudiciais do que outras, as utilizadas nos tratamentos de cancro têm como princípio básico maximizar o dano no tumor e minimizar o dano nos tecidos vizinhos normais, o que se consegue pela irradiação do tumor em várias direções. Quanto mais profundo for o tumor, mais energética deve ser a radiação utilizada. As radiações utilizadas numa radiografia consistem na utilização de um feixe de raios X para se obter imagens do interior do corpo em uma chapa fotográfica ou numa tela de TV.

De acordo com os resultados obtidos e da análise da figura 51, pode-se afirmar que a comunidade escolar possui alguma informação sobre se a quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento a um tumor cancerígeno. Porém, dos alunos participantes no estudo, foram os de 10ºAno e 12ºAno de escolaridade que revelaram menos conhecimento sobre estes tipos de radiação, pois obtiveram-se cerca de 43% de respostas de total desconhecimento do tema, os alunos participantes no estudo de 11ºAno de escolaridade revelaram possuir um pouco mais de conhecimento sobre o tema, destes cerca de 33 % é que revelaram desconhecimento sobre a quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro. Da restante comunidade escolar, pode-se afirmar que possuem algum conhecimento se a quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro, visto que apenas 15% dos

professores que participaram no estudo revelaram desconhecimento, enquanto os assistentes operacionais cerca de 28% também revelaram desconhecimento. Foi no estudo aos encarregados de educação que se verificou um pouco mais de desconhecimento, estes apresentaram cerca de 35% de desconhecimento.

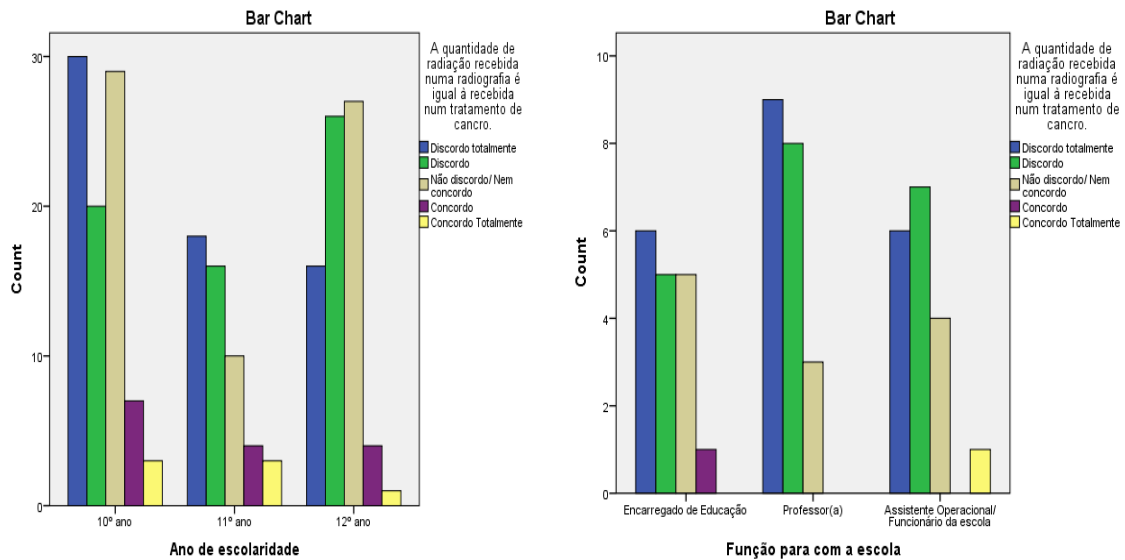


Figura 51 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, se a quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro.

Questão 9

A radiação ultravioleta é a proveniente do espaço e a radiação cósmica é proveniente do sol.

Atualmente ouve-se falar nos meios de comunicação em radiação ultravioleta, estudou-se qual o nível de conhecimento que a comunidade escolar possui sobre este tipo de radiação. As radiações ultravioletas são provenientes do sol e chegam à superfície da terra, estas são responsáveis pelo bronzeado da pele. O sol emite vários tipos de radiação sob a forma de ondas eletromagnéticas. As que chegam ao nosso planeta, muitas vezes são prejudiciais ao ser humano, mas muitas delas felizmente são absorvidas pelas camadas superiores da atmosfera, como a camada do ozono.

Em função dos dados recolhidos, pode-se afirmar que a comunidade escolar não possui muito conhecimento sobre este tipo de radiação, pois de acordo com os resultados, pode-se afirmar que os alunos da escola, não conhecem muito bem a origem destas radiações. Através da análise da figura 52, verifica-se que alunos do 11ºAno de escolaridade foram os que revelaram menor conhecimento, dos 51 participantes no estudo 30 revelaram falta de conhecimento,

pois 23 não souberam responder e 7 responderam mal. Seguidos os alunos do 10ºAno de escolaridade, onde 24 dos alunos participantes não souberam responder e 10 responderam mal, os que revelaram um maior conhecimento sobre as radiações ultravioleta foram os alunos de 12ºAno de escolaridade, dos 74 participantes no estudo 29 revelaram ausência de conhecimento. A restante comunidade escolar, revelou possuir algum conhecimento, mas é nos assistentes operacionais que se verifica um menor conhecimento sobre o tema, isto porque dos 18 participantes no estudo 15 revelaram não possuir qualquer conhecimento sobre a proveniência das radiações ultravioleta. Os professores também revelaram alguma falta de conhecimento sobre o tema, dos 20 participantes no estudo 9 não souberam qual a proveniência dessas radiações. Os encarregados de educação revelaram possuir algum conhecimento sobre essas radiações, dos 17 participantes, apenas 4 revelaram ausência de conhecimento.

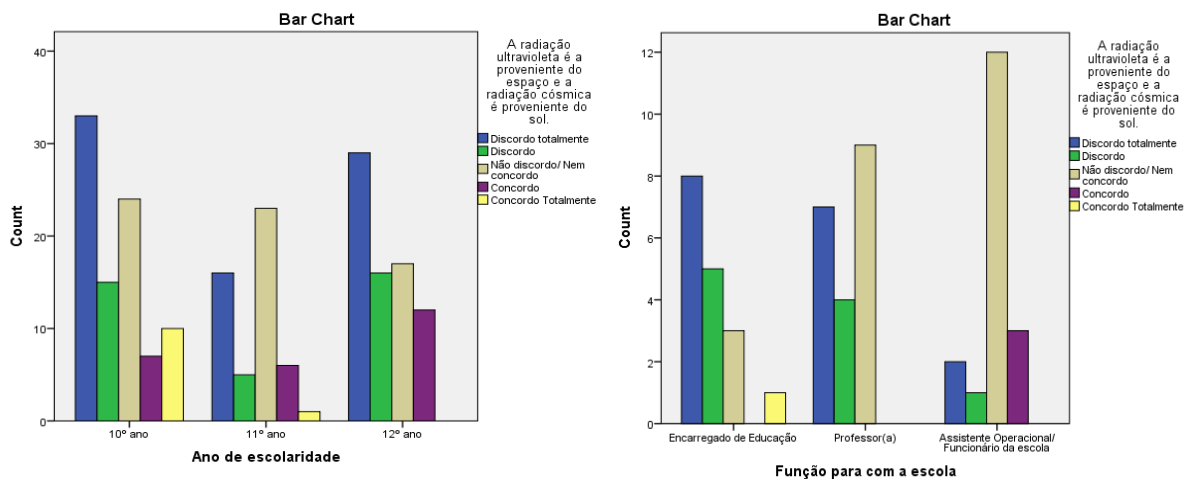


Figura 52 - Gráfico que traduz as respostas dadas pela comunidade escolar, se a radiação ultravioleta é a proveniente do espaço e a radiação cósmica proveniente do sol.

Questão 10

Existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação.

Para finalizar o estudo, analisou-se se a comunidade escolar tem noção de que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação. Com aplicação do questionário e posterior tratamento dos dados, pode-se afirmar que a grande maioria dos participantes têm noção de que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação. Dos alunos participantes no estudo, verifica-se através da análise da figura 53 que apenas 9,8% revelaram não possuir esse conhecimento, enquanto a restante comunidade escolar, apenas 7,3% revelaram não possuir a noção de que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação, valores que podem ser observados na figura 54.

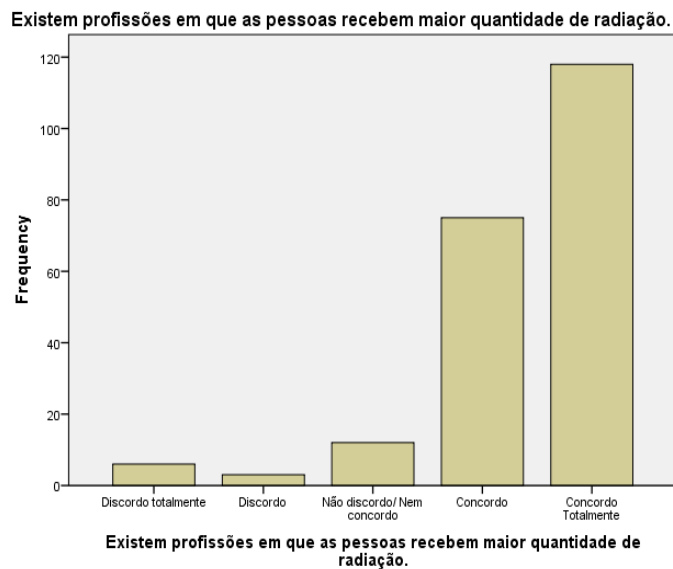


Figura 53 - Gráfico que traduz a frequência de respostas dos alunos a que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação.



Figura 54 - Gráfico que traduz a frequência de respostas da comunidade escolar (encarregados de educação, professor e assistente operacionais) a que existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação.

Conclusão

Após a realização deste trabalho, posso afirmar que os três objetivos traçados foram alcançados com sucesso.

Em relação ao primeiro objetivo traçado, foram identificadas no interior da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, zonas de incidência de concentração de radão. Esse estudo foi realizado com detetores CR-39, colocados em três locais distintos da Escola (Bloco A, Bloco B e Edifício CTE). Os três locais escolhidos foram espaços fechados pouco ventilados, onde se verificou que os valores obtidos, ultrapassam ligeiramente, os valores estipulados por lei para as escolas. As escolas são abrangidas pelo Decreto - Lei 79/2006, que regulamenta que as concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes abrangidos são 400Bq/m^3 . Os valores obtidos na ESQP, foram de $554,99\text{ Bq/m}^3$ no bloco A, $690,27\text{ Bq/m}^3$ no bloco B e de $521,46\text{ Bq/m}^3$ no edifício do CTE, aceitáveis para a localização da escola, região onde existe uma grande concentração de radão.

O segundo objetivo traçado foi a repetição da experiência de Henri Becquerel, utilizando rochas radioativas. Esta experiência tinha como meta, o enegrecimento do filme radiocrómico para se concluir se a rocha era radioativa. A rocha utilizada tinha pouco radioatividade, pois não houve um grande enegrecimento do filme, mas através da análise, pode-se concluir que houve uma ligeira alteração da pigmentação produzida pela radiação emitida. De acordo com os valores obtidos para a variável Q, conclui-se que ocorreu enegrecimento do filme radiocrómico, porque os valores estão sempre a aumentar e estão dentro dos parâmetros estipulados para esta variável (0 e 255).

O terceiro objetivo deste trabalho passou pela realização de um estudo a fim de avaliar o grau de conhecimento que a comunidade escolar possui em relação ao tema da Radiação. Este conhecimento foi analisado através de um questionário que foi passado aos alunos do nível secundário, professores, encarregados de educação e assistentes operacionais. Os dados depois de recolhidos foram registados e analisados no programa de estatística SPSS. A população em estudo foi constituída por 214 alunos, 20 professores, 18 assistentes operacionais e 17 encarregados de educação num total de 269 participantes.

Através do estudo efetuado no capítulo 6 verificou-se que a maioria dos alunos já ouviu falar em radiações, mas no entanto não as conseguem distinguir. A percentagem de alunos que afirma não saber qual a diferença entre radiação ionizante e não ionizante é elevada (94,4%). Como os alunos inquiridos pertenciam a diferentes níveis de escolaridade, significa que um aluno pode chegar ao fim do seu percurso escolar sem saber fazer a diferenciação entre os tipos de radiação. Não existem meios no ensino que lhes possam dar resposta a uma questão básica com esta que deveria ser do conhecimento geral.

Mas a falta de conhecimento dos alunos vai mais além, pois existem alunos a afirmar que não conhecem a radiação visível. Este facto é um pouco invulgar pois seria de esperar que esta fosse a que a maioria dos alunos tivesse conhecimento.

Quando se apresentam diferentes nomenclaturas para as radiações, sendo todas à exceção da cósmica, de natureza eletromagnética, constata-se que os alunos não as identificam como tal, por exemplo 2,8% dos alunos diz ter conhecimento da existência de radiação ultra violeta, mas depois só 81,3% diz conhecer a radiação eletromagnética.

Ao longo do estudo poderá eventualmente surgir algum resultado não muito credível, isto pode ser devido a uma má interpretação da pergunta por parte do inquirido e também porque no questionário algumas perguntas deveriam ter uma opção não sei. Não havendo esta opção o inquirido é obrigado a assumir algo que não sabe, o que poderá falsear resultados.

Resumindo podemos afirmar que os objetivos inicialmente propostos foram atingidos com a realização deste trabalho. Conseguiu-se assim ter uma ideia geral dos conhecimentos sobre radiações e radioprotecção que os diferentes elementos envolvidos no estudo possuem. Pode afirmar-se que foi um trabalho produtivo e interessante.

Num trabalho futuro seria interessante aplicar outras estratégias alternativas no ensino da Física, de modo a inserir conteúdos da área da Física Moderna que não constam nos programas. Estas ações poderiam decorrer através da maior dinamização de clubes da ciência onde seria dada primazia à componente experimental, despertando o interesse dos alunos dos diferentes níveis de escolaridade pela Física.

Referências Bibliográficas

- [1] Panfleto do ITN. [Consultado em 18 de setembro de 2011]. Disponível em:
URL: www.itn.pt
- [2] Reis, M. Capucho. *Gazeta da Física*, 30 (7), 2008.
- [3] Faísca, M.C., Bettencourt, A.O. (1988) - Preliminary Survey of Indoor Radon Concentrations in Portuguese Houses from High Natural Radioactivity Regions. *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 24, pp.353-355.
- [4] Campos, A.B.A., Pereira, A.J.S.C. & Neves, L.J.P.F. (2003) - Distribuição do radão na área do jazigo de urânio de Nisa. *IV Congresso Ibérico de Geoquímica e XIII Semana de Geoquímica*, Coimbra, 313-315.
- [5] Horvath, H. (2000), Aerosols - an introduction, *J. Environ. Radioactivity*, 51, 5-25.
- [6] UNSCEAR (2000). "Sources and Effects of Ionizing Radiation". United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). United Nations, New York.
- [7] Rannou, A. - Contribution à l'étude du risque lié à la présence du radon 220 et du radon 222 dans l'atmosphère des habitations (1987). Report CEA - R- 5378.
- [8] Organização Mundial de Saúde (2007). Radon and Câncer - Artigos 3 e 4.
- [9] Carvalho, F. - Radioactividade de Origem Natural e Radiações Ionizantes em Industrias não-nucleares (Outubro de 2008). Actas do ITN.
- [10] Carvalho, F. (2007). Exposição ocupacional às radiações ionizantes de materiais radioactivos de origem natural (NORMs). In: Proceed of an International Workshop on Safety and Occupational Health SHO 2007, held in Universidade do Minho, Guimarães, 8-February 2007, pp 41-44, Arezes P. et al., Eds., SPSHO Publ. (ISBN 978-972-99504-3-8).
- [11] World Health Organization (2000): Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, Copenhagen, pp. 273.
- [12] Pereira, A.J.S.C. & Neves, L.J.P.F (2010) - Geogenic controls of indoor radon in Western Iberia. In: 10th International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping, Barnett, I., Neznal, M., Pacherová, P., Praga, 205-210.
- [13] Elbern, Alwins - Radiações não-ionizantes, Curso de Eng. de Seg. do trabalho.
- [14] PORTUGAL. Ministério da Saúde. Direcção-Geral da Saúde. Divisão de Saúde Ambiental Sistemas de comunicações móveis: efeitos na saúde humana. - Lisboa: DGS, 2007. - 48 p. - Texto elaborado pelo Grupo de Trabalho sobre Campos Eletromagnéticos (0 Hz - 300 GHz) da Direcção-Geral da Saúde.
- [15] Kladder, D.L. (2004). Radon: The health threat with a simple solution!. National Environmental Research and Technology.
- [16] Pereira, Alcides; Neves, Luís; Pinto, Paulo - Radão em Portugal. Disponível em:
www.dct.uc.pt/lrn.
- [17] Louro, Alina - Radão na região da Guarda à construção de um modelo microdosimétrico, 2013.

- [18] Soares, Paulo Jorge Ribeiro - Determinação da concentração de Radão num estabelecimento de ensino público, 2011.
- [19] Gonçalves, Ana Patrícia Marques - Aplicação do Método dos Gases Traçadores para avaliar a taxa de renovação de ar em Bibliotecas do Pólo II, 2011.
- [20] Silva, Tiago Marcolino - Perda de Energia de Partículas Alfa no Ar, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física.
- [21] Atividades laboratoriais de Física Nuclear - Departamento de Física da FCUL - Ação de Formação de Professores.
- [22] ANDREUCCI, R. Proteção Radiológica: Aspectos Industriais. São Paulo:Abende, 2003.
- [23] BELLINTANI, S. A; GILI, F. N. (orgs). Noções Básicas de Proteção Radiológica. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), 2002.
- [24] KNOLL, G. F. Radiation Detection and Measurement. New Jersey: JohnWiley & Sons, 2000.
- [25] TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; PRINZIO, R. D.; PRINZIO, A. D. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. Rio de Janeiro: Ed. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, 2005.
- [26] Pontes, Prof. Altem Nascimento - Técnicas Experimentais- Detetores de radiação, 2010.
- [27] World Health Organization (2009), “WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective”, WHO.
- [28] ATSDR (2012), “A Toxicological Profile for Radon”, *U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry.*
- [29] Leo W., (1994), “Techniques for nuclear and particle physics experiments: A How-To Approach”, *Springer-Verlag, 2ª edição.*
- [30] TOI, R., Firestone, B. e Ekström, L., “Table of Radioactive Isotopes”, <http://ie.lbl.gov/toi/>.
- [31] <http://geoprocessamentoifgoiass.blogspot.pt>. (Acesso em 01 junho de 2013)
- [32] http://www.nj moldinspection.com/uranium_radiation.html. (Acesso em 20 de junho de 2013)

ANEXOS

Anexo 1- Preparação da solução de NaOH $240 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ para revelar o detetor CR-39

- *Cálculos Prévios:*

$$\begin{aligned} Mr(\text{NaOH}) &= Ar(\text{Na}) + Ar(\text{O}) + Ar(\text{H}) \Leftrightarrow Mr(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1,0 \\ \Leftrightarrow Mr(\text{NaOH}) &= 40 \Rightarrow M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

$$C_m = \frac{m}{V} \Leftrightarrow 240 = \frac{m}{0,100} \Leftrightarrow m = 24,0 \text{ g}$$

- Pesou-se 24,06 g de hidróxido de sódio num copo;
- Adicionou-se água destilada, para dissolver o hidróxido de sódio;
- Transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL todo o hidróxido de sódio dissolvido;
- Adicionou-se água destilada, até perfazer o volume do balão volumétrico.

Anexo 2 - Questionários feito aos alunos, professores, encarregados de educação e assistente operacional da ESQP



INQUÉRITO PARA ALUNOS

Com este inquérito pretende-se analisar o nível de informação que a comunidade escolar, da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, possui relativamente ao tema Radiações/Radioproteção. Os resultados serão utilizados num trabalho de carácter académico.

Todas as respostas são confidenciais.

Agradeço que respondas o mais sinceramente possível, pois só assim se conseguem resultados válidos.

Dados de identificação:

Sexo: Feminino Masculino

Ano de Escolaridade: 10º Ano 11º Ano 12º Ano

1ªParte

1 – Já ouviste falar em Radão?

Sim

Não

2 – O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?

Sim

Não

3 – Já ouviste falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?

Sim

Não

4 – Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?

Sim

Não

5 – A radioatividade é uma forma de energia nuclear?

Sim

Não

6 – Dos seguintes tipos de radiações, indica as que conheces:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| | <input type="checkbox"/> |
| Raios X | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Ultravioleta | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Infravermelha | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Micro ondas | <input type="checkbox"/> |
| Raios Gama | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Visível | <input type="checkbox"/> |
| Ondas de Rádio | <input type="checkbox"/> |

7 – Sabes qual a diferença entre radioatividade artificial e natural?

Sim

Não

8 – Concordas com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia?

Sim

Não

9 – As radiações gama chegam à terra?

Sim

Não

10 – Diariamente, utilizamos aparelhos que emitem radiações, como por exemplo, o telemóvel, o computador e a televisão.

Normalmente, utilizas esses aparelhos durante muito tempo ao longo do dia?

Sim

Não

2ª Parte

Para responderes às questões seguintes, utiliza a escala apresentada.

1 – Discordo totalmente 2 – Discordo 3 – Não concordo nem concordo
4 – Concordo 5 – Concordo totalmente

	1	2	3	4	5
1 – Todas as radiações são iguais.					
2 – As radiações podem ser prejudiciais para o ser humano, embora algumas sejam úteis.					
3 – Atualmente o Homem, vive exposto a diversos tipos de radiação.					
4 – As radiações são utilizadas na medicina só para tratamentos.					
5 – As radiações utilizadas na medicina não oferecem riscos.					
6 – As radiações, além de serem utilizadas na medicina, também podem ser utilizadas na indústria e na produção de energia.					
7 – A exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato.					
8 – A quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro.					
9 – A radiação ultravioleta é a proveniente do espaço e a radiação cósmica é proveniente do Sol.					
10 – Existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação.					

Obrigado pela tua colaboração!

INQUÉRITO PARA COLABORADORES

Com este inquérito pretende-se analisar o nível de informação que a comunidade escolar, da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, possui relativamente ao tema Radiações/Radioproteção. Os resultados serão utilizados num trabalho de carácter académico.

Todas as respostas são confidenciais, agradeço que responda o mais sinceramente possível, pois só assim se conseguem resultados válidos.

Sexo: Feminino Masculino

Nível de Ensino : Básico Secundário Universitário

Função que exerce na escola:

1ªParte

1 – Já ouviu falar em Radão?

Sim

Não

2 – O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?

Sim

Não

3 – Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?

Sim

Não

4 – Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?

Sim

Não

5 – A radioatividade é uma forma de energia nuclear?

Sim

Não

6 – Dos seguintes tipos de radiações, indique as que conhece:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Raio X | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Ultravioleta | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Infravermelho | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Micro ondas | <input type="checkbox"/> |
| Raios Gama | <input type="checkbox"/> |
| Radiação Visível | <input type="checkbox"/> |
| Ondas de Rádio | <input type="checkbox"/> |

7 – Sabe qual a diferença entre radioatividade artificial e natural?

Sim

Não

8 – Concorda com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia?

Sim

Não

9 – As radiações gama chegam à terra?

Sim

Não

10 – Diariamente, utilizamos aparelhos que emitem radiações, como por exemplo, o telemóvel, o computador e a televisão.

Normalmente, utiliza esses aparelhos durante muito tempo ao longo do dia?

Sim

Não

2ª Parte**Para responder às questões seguintes, utilize a escala apresentada.****1 – Discordo totalmente 2 – Discordo 3 – Não concordo nem****4 – Concordo****5 – Concordo totalmente**

	1	2	3	4	5
1 – Todas as radiações são iguais.					
2 – As radiações podem ser prejudiciais para o ser humano, embora algumas sejam úteis.					
3 – Atualmente o Homem, vive exposto a diversos tipos de radiação.					
4 – As radiações são utilizadas na medicina só para tratamentos.					
5 – As radiações utilizadas na medicina não oferecem riscos.					
6 – As radiações além de serem utilizadas na medicina, também podem ser utilizadas na indústria e na produção de energia.					
7 – A exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato.					
8 – A quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro.					
9 – A radiação ultravioleta é proveniente do espaço e a radiação cósmica é proveniente do Sol.					
10 – Existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação.					

Obrigado pela sua colaboração!

INQUÉRITO PARA ENCARREGADOS DE EDUCAÇÃO

Com este inquérito pretende-se analisar o nível de informação que a comunidade escolar, da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, possui relativamente ao tema Radiações/Radioproteção. Os resultados serão utilizados num trabalho de carácter académico.

Todas as respostas são confidenciais, agradeço que responda o mais sinceramente possível, pois só assim se conseguem resultados válidos.

Sexo: Feminino Masculino

Nível de Ensino : Básico Secundário Universitário

1ªParte

1 – Já ouviu falar em Radão?

Sim

Não

2 – O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?

Sim

Não

3 – Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?

Sim

Não

4 – Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?

Sim

Não

5 – A radioatividade é uma forma de energia nuclear?

Sim

Não

6 – Dos seguintes tipos de radiações, indique as que conhece:

- Raio X**
- Radiação Ultravioleta**
- Radiação Infravermelho**
- Radiação Micro ondas**
- Raios Gama**
- Radiação Visível**
- Ondas de Rádio**

7 – Sabe qual a diferença entre radioatividade artificial e natural?

Sim

Não

8 – Concorda com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia?

Sim

Não

9 – As radiações gama chegam à terra?

Sim

Não

10 – Diariamente, utilizamos aparelhos que emitem radiações, como por exemplo, o telemóvel, o computador e a televisão.

Normalmente, utiliza esses aparelhos durante muito tempo ao longo do dia?

Sim

Não

2ª Parte

Para responder às questões seguintes, utilize a escala apresentada.

**1 – Discordo totalmente 2 – Discordo 3 – Não concordo nem
4 – Concordo 5 – Concordo totalmente**

	1	2	3	4	5
1 – Todas as radiações são iguais.					
2 – As radiações podem ser prejudiciais para o ser humano, embora algumas sejam úteis.					
3 – Atualmente o Homem, vive exposto a diversos tipos de radiação.					
4 – As radiações são utilizadas na medicina só para tratamentos.					
5 – As radiações utilizadas na medicina não oferecem riscos.					
6 – As radiações além de serem utilizadas na medicina, também podem ser utilizadas na indústria e na produção de energia.					
7 – A exposição às radiações pode não provocar um efeito biológico imediato.					
8 – A quantidade de radiação recebida numa radiografia é igual à recebida num tratamento de cancro.					
9 – A radiação ultravioleta é a proveniente do espaço e a radiação cósmica é proveniente do Sol.					
10 – Existem profissões em que as pessoas recebem maior quantidade de radiação.					

Obrigado pela sua colaboração!

Anexo 3 - Autorização da Direção-Geral da Educação (DGE) do Ministério da Educação e Ciência - Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar

Exmo(a)s. Sr(a)s.

O pedido de autorização do inquérito n.º 0387500002, com a designação *Radiação/Radioproteção*, registado em 30-05-2013, foi aprovado.

Avaliação do inquérito:


Exmo(a) Senhor(a) Dr(a) Ana Cristina Costa
Venho por este meio informar que o pedido de realização de inquérito em meio escolar é autorizado uma vez que, submetido a análise, cumpre os requisitos, devendo atender-se às observações aduzidas.
Com os melhores cumprimentos
José Vitor Pedroso
Diretor de Serviços de Projetos Educativos
DGE

Observações:

- a) A realização do(s) Inquérito(s) fica sujeita a autorização da Direção do Agrupamento de Escolas selecionado.
- b) Exige-se a garantia de anonimato dos respondentes, confidencialidade, proteção e segurança dos dados recolhidos, considerando-se o disposto na Lei nº 67/98. Informamos que os inquiridos não devem ser identificáveis, seja pelo nome ou por qualquer outro modo de identificação pessoal direta ou indireta. Deve ser pedido consentimento informado e esclarecido do titular dos dados. Para os alunos menores (menos de 18 anos) este deverá ser atestado pelos seus representantes legais. As autorizações assinadas pelos EE devem ficar em poder da Escola/Agrupamento ao qual pertencem os alunos. Não deve haver cruzamento ou associação de dados entre os que são recolhidos pelos instrumentos de inquirição e os constantes da declaração de consentimento informado.

Pode consultar na Internet toda a informação referente a este pedido no endereço <http://mime.gepe.min-edu.pt>. Para tal terá de se autenticar fornecendo os dados de acesso da entidade.

Anexo 4 - Autorização encarregados de educação

 Escola Secundária Quinta das Palmeiras	Departamento de Matemática e de Ciências Experimentais ANO LETIVO 2012/13
Física e Química	

No âmbito da dissertação de Mestrado em Ensino de Física e Química no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, da professora estagiária Ana Costa, irá ser passado um questionário aos alunos, com o objetivo de analisar o nível de informação que a comunidade escolar, da Escola Secundária Quinta das Palmeiras, possui relativamente ao tema. Todas as respostas são confidenciais.

ORGANIZAÇÃO – PROFESSORA ESTAGIÁRIA: Ana Costa

DESTINATÁRIOS – ALUNOS 10º Ano; 11ºAno; 12ºAno

LOCAL: Escola Secundária Quinta das Palmeiras.

HORÁRIO – Período de aulas

✂-----✂

A U T O R I Z A Ç Ã O

_____ Encarregado(a) de Educação do(a) aluno(a)
_____, N.º____, Turma____, Ano____, autoriza/não autoriza
(riscar o que não interessa) que seu educando preencha o do questionário Radiação/Radioproteção.

Covilhã ___/___/___ Assinatura: _____

Anexo 5 - Nota metodológica, enviada para Direção-Geral da Educação (DGE) do Ministério da Educação e Ciência - Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar

Nota Metodológica

Este trabalho enquadra-se no curso de Mestrado em Ensino de Física e Química no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário e pretende-se com ele realizar um estudo sobre o conhecimento que a comunidade escolar possui sobre a Física das Radiações.

A motivação deste estudo fundamenta-se, não apenas no facto da temática Radiação Ambiente ser, em geral, desconhecida para a maioria do cidadão comum, mas por terem sido introduzidos, nos novos programas de Física e Química, temas relacionados com a radioatividade e o ambiente.

O inquérito que nos propomos apresentar, em ambiente escolar, é de resposta facultativa e sigilosa, contudo, o seu resultado irá contribuir para o desenvolvimento de uma investigação no âmbito da dissertação de mestrado da investigadora Ana Cristina Silveira Costa. É constituído por um conjunto de questões relacionadas com os diferentes tipos de radiação, as suas aplicações e medidas de segurança.

Na altura do preenchimento do inquérito estará presente a responsável pelo estudo, Ana Cristina Silveira Costa.

Pretende-se aplicar o inquérito a funcionários, alunos e professores na Escola Secundária Quinta das Plameiras, de acordo com o seguinte esquema – 20 funcionários; 12 turmas; 300 alunos; 20 professores e 20 encarregados de educação. Após a recolha de dados proceder-se-á a uma análise estatística recorrendo ao programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

Metodologia

Objetivos do Estudo

Este estudo tem como principal objetivo investigar o conhecimento que os alunos dos diferentes níveis de ensino têm sobre o tema Radiação, as suas aplicações e as medidas de proteção que devem ser tomadas.

Para completar a informação pretende-se igualmente realizar um estudo sobre uma amostra da restante comunidade escolar para posterior comparação com o conhecimento revelado pelos alunos.

Elaboração dos questionários

Na elaboração dos questionários teve-se em conta a definição dos seus conteúdos e a forma das questões para que, através dele, seja obtida a resposta adequada à concretização do estudo proposto.

Na aplicação pretende-se dar especial atenção; à linguagem utilizada para que todos os elementos da amostra sejam capazes de perceber o que se pretende; e ao formato das questões, que são de resposta fechada e simples.

Outra preocupação tida durante a elaboração do questionário foi o fator tempo de preenchimento, que se verificou ser pouco extenso.

Validação dos questionários

1. Verificar se os Alunos/ Professores e Funcionários têm conhecimento dos diferentes tipos de radiação.
2. Verificar se os Alunos/ Professores e Funcionários têm conhecimento das diferentes aplicações da radiação.
3. Verificar se os Alunos/ Professores e Funcionários têm consciência do perigo que a utilização da radiação pode representar para a saúde.

Aplicação dos questionários

A investigação enquadra-se no âmbito de uma dissertação de mestrado e tem como objetivo analisar os conhecimentos que alunos de diferentes níveis de ensino possuem relativamente ao tema Física das Radiações.

Assume-se o compromisso de respeitar a confidencialidade dos resultados.

Está previsto que o número de alunos, em cada aplicação, dependerá da capacidade de cada turma e da disponibilidade do respetivo professor na recolha de dados.

Pretende-se distribuir os inquéritos e, em seguida, ler algumas instruções e esclarecer algumas dúvidas que possam, eventualmente, surgir.

Presume-se que o tempo médio de aplicação do inquérito não exceda os 15 minutos.

Em relação à restante comunidade escolar pretende-se explicar que o estudo pretende comparar o conhecimento que professores e funcionários têm sobre as Radiações e o conhecimento que os alunos têm sobre o mesmo tema.

Tratamento de dados

Após a recolha de dados pretende-se proceder ao seu registo e tratamento utilizando para tal o programa de estatística Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

Anexo 6 - Resultados dos dados recolhidos no questionário dos alunos

Tabela 1- Tabela com o número de alunos participantes no estudo que já ouviram falar em radão.

Ano de escolaridade * Já ouviu falar em radão?

		Já ouviu falar em radão?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	28	61	89
	11º ano	12	39	51
	12º ano	18	56	74
Total		58	156	214

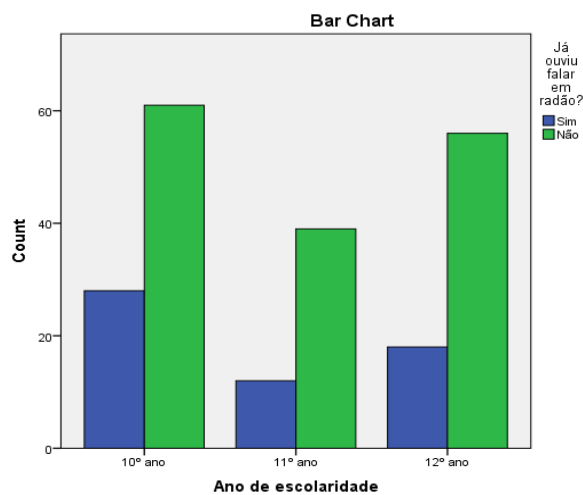


Figura 1 - Gráfico com o número de alunos participantes no estudo que já ouviram falar em radão.

Tabela 2 - Tabela com o número de alunos que indicam que o espectro eletromagnético define um conjunto de radiações.

Ano de escolaridade * O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?

	O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?		Total
	Sim	Não	
Ano de 10º ano	75	14	89
escola 11º ano	35	16	51
ridade 12º ano	64	10	74
Total	174	40	214

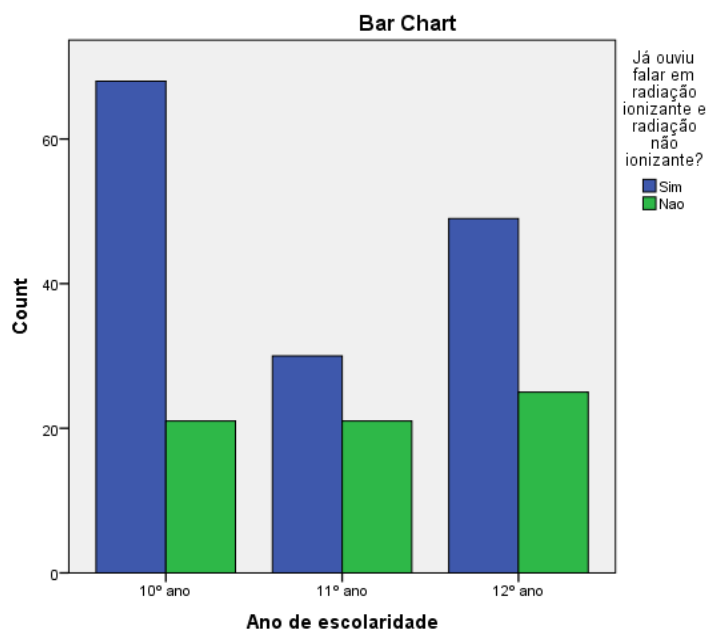


Figura 2 - Gráfico com o número de alunos participantes no estudo que já ouviram falar em radiação ionizante e não ionizante.

Tabela 3 - Tabela com o número de alunos que indicam que todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano.

Ano de escolaridade * Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?

		Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	8	81	89
	11º ano	4	47	51
	12º ano	6	68	74
Total		18	196	214

Tabela 4 - Tabela que indica o número de alunos que indicam que todos os tipos de radiação são prejudicial ao ser humano.

Ano de escolaridade * A Radioatividade é uma forma de energia nuclear?

		A Radioatividade é uma forma de energia nuclear?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	68	21	89
	11º ano	33	18	51
	12º ano	52	22	74
Total		153	61	214

Tabela 5 - Tabela com o número de alunos que conhece a radiação Raio X.

Ano de escolaridade * Conhece a radiação «Raio X»?

		Conhece a radiação «Raio X»?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	86	3	89
	11º ano	51	0	51
	12º ano	74	0	74
Total		211	3	214

Tabela 6 - Tabela com a porcentagem de alunos que conhece a radiação Raio X.

Conhece a radiação «Raio X»?

	Frequência	Porcentagem	Porcentagem relativa	Porcentagem acumulada
Sim	211	98,6	98,6	98,6
Não	3	1,4	1,4	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Tabela 7 - Tabela com o número de alunos que conhece a radiação Ultravioleta.

Ano de escolaridade * Conhece a radiação «Ultravioleta»?

		Conhece a radiação «Ultravioleta»?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	85	4	89
	11º ano	50	1	51
	12º ano	73	1	74
	Total	208	6	214

Tabela 8 - Tabela com a porcentagem de alunos que conhece a radiação Radiação Ultravioleta.

Conhece a radiação «Ultravioleta»?

	Frequência	Porcentagem	Porcentagem relativa	Porcentagem acumulada
Sim	208	97,2	97,2	97,2
Não	6	2,8	2,8	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Tabela 9 - Tabela com o número de alunos que conhece a radiação Ultravioleta.



Ano de escolaridade * Conhece a radiação «Infravermelho»? Crosstabulation

Count

		Conhece a radiação «Infravermelho»?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	82	7	89
	11º ano	42	9	51
	12º ano	62	12	74
	Total	186	28	214

Tabela 10 - Tabela com a percentagem de alunos que conhece a radiação Radiação Infravermelho.

Conhece a radiação «Infravermelho»?

	Frequência	Percentagem em	Percentagem relativa	Percentagem acumulada
Sim	186	86,9	86,9	86,9
Não	28	13,1	13,1	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Tabela 11- Tabela com o número de alunos que conhece a radiação Micro ondas .

Ano de escolaridade * Conhece a radiação «Micro ondas»?

		Conhece a radiação «Micro ondas»?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	83	6	89
	11º ano	38	13	51
	12º ano	65	9	74
Total		186	28	214

Tabela 12 - Tabela com a percentagem de alunos que conhece a radiação Micro ondas.

Conhece a radiação «Micro ondas»?

	Frequência	Percentagem em	Percentagem relativa	Percentagem acumulada
Sim	186	86,9	86,9	86,9
Não	28	13,1	13,1	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Tabela 13 - Tabela com a porcentagem de alunos que conhece a radiação gama.

Conhece a radiação «Gama»?

	Frequência	Porcentagem	Porcentagem relativa	Porcentagem acumulada
Sim	167	78,0	78,0	78,0
Não	47	22,0	22,0	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Tabela 14 - Tabela com o número de alunos que conhece a radiação Visível.

Ano de escolaridade * Conhece a radiação «Visível»?

		Conhece a radiação «Visível»?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	77	12	89
	11º ano	33	18	51
	12º ano	57	17	74
Total		167	47	214

Tabela 15 - Tabela com o número de alunos que conhece a radiação ondas de rádio.

Ano de escolaridade * Conhece a radiação «Ondas de Rádio»?

		Conhece a radiação «Ondas de Rádio»?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	80	9	89
	11º ano	42	9	51
	12º ano	63	11	74
Total		185	29	214

Tabela 16 - Tabela com a percentagem de alunos que conhece a radiação gama.

Conhece a radiação «Ondas de Rádio»?

	Frequência	Percentagem	Percentagem relativa	Percentagem acumulada
Sim	185	86,4	86,4	86,4
Não	29	13,6	13,6	100,0
Total	214	100,0	100,0	

Tabela 17 - Tabela com o número de alunos que conhecem a diferença entre radioatividade artificial e natural.

Ano de escolaridade * Sabe qual a diferença entre radioatividade artificial e natural?

		Sabe qual a diferença entre radioatividade artificial e natural?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	40	49	89
	11º ano	15	36	51
	12º ano	26	48	74
Total		81	133	214

Tabela 18 - Tabela número de alunos que concorda com a utilização da energia nuclear.

Ano de escolaridade * Concorda com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia? Crosstabulation

Count

		Concorda com a utilização da energia nuclear, como fonte alternativa de energia?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	30	59	89
	11º ano	25	26	51
	12º ano	37	37	74
Total		92	122	214

Tabela 19 - Tabela que ilustra o número de alunos que utilizam durante muito tempo aparelhos.

Ano de escolaridade * Diariamente, utilizamos aparelhos que emitem radiações, como por exemplo, o telemóvel, o computador e a televisão. Normalmente, utiliza esses aparelhos durante muito tempo ao longo do dia?

		Diariamente, utilizamos aparelhos que emitem radiações, como por exemplo, o telemóvel, o computador e a televisão. Normalmente, utiliza esses aparelhos durante muito tempo ao longo do dia?		Total
		Sim	Não	
Ano de escolaridade	10º ano	75	14	89
	11º ano	46	5	51
	12º ano	69	5	74
Total		190	24	214

Restante Comunidade Escolar

Tabela 20 - tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que já ouviram falar de radão.

Função para com a escola * Já ouviu falar em radão?

		Já ouviu falar em radão?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	10	7	17
	Professor(a)	15	5	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	8	10	18
	Total	33	22	55

Tabela 21 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que sabem definir espectro eletromagnético.

Função para com a escola * O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?

Crosstabulation

Count

		O espectro eletromagnético, define um conjunto de radiações?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	14	3	17
	Professor(a)	16	4	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	9	9	18
	Total	39	16	55

Tabela 22 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que sabem a diferença entre radiação ionizante e não ionizante.

Função para com a escola * Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?

		Já ouviu falar em radiação ionizante e radiação não ionizante?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	10	7	17
	Professor(a)	13	7	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	9	9	18
	Total	32	23	55

Tabela 23 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que indicam que todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano.

Função para com a escola * Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?

		Todos os tipos de radiação são prejudiciais ao ser humano?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	3	14	17
	Professor(a)	4	16	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	4	14	18
	Total	11	44	55

Tabela 24 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que sabem a diferença entre radiação ionizante e não ionizante.

Função para com a escola * A Radioatividade é uma forma de energia nuclear?

		A Radioatividade é uma forma de energia nuclear?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	14	3	17
	Professor(a)	11	9	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	7	11	18
	Total	32	23	55

Tabela 25 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que conhecem a radiação Raio X.

Função para com a escola * Conhece a radiação «Raio X»?

		Conhece a radiação «Raio X»?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	16	1	17
	Professor(a)	20	0	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	18	0	18
Total		54	1	55

Tabela 26 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que conhecem a radiação ultravioleta.

Função para com a escola * Conhece a radiação «Ultravioleta»?

		Conhece a radiação «Ultravioleta»?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	16	1	17
	Professor(a)	20	0	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	16	2	18
Total		52	3	55

Tabela 27 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que conhecem a radiação infravermelho.

Função para com a escola * Conhece a radiação «Infravermelho»?

		Conhece a radiação «Infravermelho»?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	15	2	17
	Professor(a)	19	1	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	14	4	18
	Total	48	7	55

Tabela 28 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que conhecem a radiação Micro ondas.

Função para com a escola * Conhece a radiação «Micro ondas»?

		Conhece a radiação «Micro ondas»?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	12	5	17
	Professor(a)	17	3	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	14	4	18
	Total	43	12	55

Tabela 29 - Tabela que representa o número de professores, encarregados de educação e assistentes operacionais que conhecem a radiação gama.

Função para com a escola * Conhece a radiação «Gama»?

		Conhece a radiação «Gama»?		Total
		Sim	Não	
Função para com a escola	Encarregado de Educação	8	9	17
	Professor(a)	12	8	20
	Assistente Operacional/ Funcionário da escola	3	15	18
Total		23	32	55

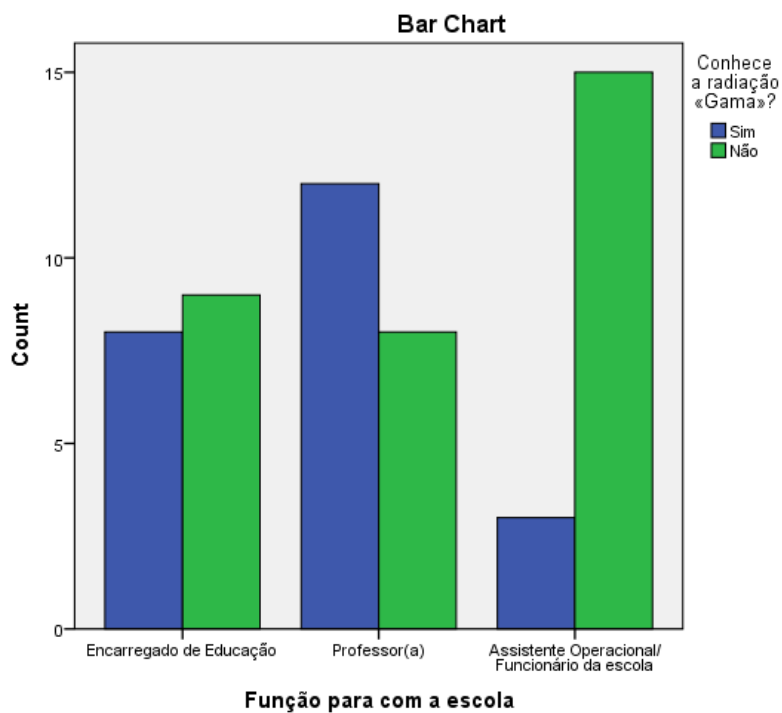


Figura 3- gráfico que ilustra o conhecimento que a comunidade (professor, encarregado de educação e assistentes operacional, possuem sobre as radiações gama.

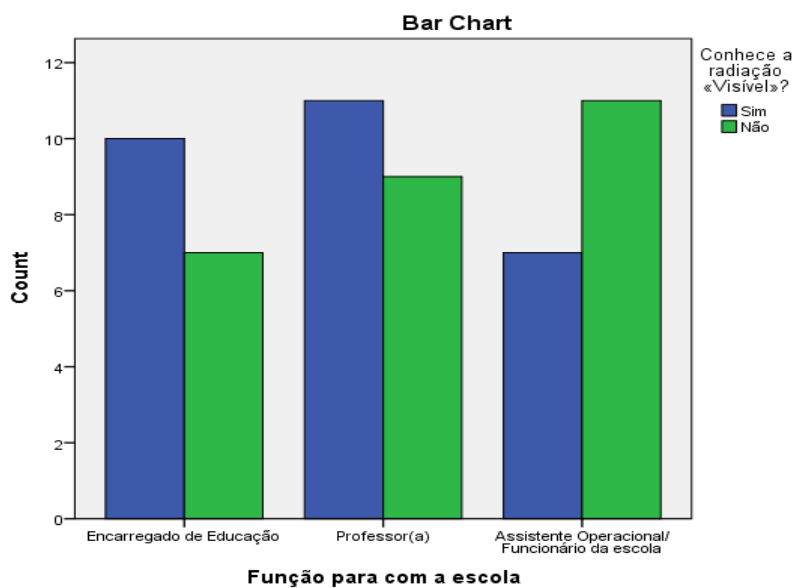


Figura 4- gráfico que ilustra o conhecimento que a comunidade (professor, encarregado de educação e assistentes operacional, possuem sobre as radiações Visível.

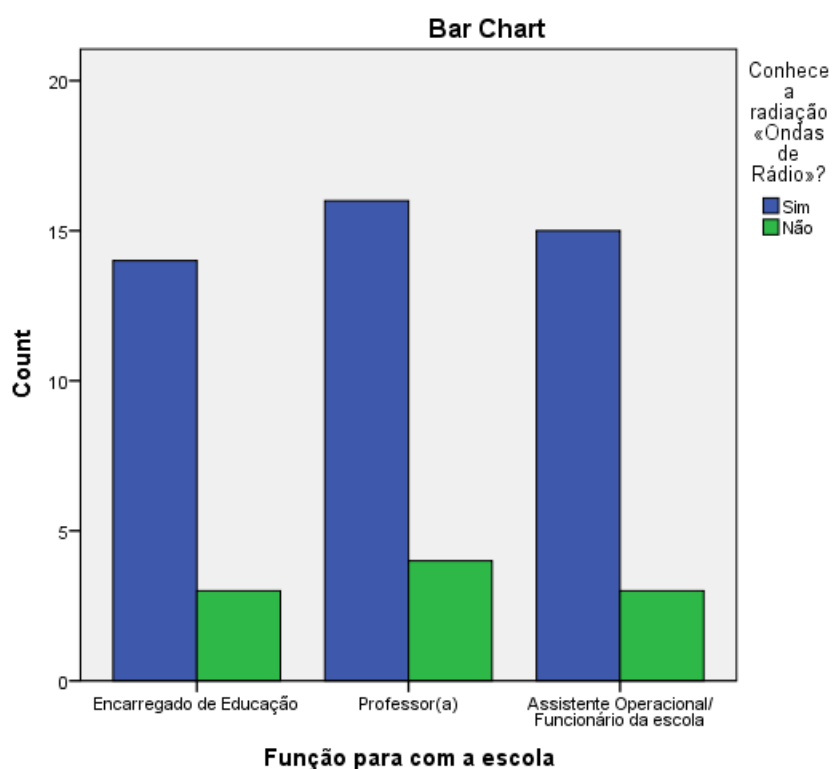



Figura 5- gráfico que ilustra o conhecimento que a comunidade (professor, encarregado de educação e assistentes operacional, possuem sobre as radiações ondas de rádio.

Anexo 7 - Poster elaborado para o 6º Encontro Nacional de Escolas.



ESCOLA SECUNDÁRIA QUINTA DAS PALMEIRAS

PROJETO RADIAÇÃO AMBIENTE

4 de Maio de 2013

Ascensão S.; Carvalho L.; Costa A.; Figueiredo J.; Graça I.; Louro C. ; Pinto J.; Serra I. e Soares J.

INTRODUÇÃO

Todos estamos submetidos a radiações ionizantes de origem cósmica e terrestre. A radiação cósmica provém, principalmente, do Sol e estrelas da nossa galáxia. A intensidade da radiação que atinge a Terra pode variar com a hora, estação do ano ou com a altitude. A radiação terrestre tem a sua origem nos minérios presentes na crosta e pode variar bastante com a presença de rochas radioativas. O radão é a principal fonte de radiação ionizante terrestre.

O gás radão representa vários riscos ambientais que afetam várias regiões portuguesas, sendo a Beira Interior considerada como a mais radioativa do país.

Várias equipas têm medido as concentrações de radão no interior e no exterior das habitações, verificando que os valores são, em muitas, superiores a 400 Bq/m³ (valor máximo permitido pela legislação europeia para habitações construídas).

OBJETIVOS

O radão é um gás nobre radioactivo, inodoro, insípido, incolor e ligeiramente mais denso do que o ar.

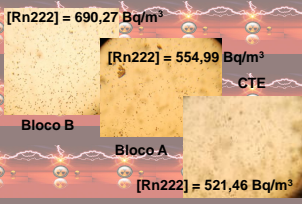
Resulta do decaimento do urânio presente num certo tipo de rochas que existe, abundantemente, na nossa região.

Escapa-se espontaneamente para a atmosfera e mistura-se com o ar. Ao libertar-se do solo infiltra-se nos edifícios e acumula-se, sobretudo, nos pisos inferiores.

Não sendo percebido pelos nossos sentidos a sua deteção só pode ser feita através de dispositivos apropriados.

O objetivo deste trabalho consiste na:

- ☀ Identificação de zonas de incidência de concentração de radão, superiores ao limite máximo permitido por lei, no interior da Escola Secundária Quinta das Palmeiras;
- ☀ Repetição da experiência, histórica, de Henry Becquerel, utilizando um filme radiocrómico.



[Rn222] = 690,27 Bq/m³


[Rn222] = 554,99 Bq/m³

[Rn222] = 521,46 Bq/m³

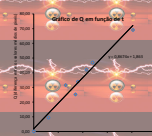
Bloco B

Bloco A

CTE



Media Pixel	Dias de exposição	Quantidade (Q-P)
228.21	0	0,00
218.84	12	9,37
196.72	26	31,49
203.02	34	25,19
194.36	36	33,85
186.24	43	41,97
181.36	48	46,85
159.16	81	69,05

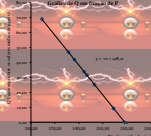


Relação de Q em função de t

RESULTADOS

Na experiência realizada para se estudar a qualidade do ar, em ambientes fechados na hossa escola, verificou-se que os resultados obtidos para a concentração de radão, são os normais para a região e encontram-se dentro dos valores esperados.

Na repetição da experiência de Becquerel, através da análise dos gráficos, verificou-se que a variável Q diminui à medida que aumenta o enegrecimento do filme radiocrómico.



Relação de Q em função de t

CONCLUSÕES

Os detetores CR39 foram colocados em espaços fechados, pouco ventilados, pelo que se pode concluir que os valores obtidos não se afastam significativamente dos estipulados por lei.

Devido à baixa atividade da rocha utilizada na experiência de Becquerel, o enegrecimento do filme radiocrómico não é visível a olho nu, apesar disso, depois de se efetuar o cálculo da variável Q, pode concluir-se que houve uma alteração na sua pigmentação produzida pela radiação emitida.

AGRADECIMENTOS

LIP, ESQP, UBI: DF, CO e DECA.