

PAULA CRISTINA DE ARAÚJO MARTINS

**A ABORDAGEM DA RADIOATIVIDADE NO ENSINO EM
PORTUGAL – UMA LACUNA NOS CURRÍCULOS DO
ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO**

Orientadora: Prof.^a Doutora Maria Elisa Maia

Co-orientadora: Prof.^a Dr. Lina Maria Cardoso Lopes

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Faculdade de Engenharia

Lisboa

2014

PAULA CRISTINA DE ARAÚJO MARTINS

**A ABORDAGEM DA RADIOATIVIDADE NO ENSINO EM
PORTUGAL – UMA LACUNA NOS CURRÍCULOS DO
ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de
Mestre em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do
Ensino Básico e no Ensino Secundário, conferido pela
Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Orientadora: Prof.^a Doutora Maria Elisa Maia

Co-Orientadora: Prof.^a Dr. Lina Maria Cardoso Lopes

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
Faculdade de Engenharia

Lisboa

2014

ERRATA

- Na página 10, onde se lê ***“No segundo capítulo – “Fundamentação Teórica” contextualiza-se e fundamenta-se o trabalho realizado. É feita a análise da evolução da Radioatividade (...) partir de 2004.”***, deve ler-se ***“No segundo capítulo – “Fundamentação Teórica” foi feita uma breve análise da evolução da Radioatividade.”***
- Na página 12, onde se lê ***“tem dois objetivos fundamentais”***, deve ler-se ***“tem dois objetivos principais”***.
- Na página 12 onde se lê ***“- Rever a evolução histórica da Radioatividade como ciência e como conteúdo didático no Ensino em Portugal.”***
“- Contextualizar e justificar a realização deste trabalho. Para o efeito, foi elaborada uma análise reflexiva, baseada em constatações pessoais quer a nível do Ensino Básico e Secundário quer na vertente social sobre o tema radioactividade(...)”, deve ler-se ***“Rever a evolução histórica da Radioatividade abordando conceitos considerados como pré-requisitos para entender o tema radioatividade.”***
- Na página 19, onde se lê ***“Os neutrões emitidos poderão dar origem a novas fusões”***, deve ler-se ***“Os neutrões emitidos poderão dar origem a novas fissões”***.
- Na página 21 onde se lê ***“decai novamente para ^{14}C ”***, deve ler-se ***“decai novamente para ^{14}N . Esta reação envolve a emissão de radiação β^- (elétron) e de um antineutrino : $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + \beta^- + \nu_e$ ”***
- Na página 25 onde se lê ***“Inicialmente é feita uma breve abordagem aos conceitos considerados como pré-requisitos para entender o tema radioatividade. Seguidamente descreve-se uma breve história da descoberta da radioatividade e a sua evolução como ciência, particularizando o caso português. Segue-se a descrição(...)”***, deve ler-se ***“Inicialmente é feita a descrição da pesquisa sobre a evolução da abordagem da radioatividade no Ensino Básico e Secundário em Portugal, citando e enumerando, sempre que considerado importante, os estudos realizados neste âmbito.”***
- Na página 37 onde se lê ***“(Tuckman, 2012; Mertens, 2010; Field, 2009)”***, deve ler-se ***“(Tuckman, 2012; Mertens, 2010).”***
- Na tabela da página 75, onde se lê ***“ $\alpha = 8 \pm 1$ ”***, deve ler-se ***“ $\alpha = 0 \pm 1$ ”***.
- Na página 80, onde se lê ***“(10 e 12º anos)”***, deve ler-se ***“(9º e 12º anos)”***.
- Na página 83, onde se lê ***“Allan, M et al.(2007)”***, deve ler-se ***“Xavier, A., Lima, A., Vigna, C., Verbi, F., Bortoleto, G., Collins, C., Bueno, M.”***

*Aos meus filhos Daniela e Dinis.
Peço desculpa pelo tempo que vos privei da minha presença!*

Agradecimentos

Durante a realização do presente trabalho não posso esquecer que só foi possível terminá-lo devido ao apoio daqueles a quem expresso o meu reconhecido agradecimento:

À Professora Doutora Elisa Maia, pela ajuda incondicional, pelo constante apoio, pelos ensinamentos valiosos e pelo privilégio da sua orientação.

À Professora Lina Lopes, toda a ajuda e encorajamento para a concretização deste trabalho.

Ao Professor Henrique Pinho do Instituto Politécnico de Tomar, pelo apoio e colaboração imprescindíveis.

Ao Professor Vasco Gonçalves, por ter me permitido trabalhar com as suas turmas.

A todos os funcionários da Escola Secundária de Maria Lamas, pela disponibilidade demonstrada.

Aos alunos do 9º C, 10º CTA e do 12º CTA, da Escola Secundária de Maria Lamas, pela sua disponibilidade em participar neste acordo.

Aos meus colegas da Sociedade Lusitana de Destilação, S.A., pela colaboração neste projeto.

Aos professores e colegas de Mestrado, pelos ensinamentos e colaboração.

Aos meus amigos Dulce e Bruno, pela enorme paciência, ajuda e palavras de conforto e incentivo.

Aos meus Pais pelo apoio constante prestado em todos os projetos da minha vida.

À minha irmã, pela enorme ajuda e encorajamento que sempre manifestou ao longo da minha vida.

Ao meu marido, pela ajuda, incentivo e paciência.

Aos meus filhos, pela coragem e força anímica que me proporcionam todos os dias.

Resumo

A Física e a Química envolvem conteúdos teóricos que estão constantemente presentes no nosso quotidiano. Contudo, é do consenso geral que o ensino destas disciplinas continua a incidir sistematicamente em alguns temas em prejuízo de outros, originando lacunas conceituais que se refletem no dia-a-dia enquanto estudantes e posteriormente em idade adulta, em contexto socio cultural.

Pretende-se com este trabalho realizar um estudo exploratório sobre a existência daquilo que consideramos como lacuna nos conteúdos de Física e Química no Ensino Básico e Secundário em Portugal, mais concretamente no que se refere à Radioatividade. Para o efeito, apuraram-se os conhecimentos que os alunos de três níveis diferentes do ensino Básico e Secundário (9º ano, 10º ano e 12º ano) possuem sobre o tema em estudo. De modo a verificar o nível de conhecimentos em idade adulta, realizaram-se estudos com indivíduos em contexto laboral, obtendo-se assim dados quanto à extensão e pertinência do estudo da radioatividade.

O estudo foi realizado através da aplicação de um teste de associação de palavras, o qual apresentava vários estímulos relacionados com a Radioatividade. No caso do grupo escolar, foram feitas duas aplicações do teste, antes e após uma intervenção didática teórica e outra prática. Quanto ao grupo não escolar, o teste de associação de palavras foi aplicado apenas uma vez, não tendo havido intervenção teórica.

Após a recolha de dados procedeu-se à sua análise quantitativa, apenas para o grupo escolar, e qualitativa para ambos os grupos, o que permitiu elaborar uma aproximação simples de mapas conceituais nos dois contextos (escolar e não escolar) e compará-los entre si.

Através da análise dos resultados obtidos, e tendo em conta que se trata de um estudo exploratório, foi possível concluir que a disciplina de Física e Química lecionada nas escolas, não tem abordado adequadamente os conteúdos relativos à radioatividade, nem no presente, nem num passado recente, o que se reflete em idade adulta.

Como tal sugere-se a realização de estudos de natureza investigativa mais abrangentes de modo a verificar a existência desta lacuna no Ensino Básico e Secundário, que a ser confirmada poderá ser mitigada através da realização de atividades práticas, recorrendo a exemplos do dia-a-dia, concretizando a perspetiva Ciência - Tecnologia-Sociedade - Ambiente que os programas do Ministério da Educação enfatizam.

Palavras chave: Radioatividade, Ensino Básico e Secundário, Contexto Escolar e Não Escolar, Testes de Associação de Palavras, Mapas Conceituais.

Abstract

Physics and Chemistry include theoretical contents that are frequently present in our daily life. However, the teaching of these disciplines continues to focus systematically in some areas, excluding others, thus producing conceptual gaps which are reflected in daily life of students and later on, in socio-cultural context, of adults.

This work aims at undertaking an exploratory study about the existence of a gap in Secondary School Physics and Chemistry contents in Portugal in the area of Radioactivity.

For that purpose, students' knowledge about radioactivity was investigated in groups of students at three age levels (9th, 10th and 12th grades). In order to get an idea about the consequences for adults, already in work context, of the lack of this content in the curricula, some research was carried out. This allowed obtaining some results indicating that teaching this topic would be relevant.

The study was undertaken using Word Association Tests with several stimuli related to radioactivity. In the case of the groups in school context the tests were applied before and after a didactic intervention consisting of a lecture followed by practical work about this theme.

For the non-scholar group the word association test was used only once, and no didactical intervention took place.

After collecting the data, a quantitative analysis only for the scholar group, and a qualitative analysis for both groups, was carried out. The qualitative analysis allowed the construction of simplified conceptual maps in both contexts that could be compared.

From the analysis of data obtained, but taking into account that this was only an exploratory study, it was possible to observe that the courses of Physics and Chemistry in secondary schools do not approach adequately the teaching of contents related to radioactivity, neither presently, nor in a recent past, and this has consequence for students and adults.

A suggestion of more detailed research studies, in order to detect the existence of the referred gap in the curricula of Basic and Secondary School teaching, is presented. If this gap is confirmed with greater evidence, the remediation proposed could be by means of practical activities using, in some cases, daily life examples, in line with the Science-Technology-Society-Environment perspective emphasized by the official programs of the Ministry of Education.

Keywords: Radioactivity, Basic and Secondary School Teaching, Scholar and Non-ScholarContext, Word Association Tests, Conceptual Maps

Índice Geral

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	8
1.1. INTRODUÇÃO	9
1.2. OBJETIVOS E LIMITAÇÕES.....	9
1.2.1. Objetivo geral.....	10
1.2.2. Objetivos específicos	9
1.2.3. Limitações	9
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	10
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1. INTRODUÇÃO	12
2.2. ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES NA ABORDAGEM DA RADIOATIVIDADE.....	12
2.2.1. Radiações	12
2.2.2. A descoberta dos raios X	14
2.3. – A DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE: AS PARTÍCULAS α E β E A RADIAÇÃO γ	15
2.3.1. Partículas α	16
2.3.2. Partículas β	17
2.3.3. Radiação γ e X.....	17
2.3.4. Nuclídeos e tempo de meia vida.....	18
2.3.5. A descoberta da radioatividade artificial.....	18
2.3.6. Reações nucleares	18
2.4. APLICAÇÕES DA RADIAÇÃO IONIZANTE NO DIA-A-DIA.....	20
2.4.1. Medicina	20
2.4.2. Arqueologia	21
2.4.3. Agricultura.....	22
2.5. DETETORES DE RADIAÇÃO IONIZANTE.....	22
2.5.1. Detetor Geiger-Müller.....	22
CAPÍTULO 3 – REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1. INTRODUÇÃO	25
3.2. PERTINÊNCIA DA ABORDAGEM DA RADIOATIVIDADE NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO	25
3.3. CONCEÇÕES ALTERNATIVAS E MAPAS CONCETUAIS	26
3.4. EVOLUÇÃO DA DIVULGAÇÃO DA RADIOATIVIDADE EM PORTUGAL.....	27
3.4.1. Publicações Importantes.....	27
3.4.2. Radioatividade no Ensino Secundário.....	29
3.3.4. Programa de Química no ano de 1948.....	29
3.4.3. Evolução dos programas curriculares recentes.....	31
3.5. ANÁLISE DOS PROGRAMAS CURRICULARES ATUAIS DE FÍSICA E DE QUÍMICA NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO EM PORTUGAL	31
3.5.1. Conclusões prévias da análise dos currículos do Ensino Básico e do Ensino Secundário de Física e de Química	33
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA	36
4.1. INTRODUÇÃO	37
4.2. <i>DESIGN</i> DA INVESTIGAÇÃO	37
4.3. DESCRIÇÃO DA INVESTIGAÇÃO.....	39
4.3.1. Parte A.....	39
4.3.2. Parte B.....	40
4.4. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS	41
4.4.1. Teste de Associação de Palavras.....	41
CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO TRATAMENTO E ANÁLISE DE RESULTADOS	43
5.1. INTRODUÇÃO	44
5.2. PARTE A: ANÁLISE QUANTITATIVA DO GRUPO ESCOLAR	44
5.2.1. Teste de Associação de Palavras	44
5.3 CONCLUSÕES PRÉVIAS DA ANÁLISE QUANTITATIVA PARA O GRUPO ESCOLAR	68

5.4. CONCLUSÕES PRÉVIAS DA ANÁLISE QUALITATIVA PARA O GRUPO ESCOLAR.....	69
5.4.1. Mapas conceituais simplificados obtidos para o estímulo Radioatividade nos três níveis letivos.	69
5.5. ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	72
5.5.1. Introdução	72
5.5.2. Experiência 1: Radiação de Fundo	72
5.5.3. Experiência 2: Radioatividade do potássio (^{40}K).....	73
5.5.4. Experiência 3: Radioatividade em Rochas.....	74
5.6. PARTE B: ANÁLISE QUALITATIVA DO GRUPO NÃO ESCOLAR.....	77
5.6.1. Mapas Conceituais Simplificados Para o Grupo Não Escolar.....	77
5.7. COMPARAÇÃO ENTRE OS MAPAS SIMPLIFICADOS OBTIDOS PARA O GRUPO ESCOLAR E PARA O GRUPO NÃO ESCOLAR.....	78
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES REFLEXIVAS	79
6.1. ANÁLISE CRÍTICA DO ESTUDO REALIZADO	80
6.2. CONCLUSÕES DO ESTUDO REALIZADO.....	81
6.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICES	88

Índice de Tabelas

TABELA 1- RADIOATIVIDADE NATURAL NOS ALIMENTOS E BEBIDAS.....	14
TABELA 2 – PALAVRAS / ESTÍMULOS E RESPECTIVO NÚMERO DE ORDEM APRESENTADOS NO TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS	45
TABELA 3 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 1.....	47
TABELA 4 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 2.....	48
TABELA 5 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 3.....	49
TABELA 6 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 4.....	50
TABELA 7 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 5.....	51
TABELA 8 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 6.....	52
TABELA 9 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 7.....	53
TABELA 10 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 8.....	54
TABELA 11 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 9.....	55
TABELA 12 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 10.....	56
TABELA 13 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 11.....	57
TABELA 14 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 1.....	58
TABELA 15. – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 2.....	59
TABELA 16 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 3.....	60
TABELA 17 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 4.....	61
TABELA 18 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 5.....	62
TABELA 19 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 6.....	63
TABELA 20 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 7.....	64
TABELA 21 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 8.....	65
TABELA 22 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 9.....	66
TABELA 23 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 10.....	67
TABELA 24 – NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T), NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A) E RELAÇÃO AT, OBTIDAS PARA O ESTÍMULO 11.....	68
TABELA 25 – VALOR MÉDIO OBTIDO PARA O CLORETO DE POTÁSSIO E PARA A AMOSTRA DE BANANAS.....	74
TABELA 26 – VALORES MÉDIOS OBTIDOS PARA O MINÉRIO DE URÂNIO USANDO DIFERENTES BARREIRAS E FAZENDO VARIAR A DISTÂNCIA.....	76

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

1.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é descrever sucintamente o trabalho realizado nesta dissertação. Inicialmente são apresentados os objetivos, geral e específicos, bem como as suas limitações e por fim, apresenta-se a disposição organizativa utilizada ao longo do presente documento.

1.2. Objetivos e Limitações

1.2.1. Objetivo geral

Pretende-se na presente dissertação confirmar a existência de uma lacuna nos programas do ensino básico e secundário em Portugal sobre a temática *Radioatividade*.

1.2.2. Objetivos específicos

No sentido de dar seguimento ao objetivo geral deste trabalho, pretendeu-se:

- Analisar os conhecimentos sobre *Radioatividade* em contexto escolar no 9º, 10º e 12º anos.
- Desenvolver atividades teóricas e práticas para estes grupos de alunos e realizar uma intervenção didática aplicando as atividades desenvolvidas.
- Desenhar um mapa conceitual simplificado com base nos resultados obtidos nos testes de associação de palavras em contexto escolar para cada um dos estímulos, antes e depois de cada intervenção.
- Analisar as conceções associadas ao tema *Radioatividade* em âmbito não escolar e construir mapas conceituais simplificados.
- Comparar os mapas conceituais simplificados (em contexto escolar antes e depois da intervenção e em contexto não escolar).

1.2.3. Limitações

É de referir que as principais limitações do trabalho desenvolvido foram:

- A limitação temporal, que não permitiu tirar conclusões mais abrangentes e significativas.
- A subjetividade intrínseca à escolha dos estímulos utilizados nos testes de associação de palavras.
- A subjetividade da seleção das associações consideradas “aceitáveis” nos resultados obtidos nos testes de associação de palavras.

– O facto de a seleção dos indivíduos dos grupos utilizados como amostra não ter sido aleatória.

1.3. Organização da dissertação

O presente trabalho está organizado em seis capítulos.

No primeiro capítulo – “*Apresentação do Estudo*” justifica-se a seleção do tema e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo – “*Fundamentação Teórica*” contextualiza-se e fundamenta-se o trabalho realizado. É feita a análise da evolução da Radioatividade como ciência e como conteúdo escolar em Portugal, nos currículos das disciplinas de Química e de Física nos programas oficiais de 1931 e 1948 e depois a partir de 2004.

No terceiro capítulo – “*Revisão da Literatura*” foi feita a análise da bibliografia considerada pertinente para a elaboração deste trabalho. Refira-se que a exposição dos conteúdos abordados neste capítulo é feita como se se tratasse de recursos didáticos.

No capítulo 4 – “*Metodologia*”, são referidos os métodos, o planeamento e os instrumentos aplicados à investigação em causa, fazendo-se também referência ao desenho da investigação. Este capítulo engloba ainda uma caracterização da amostra selecionada, dos procedimentos e condutas utilizados na recolha de dados e no tratamento dos mesmos.

No capítulo 5 – “*Apresentação, Tratamento e Análise de Resultados*” relatam-se as observações e respetivas análises quantitativa e qualitativa, das quais resultaram a elaboração de mapas conceituais simplificados em contexto escolar e não escolar.

Finalmente, no sexto capítulo – “*Conclusões Reflexivas*” são apresentadas as conclusões reflexivas mais relevantes decorrentes da realização do presente trabalho, destacando-se as observações positivas e as limitações encontradas e sugerindo-se possíveis estratégias para investigações em trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Introdução

Este capítulo tem dois objetivos principais que visam fundamentar a elaboração do presente trabalho. A saber:

- Rever a evolução histórica da Radioatividade abordando alguns conceitos básicos.

De referir ainda que os conteúdos abordados neste capítulo se complementam com os referidos no capítulo 3 – *Revisão da Literatura*. Salienta-se ainda, que os conteúdos tratados seguidamente são aqueles cuja abordagem pondera-se ser mais pertinente nos programas dos currículos das disciplinas de Física e de Química sendo expostos como se de recursos didáticos se tratassem.

2.2. Alguns conceitos importantes na abordagem da Radioatividade

2.2.1. Radiações

Por radiações entendem-se os fótons ou outras partículas com massa que se propagam com velocidade elevada e que ao interagirem com a matéria podem produzir diversos efeitos sobre a mesma (Yannick, 2006).

Todos os seres vivos estão continuamente expostos a radiações, quer sejam de origem natural (radiação terrestre, radiação cósmica, radiação emitida por alimentos, entre outros) ou artificial (excitação de núcleos atômicos estáveis).

Convém aqui abrir um parêntesis para enfatizar que tudo o que comemos e bebemos é ligeiramente radioativo. De facto, alguns núclídeos naturais radioativos encontram-se na crosta terrestre, sendo absorvidos por plantas e animais e dissolvidos na água entrando, consequentemente, na cadeia alimentar dos seres humanos. Assim, qualquer alimento contém uma pequena quantidade de radioatividade.

Os radionuclídeos mais comuns nos alimentos são os isótopos ^{40}K , o ^{226}Ra e o ^{238}U e os seus descendentes. Na tabela 1 são referidos os níveis de radioatividade do ^{40}K e do ^{226}Ra em alguns alimentos e bebidas.

ALIMENTO/BEBIDA	⁴⁰ K (pCi/Kg)	²²⁶ Ra (pCi/Kg)
Banana	3520	1
Noz do Brasil	5600	1000-7000
Cenoura	3400	0,6-2
Batata Branca	3400	1-2,5
Carne vermelha	3000	0,5
Cerveja	390	---
Água potável	---	0-0,17

Tabela 1: Radioatividade natural nos alimentos e bebidas (Adaptado de Fawlor,1965).

Deste modo, qualquer organismo humano adquire radionuclídeos, embora em pequenas quantidades, aquando da ingestão de alimentos.

Quanto à radiação artificial esta tem origem nas explosões de armas nucleares, centrais nucleares, acidentes em reatores nucleares, tratamento de resíduos perigosos, combustão de combustíveis fósseis, utilização de radioisótopos na medicina, na indústria e na investigação, uso de raios X, aceleradores no radiodiagnóstico, na radioterapia, entre outros. (Oliveira, 2006).

O somatório das radiações, quer de fontes naturais, como de artificiais, a que estamos continuamente expostos, designa-se por radiação de fundo (Leo, 1992).

Por outro lado é possível categorizar as radiações como radiação eletromagnética ou radiação sob a forma de partículas com massa. No primeiro caso, incluem-se as radiações do espectro eletromagnético, tão frequentemente mencionadas nas disciplinas de física e de química. No caso das radiações sob a forma de partículas, citam-se as mais comuns: a radiação alfa, a radiação beta, feixes de eletrões, feixes de prótons e neutrões.

Seja qual for o tipo de radiação, a sua interação com a matéria produz efeitos vários, tais como sensação de calor, obtenção de imagem numa chapa fotográfica, aquecimento de alimentos ou a produção de iões e eletrões livres devido à ionização. Assim, surge outra classificação de radiação: ionizante, em gamas de valores de energia superiores a 10 eV e radiação não ionizante para valores energia menores que 10 eV.

A primeira possui energia suficiente para ionizar ou excitar átomos, e nela incluem-se as partículas alfa e beta, eletrões, prótons, neutrões, raios gama e raios-X e Ultra Violeta.

As radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para ionizar um átomo, podendo apenas deixar o átomo num estado excitado. Em termos de radiação eletromagnética, a radiação não ionizante inclui as radiações na zona do visível, do infravermelho, microondas, ondas de rádio, etc. Este tipo de radiações está frequentemente presente no nosso dia-a-dia, como seja ao ver televisão, a exposição solar, a utilização de um forno microondas para aquecer alimentos, entre outros.

Todas as radiações ionizantes, quer sejam partículas quer sejam fotões, perdem energia nas interações com a matéria. Quanto maior for a energia da radiação mais

interações é capaz de produzir. Para a mesma energia o poder de penetração depende do tipo de radiação, como se pode observar na figura 1.

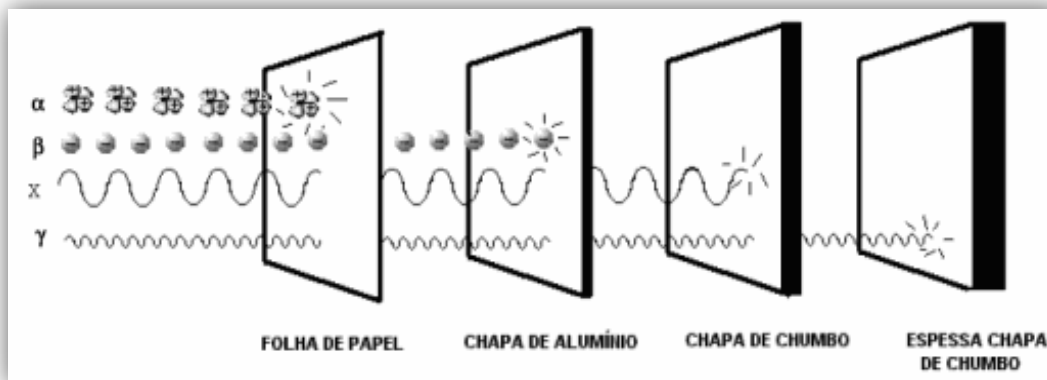


Figura 1 -Poder penetrante das radiações alfa, beta, raios X e gama.

O poder de penetração das radiações ionizantes varia da seguinte forma:

partículas α < partículas β (eletrões e positrões) < fótons (γ e X) < neutrões

2.2.2. A descoberta dos raios X

O final do século XIX e o início do século XX ficaram marcados pelos grandes avanços da química nos estudos da condutividade de gases.

Uma dessas investigações deu origem à descoberta dos raios X pelo físico alemão Wilhelm C. Röntgen, que foi laureado posteriormente com o Prémio Nobel da Física, em 1901.

Em novembro de 1895, Röntgen trabalhava numa sala totalmente escura, utilizando uma ampola de vidro no estudo da condutividade de gases. Com espanto, reparou que, a certa distância da ampola, uma folha de papel tratada com um composto de bário, usada como tela, emitia luz. Colocou diversos objetos entre a ampola e a tela e observou que todos pareciam transparentes. Realizou vários estudos registando em chapas fotográficas as suas observações e só então teve certeza de que estava diante de uma constatação nova: os objetos tornavam-se transparentes diante dos novos raios que, por serem desconhecidos, chamou de raios X (Allan, *et al*, 2007; Radvanyi. e Bordy, 1984).

2.3. – A descoberta da radioatividade: as partículas α e β e a radiação γ

O francês Antoine H. Becquerel, membro de uma família de quatro gerações de físicos de renome, tinha grande interesse pelo estudo dos fenómenos de fosforescência e fluorescência. A descoberta dos raios X por Röntgen despertou o seu interesse em verificar se substâncias fosforescentes ou fluorescentes emitiam aquela radiação. Becquerel tinha a forte convicção de que os fenómenos que pretendia estudar dependiam da exposição solar. No entanto, numa altura em que as condições meteorológicas não eram “favoráveis” às suas experiências, Becquerel guardou uma determinada quantidade de um sal de urânio numa gaveta junto a uma chapa fotográfica. Assim que retomou os seus ensaios, Becquerel verificou que os sais de urânio tinham impressionado na chapa fotográfica e após várias experiências chegou à conclusão de que a radiação era originária do próprio elemento e não tinha relação com o fenómeno da fluorescência (Snyder, 1997). Esta radiação, que inicialmente ficou conhecida como “Raios de Urânio”, foi chamada em 1898 radioatividade pela polaca Marya Sklodowska, conhecida por Marie Curie.

Em 1900, pouco tempo após as descobertas de Becquerel, o físico neozelandês Ernest Rutherford e o físico francês Pierre Curie identificaram, de forma independente e quase simultaneamente, dois tipos distintos de emissões oriundas dos elementos radioativos. Essas radiações foram denominadas partículas alfa (α) e beta (β). No mesmo ano, o físico francês Paul U. Villard identificou outra espécie de radiação eletromagnética, que também era emitida por esses elementos, que denominou radiação gama (γ).

Em 1903, Rutherford verificou que a radioatividade era um fenómeno que ocorria em núcleos instáveis de alguns elementos químicos. Este fenómeno, através do qual os átomos do elemento original eram eventualmente transformados em novos elementos, ficou conhecido como decaimento radioativo. Verificou-se ainda que a velocidade do decaimento radioativo por unidade de massa é fixa para um determinado elemento radioativo, não dependendo da sua composição química ou do seu estado físico; variando drasticamente de um elemento radioativo para outro (Martins, 2004).

O decaimento radioativo é expresso em termos de meia-vida, que é o tempo necessário para a atividade de um elemento radioativo decair para metade do seu valor original.

Em 1913, os físicos F. Soddy, A. Russell e K. Fajans, em trabalhos independentes, elaboraram uma generalização sobre as emissões α , β e γ , que ficou conhecida como Lei do Deslocamento: *“Quando uma partícula alfa for emitida, o novo átomo será deslocado duas casas à esquerda na Tabela Periódica. Quando for emitida uma partícula beta, o novo átomo deslocar-se-á uma casa para a direita na Tabela Periódica”*. Os elementos radioativos

que permanecessem na mesma posição da tabela periódica seriam quimicamente idênticos. Soddy propôs, o nome de isótopos¹ para os elementos deste último caso (Romer, 1997).

2.3.1. Partículas α

Após a descoberta dos raios X por Röntgen e dos “raios urânicos” por Becquerel, Rutherford realizou uma experiência que consistiu em interpor uma folha de alumínio no trajeto das radiações. Constatou que uma parte destas era detida pelo obstáculo, enquanto outra parte o atravessava facilmente como se mostra na figura 2. Deu o nome de α aos raios que eram detidos pelo alumínio e de β aos que o atravessavam (Latil, P., 1963). Atualmente sabe-se que as partículas α são constituídas por dois prótons e dois neutrões, isto é, um núcleo de hélio.

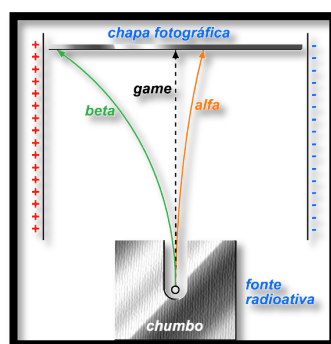


Figura 2 – Desvio de partículas α e β e de raios γ por ação de um campo elétrico.

As partículas α perdem energia fundamentalmente por excitação e por ionização de átomos e moléculas (Tipler, 2001; Moreira, 2005).

As partículas alfa são as mais pesadas e, por isso, as mais lentas e pouco penetrantes. São pouco defletidas, nas suas interações com os átomos e moléculas da matéria que atravessam, daí que as suas trajetórias num dado meio sejam, em geral, retilíneas.

Um fator que contribui para o elevado poder de ionização destas partículas é a diminuta velocidade, o que, conseqüentemente, determina um tempo de interação razoavelmente grande. Como em cada ionização a partícula α perde uma parte da sua energia, a sua velocidade diminui muito rapidamente o que explica o seu baixo poder de penetração. De facto, o alcance das partículas alfa é muito pequeno o que faz com que sejam facilmente blindadas. Uma folha de papel é suficiente para impedir a sua trajetória. No ar o seu percurso não excede 5 cm. No corpo humano a penetração é tão pequena que não consegue atravessar a nossa pele.

¹Iso – o mesmo. *Topos*- lugar

Por outro lado, têm poder ionizante forte pelo que podem provocar danos graves nas células vivas, pelo que a inalação ou ingestão de emissores de partículas alfa é muito perigosa uma vez poderá danificar os tecidos.

2.3.2. Partículas β

Na sequência da experiência de Rutherford, descobriu-se que as partículas β são eletrões emitidos pelo núcleo de um átomo instável.

Os eletrões podem interagir com a matéria fundamentalmente por duas maneiras distintas: por ionização e por radiação de travagem ("*bremsstrahlung*") (Moreira, 2005).

Devido ao facto de apresentarem maior velocidade e menor carga que as partículas α , a ionização das partículas β é menor e o seu poder de penetração é maior. Como são relativamente leves os eletrões sofrem colisões com os núcleos com pouca perda de energia pelo que as trajetórias ao longo da matéria são irregulares.

Para fontes de fraca intensidade uma folha de alumínio com alguns milímetros de espessura é suficiente para absorver os eletrões impedindo a sua passagem.

2.3.3. Radiação γ e X

Os raios X são radiações da mesma natureza da radiação γ (ondas eletromagnéticas), com características semelhantes. Só diferem da radiação γ pela origem, ou seja, os raios X não são emitidos a partir do núcleo do átomo. (Dwelshauvers-Dery, 1986).

Devido à ausência de carga e de massa as radiações eletromagnéticas ionizantes (radiação X e γ) podem penetrar num material e percorrer grandes distâncias antes de sofrer a primeira interação.

Têm poder ionizante forte e são muito mais penetrantes que as partículas α e β , não tendo um alcance definido. Os raios X produzidos por fontes naturais são, em geral, menos penetrantes que os raios γ . O corpo humano é facilmente atravessado por estes raios. A blindagem para este tipo de radiação faz-se com materiais densos como chumbo ou tipos especiais de cimento.

Os raios X e γ possuem a mesma natureza da luz visível, mas comprimento de onda muito pequeno entre os 0,03 nm e os 3 nm ou seja possuem elevada energia (1 keV – 100 keV).

A ionização provocada pelos raios X pode ser primária, se for produzida diretamente pelos fotões incidentes, ou secundária se for produzida pelos fotões ou eletrões extraídos durante a primeira ionização.

2.3.4. Nuclídeos e tempo de meia vida

Um nuclídeo é uma espécie caracterizada pelo seu número atómico (Z) e número de massa (A) e cuja estabilidade é determinada pela relação entre o número de prótons e neutrões (Oliveira, R. *et al*, 2006).

O tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) é definido como o tempo necessário para reduzir a metade a atividade inicial de um radionuclídeo, sendo independente das condições físicas e químicas e característico de cada radionuclídeo.

2.3.5. A descoberta da radioatividade artificial

Em janeiro de 1934, o casal Irène Curie e Frédéric Joliot, filha e genro de Marie e Pierre Curie, descobriram a radioatividade artificial.

Esta descoberta foi concretizada mediante o bombardeamento átomos de boro por radiação de partículas α numa folha de alumínio- isótopo 27, tendo observado a formação de um novo isótopo radioativo, o fósforo-30. Esta descoberta mostrou ser possível produzir radioisótopos que não existiam na natureza, através do bombardeamento de um núcleo estável. Por esta descoberta foram, em 1935, galardoados com o prémio Nobel de Química.

2.3.6. Reações nucleares

As reações nucleares diferem das reações químicas “convencionais” uma vez que envolvem alterações nos núcleos atómicos, transformando eventualmente, um elemento químico noutra. Este facto, evidencia a importância da radioatividade, pela criação de novos elementos, como se de alquimia se tratasse. Acerca deste assunto a Revista *Superinteressante* (Venturoli, 1997), refere:

“Um lingote de ouro é muito diferente de uma gota de mercúrio. O primeiro é amarelo, sólido e conduz bem a eletricidade. O segundo é prateado, líquido e um péssimo condutor. A diferença é radical. Porém, o que provoca toda essa mudança é uma simples partícula atômica, tão incrivelmente pequena que nem o mais poderoso microscópio do planeta poderia torná-la visível aos olhos.

O próton pode realizar o sonho aparentemente absurdo dos alquimistas: transmutar os elementos. Com ele, é possível transformar o ferro em ouro. Sem truques nem efeitos especiais. E muito mais: apenas pela soma de prótons, um a um, a natureza consegue criar tudo o que existe no Universo.”

Tal como em tudo, existe um reverso da medalha é extremamente perigoso, pois a quantidade de energia envolvida neste tipo de reações é elevadíssima, dissipada sob a forma de radiação. Nestas reações destacam-se a fissão nuclear e a fusão nuclear.

Fissão nuclear

A fissão nuclear consiste na divisão do núcleo de um átomo em dois ou mais núcleos menores com libertação de zero ou mais neutrões e de uma elevada quantidade de energia.

Um exemplo deste tipo de reação é a fissão do isótopo ^{235}U de urânio. Nesta reação o núcleo de urânio é excitado pela captura de um neutrão, fragmentando-se em dois núcleos, como se mostra na reação seguinte (Tipler, 2001):

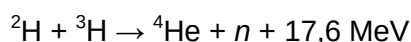


Equação 1

O mesmo núcleo pode sofrer fissão de modo diferente produzindo fragmentos de tamanhos diferentes. No processo de fissão nuclear, a massa dos núcleos originados é inferior à massa dos núcleos iniciais, entrando em conta também com as massas dos neutrões, sendo a diferença energética calculada de acordo com a equação de Einstein: $E=\Delta mc^2$. Por exemplo, a fissão de 1 kg de ^{235}U liberta aproximadamente 5×10^{26} MeV (Moreira, 2005). Os neutrões emitidos poderão dar origem a novas fissões (Tipler, 2001) ocorrendo uma reação em cadeia. Este é o princípio usado no funcionamento dos reatores nucleares e na bomba atómica.

Fusão nuclear

A fusão nuclear baseia-se na junção de dois núcleos leves formando um núcleo mais pesado. Um exemplo deste tipo de reacção ocorre entre o deutério (^2H) e o trítio (^3H) os quais se fundem para originar um núcleo mais pesado de ^4He , de acordo com a equação:



Equação 2

Embora o saldo energético por quilograma nesta reação seja cerca de 4,3 vezes maior que numa reação típica de fissão, não existe contudo tecnologia viável para este propósito. Com efeito, para obter energia a partir da fusão nuclear, é necessário aquecer os núclídeos até valores de temperatura, da ordem dos milhões de graus Celcius! Este tipo de reações ocorre frequentemente no interior das estrelas, onde a matéria existe na forma de uma massa gasosa de catiões e eletrões – o plasma. Um dos maiores problemas dos

reatores nucleares é precisamente manter o plasma confinado por um intervalo de tempo suficiente para que as reações ocorram (Tipler, 2001).

Refira-se que estes temas poderiam ser melhor abordados no programa das disciplinas de Física e Química, nomeadamente no 10º ano, na Unidades 1: “*Das estrelas ao átomo*” e Unidade 2: “*Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura*”.

2.4. Aplicações da radiação ionizante no dia-a-dia

Embora escassamente divulgada e muitas vezes mal interpretada, a tecnologia desenvolvida a partir dos princípios radioativos, tem experimentado avanços significativos.

Dia após dia, novas técnicas são desenvolvidas em diferentes áreas da atividade humana, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais (Cardoso, 2008).

Seguidamente serão citadas algumas aplicações da radioatividade na Medicina, na Arqueologia e na Agricultura. A seleção destas áreas baseia-se na falta de conhecimento e confusão de termos comumente usados, como *raios X*, *radioterapia* e *carbono-14*, entre outros.

2.4.1. Medicina

A capacidade de emissão de radiação dos isótopos radioativos confere-lhes uma vasta gama de aplicações. Com efeito, mesmo em quantidades cuja massa seja diminuta, a radiação por eles emitida pode ser detetada. Por outro lado, a absorção da energia das radiações pelas células, que normalmente é prejudicial para os seres vivos, pode ser usada em seu benefício, quando empregue na destruição de células ou de microorganismos nocivos (Oliveira *et al*, 2006).

Uma das aplicações mais conhecidas da radiação ionizante na medicina é a Radioterapia, a qual consiste em eliminar tumores malignos utilizando raios X, radiação gama ou fontes de eletrões. O princípio básico resume-se na eliminação de células cancerígenas e simultaneamente em evitar a sua multiplicação (Yannick, 2006).

A radiação X, vulgarmente designada por raios X, é uma fonte artificial de radiação vastamente usada em diagnósticos e exames médicos. As imagens obtidas resultam da diferente composição dos tecidos e consequentemente da diferente absorção que a radiação experimenta ao atravessar o corpo humano.

Fazem ainda parte deste tipo de técnicas a mamografia (deteção do cancro da mama), os marcadores radioativos, como o iodo usado na deteção do cancro da tiróide.

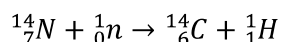
(Bellintani *et al*, 2002), a tomografia por emissão de positrões – PET (técnica que permite detetar doenças ou alterações nos órgãos na fase inicial de uma doença).

O desenvolvimento de novos radiofármacos é um dos desafios da ciência e baseia-se na tentativa de aumentar cada vez mais a especificidade dos locais-alvo, diminuindo ao máximo a toxicidade relativamente aos tecidos saudáveis (Volkert *et al.*, 1999).

2.4.2 Arqueologia

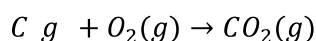
A técnica usada para determinar a idade de uma amostra de núclídeos radioativos consiste em medir as abundâncias de dois isótopos, sendo pelo menos um deles radioativo e compará-las com as abundâncias conhecidas.

Uma das técnicas mais utilizadas na determinação da idade de amostras arqueológicas que contenham carbono, vulgarmente conhecida como determinação do *Carbono 14* baseia-se na medição da relação entre o número de átomos do isótopo de ^{14}C e o número de átomos de ^{12}C existente na amostra. O ^{14}C é produzido continuamente na atmosfera pela reação entre o azoto e neutrões térmicos provenientes de raios cósmicos, de acordo com a equação 3:



Equação 3

O ^{14}C resultante dessa reação combina-se com o oxigénio do ar formando dióxido de carbono de acordo com a equação 4:



Equação 4

O dióxido de carbono, CO_2 , produzido comporta-se quimicamente do mesmo modo que o dióxido de carbono produzido a partir de átomos de ^{12}C (Cabral, 2004).

Uma vez produzido, o ^{14}C decai novamente para ^{14}N e tendo em conta que é radioativo, está continuamente a ser transformado em ^{14}C . Deste modo, o radiocarbono está, incessantemente a ser produzido e a sua quantidade permanece praticamente constante na Terra.

Como os organismos vivos trocam CO_2 continuamente com a atmosfera, a razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ nos organismos vivos é igual à relação de equilíbrio na atmosfera, que atualmente é igual a $1,35 \times 10^{-12}$.

Quando um organismo morre terminam as trocas de carbono entre ele e o ambiente pelo que o teor de ^{14}C começa a diminuir de acordo com o período característico do declínio desta espécie radioativa ($t_{1/2}=5730$ anos).

A taxa de decaimento do ^{14}C por grama de carbono pode ser usada para estimar o tempo que se passou desde a morte do organismo até ao presente (Tipler, 2001; Oliveira, 2004).

2.4.3 Agricultura

O controlo de pragas e de pestes com recurso a radioisótopos é um dos desafios da química (Martins, 2001; Saha, 1998).

Uma vez mais a radioquímica emerge como “alquimia” em processos complexos e difíceis de obter de um modo sustentável, como é o caso da hibridação de sementes, preservação de alimentos e estudos para aumento de produção. Cita-se como exemplo, a procura da semente ideal para a obtenção de boas colheitas obtida pela exposição das sementes às radiações de alguns isótopos (Bellintani *et al*, 2002).

2.5. Detetores de radiação ionizante

Existem vários tipos de detetores de radiação ionizante como, por exemplo, detetores de cintilação, detetores de silício do tipo barreira de superfície (SSB), detetores Geiger-Müller, entre outros.

No âmbito do presente trabalho será brevemente descrito o detetor Geiger-Müller, por ter sido este tipo de detetor utilizado nas atividades práticas.

2.5.1. Detetor Geiger-Müller

O detetor Geiger-Müller deve o seu nome aos seus criadores Geiger e Müller, em 1928. Possibilita a deteção de radiação ionizante, tais como partículas alfa e beta e radiação X e γ (Abreu *et al*, 1994), não possibilitando, no entanto, a quantificação da energia dessas partículas.

O detetor Geiger-Müller é constituído por um cilindro metálico que confina no seu interior uma mistura de gases, (por exemplo, árgon ou hélio) e um eléctrodo positivo, o ânodo, que está ligado a um circuito exterior.

O invólucro metálico serve de eléctrodo a potencial zero (cátodo). Entre o ânodo e o cátodo é aplicada uma diferença de potencial (da ordem das centenas de volt).

Uma das extremidades do cilindro, a janela do detetor, é fechada com uma película fina de um material menos absorvente (mica, grafite, etc.). Durante as medições, a janela do detetor deve estar orientada para a fonte radioativa de modo a facilitar a entrada de partículas e radiação a detetar.

Quando um feixe de radiação atravessa a entrada do detetor remove um eletrão ao átomo do gás, isto é, dá-se a sua ionização. O eletrão removido é então atraído para o ânodo e o ião para o cátodo, embora mais lentamente uma vez que é mais pesado que o eletrão. Neste processo os eletrões podem ganhar energia cinética suficiente para provocarem ionizações secundárias durante o seu trajeto até ao ânodo. (Oliveira, 2006)

Produz-se um sinal elétrico porque os eletrões ao atingirem o cátodo provocam uma diminuição do potencial de elétrodo. Uma vez atingido o seu percurso até ao cátodo, o sinal elétrico desaparece pois a diferença de potencial é restabelecida. O tempo típico do sinal é de 2×10^{-4} s.

Um sistema completo de deteção Geiger-Müller é constituído pelo detetor, uma fonte de alta tensão para polarizar o ânodo a um potencial conveniente e um sistema de contagem, tal como se pode observar na figura 3.

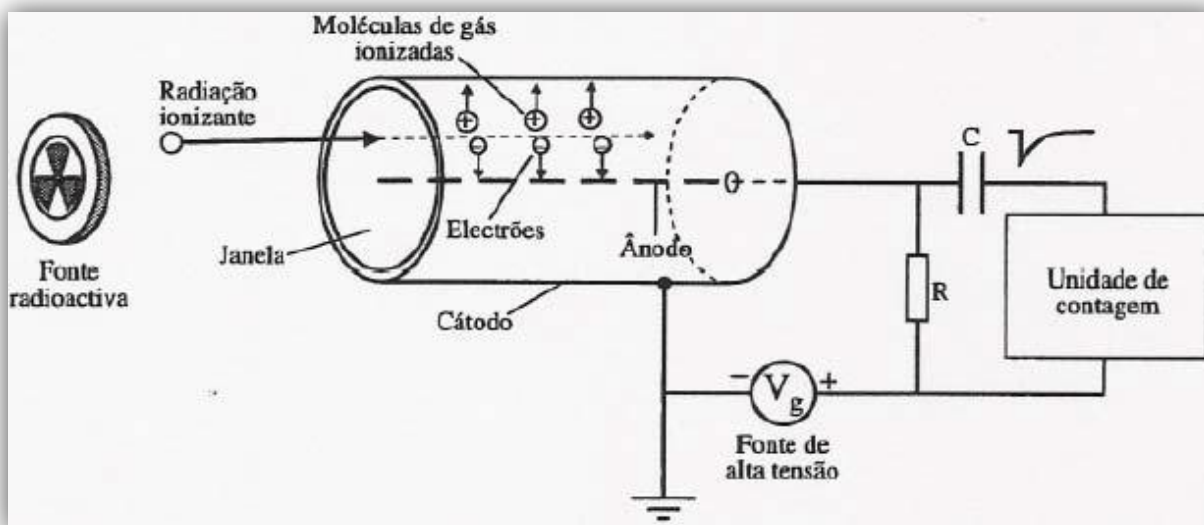


Figura 3: Detetor Geiger-Müller (Abreu, 1994).

CAPÍTULO 3 – REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Introdução

Neste capítulo é realizada uma análise de revisão da literatura considerada como pertinente para a realização do presente estudo.

Inicialmente é feita a descrição da pesquisa sobre a evolução da abordagem da radioatividade no Ensino Básico e Secundário em Portugal, citando e enumerando sempre, que considerado importante, os estudos realizados neste âmbito.

Tendo sempre presente a perspetiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente que os documentos do Ministério da Educação enfatizam no ensino das ciências e considerando que fenómenos relacionados com a radioatividade estão permanentemente presentes no nosso quotidiano, muitas vezes vinculados apenas aos seus malefícios, considera-se que este é um tema que deverá ser explorado e bem compreendido pelos alunos.

3.2. Pertinência da Abordagem da Radioatividade no Ensino Básico e Secundário em Portugal

A radioatividade é um fenómeno físico e químico através do qual os núcleos atómicos de alguns elementos químicos sofrem transformações e emitem radiações, podendo, nesse processo, formar-se novos elementos químicos. (Martins, 1990). Esta descoberta deve-se a Henri Becquerel que, em 1896, após ter guardado numa gaveta um composto de urânio juntamente com uma chapa fotográfica, havendo depois revelado a referida chapa, verificou que esta tinha sido impressionada, mostrando assim sinais de radiação emitida espontaneamente pelo urânio, fenómeno que viria mais tarde a ser chamado por Marie Curie de radioatividade (Latil,1963).

Quando se apresenta esta definição de radioatividade aos alunos, quer do ensino básico, quer do secundário, verifica-se que alguns se surpreendem com a formação de novos elementos químicos, e que muitos colocam questões que revelam um “profundo desconhecimento” do fenómeno em causa. Constata-se ainda que este “profundo desconhecimento” tem repercussões em contexto não escolar, sendo transversal em vários setores da sociedade, nomeadamente na comunicação social. Com efeito, atribui-se frequentemente à radioatividade uma conotação social perturbadora, normalmente negativa, bastando para isso recordar os acidentes em centrais nucleares, como o de Chernobil, Ucrânia, em abril de 1986 e mais recentemente, em março de 2011, o de Fukushima, no Japão.

Acrescida a esta constatação, verifica-se a débil inserção e explicação do tema nos programas curriculares do ensino em Portugal que, praticamente não o abordam ou se o fazem atribuem-lhe algum sentido de “perigosidade maior”.

Trata-se portanto de um tema científico tão inquietante quanto interessante, tendo no entanto uma conotação negativa na vertente social e consequentemente a nível académico.

A título exemplificativo citam-se alguns títulos de notícias retiradas de fontes de comunicação social que ilustram conotações negativas de radioatividade.

“Aumenta nível de radioatividade em Fukushima”, em JORNAL DE NOTÍCIAS, 2014-04-12.

“Central nuclear britânica evacuada devido a radioatividade”, em EXPRESSO, 2014-04-28.

“Reitoria do Minho volta a negar radioatividade” em informacao.canalsuperior.pt/noticia/16816, 2013-12-13.

Perante estas constatações é pertinente questionar: “ Por que motivo o conceito de radioatividade está constantemente vinculado apenas às suas desvantagens?” “Terá a Escola responsabilidades nesta conotação?”. As respostas a estas questões estão necessariamente relacionadas com inúmeros fatores, mas antevendo as conceções erradas do tema em causa, importa abordar, ainda que simplificadamente as *Conceções Alternativas* e a importância da construção de *Mapas Concetuais*.

3.3. Conceções Alternativas e Mapas Concetuais

As conceções alternativas são definidas como conceções que divergem perceptivelmente das socialmente aceites pelas comunidades científicas. (Duarte, 1993). A investigação em conceções alternativas mostra que os alunos desenvolvem conceções diferentes daquelas que se supõe que adquiram e que essas conceções podem influenciar aprendizagens e construção de ideias erradas que impedem a aprendizagem de conceitos científicos, tidos como apropriados.

Alguns dos fatores que influenciam a aquisição destes conceitos são a falta de rigor na linguagem, a simplificação de conceitos e pré conceções adquiridas no dia-a-dia.

Joseph Novak, biólogo de formação, dedicou grande parte dos seus estudos à educação científica (Duarte, 2007).

Na década de 70, Novak e os seus colaboradores desenvolveram um projecto de ensino audiotutorial, o qual envolvia a gravação de respostas dos alunos. Confrontados com a necessidade de interpretação de conteúdos e discernimento de padrões de mudança

conceitual desses alunos, começaram a representar as suas respostas através de mapas hierarquizados de conceitos e preposições (Duarte, 2007). Esses mapas foram chamados de mapas conceituais ou mapas de conceitos e viriam a tornar-se numa importante ferramenta de trabalho em várias áreas, entre as quais se destaca a educação.

Assim pretende-se conhecer preliminarmente a conceção alternativa de radioatividade e categorizando as respostas obtidas, construir mapas conceituais simplificados, que certamente auxiliarão a realizar estudos posteriores.

3.4. Evolução da divulgação da Radioatividade em Portugal

3.4.1. Publicações Importantes

A história da evolução dos estudos relacionados com a radioatividade em Portugal reflete, de certo modo, a evolução das ciências na primeira metade do século XX. A atividade científica realizada nesse domínio, sugere que os estudos de radioatividade contribuíram significativamente para uma nova maneira de fazer ciência em Portugal e para a consequente modernização da sua Universidade (Bragança Gil *et al.*, 2010).

A divulgação da radioatividade e da radiação X em Portugal iniciou-se em 1896 através da revista *O Instituto*. Nesse magazine, em 1906 e 1907, João de Magalhães publica um conjunto de artigos, cujos conteúdos se revelaram um estudo sério e significativo de introdução à radioatividade (Bragança Gil *et al.*, 2010).

A partir dessa data, a radioatividade viveu momentos bem-aventurados, quer a nível nacional, quer internacional. Cita-se com algum espanto a ideia de que a radioatividade das águas termais era a causa das suas virtudes curativas. Inclusivamente, Pierre Curie publicou vários estudos sobre radioatividade de águas termais, um deles relativo à água de Caldelas (Bragança Gil *et al.*, 2010).

Em 1911, começam a ser publicados na *Revista de Química Pura e Aplicada* trabalhos de investigação, em geral aplicada, e também de notas e artigos de divulgação, relacionados com estudos e experiências de radioatividade.



Figura 4 - Logótipo da Revista de Química Pura e Aplicada (Bragança Gil et al., 2010).

Nesta revista, foi igualmente publicado aquele que é considerado o 1º curso sobre Radioatividade em Portugal, intitulado *Notas das Lições de Radioactividade dadas no Instituto Superior Técnico de Lisboa*, da autoria de G. Costanzo.

Outras publicações, como *Brotéria* e *Seara Nova* divulgaram também trabalhos e artigos sobre radioatividade.

Segundo alguns autores, tais como Bragança Gil, Serra e Viegas, 2010, a *Gazeta de Física*, fundada em 1946 por Armando Gibert (1914-1985), um colaborador do Centro de Estudos de Física, foi a publicação que mais promoveu a divulgação do tema em causa.

Em 1963 Gibert funda outra revista, *Energia Nuclear*, uma publicação associada ao *Fórum Atómico Português*.

Entre os jesuítas que contribuíram para a ciência inclui-se Oliveira Pinto (1868-1933), professor do Colégio de Campolide, figura incontornável para o estudo da História da Física em Portugal no início do século XX. Foi um dos fundadores da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais (SPCN) em 1907. Revelou-se um promotor dos estudos experimentais sendo, ele próprio, um experimentalista de cariz internacional. Foi o primeiro cientista a apresentar uma comunicação, contendo resultados originais, no segundo Congresso de Radiologia e Ionização em Bruxelas, no ano de 1910, depois de uma viagem científica onde passou pelo laboratório de Marie Curie e aprendeu as técnicas radiológicas mais recentes (Leitão, 2012).

Outro facto importante foi o número de cientistas portugueses a concluir o seu doutoramento no laboratório Curie, apoiados pela Junta de Educação Nacional fundada em 1929 com o objetivo de desenvolver a investigação científica.

Nesse mesmo ano, Cyrillo Soares (1883-1950), Professor da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, apoiado pela Junta de Educação Nacional e motivado pela necessidade de institucionalizar o trabalho científico já realizado, funda o Centro de Estudos de Física (CEF). Este Centro foi sem dúvida um importante promotor dos estudos no domínio da Física, em particular da Radioatividade. Exemplos disso são as onze teses de doutoramento impulsionadas por este Centro entre 1930 e 1954 e o elevado número de publicações de trabalhos de investigação fundamental de grande qualidade da autoria dos seus colaboradores.

Apesar do prestígio e do sucesso deste centro de investigação (Bragança Gil *et al.*, 2010), em 1947 foram afastados da Universidade os seus principais investigadores pelo que o CEF perdeu a sua dinâmica, diminuindo muito em quantidade e qualidade o trabalho aí desenvolvido.

Este facto pode também ter contribuído para o atraso e irregularidade do ensino da radioatividade em Portugal.

3.4.2. Radioatividade no Ensino Secundário

Notas preliminares

Só em 1931 o currículo de química inclui pela primeira vez “*Noções rudimentares de radioactividade*”.

Em 1934 há alterações no programa e aparecem os tópicos: “*Radiações de substâncias radioactivas. Constituição do átomo. Electrões livres e interpretação moderna de fenómenos eléctricos*”.

Até 1948, os currículos das disciplinas de física e de química tratavam com pouco desenvolvimento o tema radioatividade. Esse ano revelou-se ser um ano marcante quanto à inclusão e grau de aprofundamento do tema em causa. De facto, o currículo de química apresentou o tópico da radioatividade com grande desenvolvimento (Maia, Serra e Viegas, 2009).

3.3.4. Programa de Química no ano de 1948

- *Elementos radioactivos e radioactividade.*
- *Descoberta de Becquerel. Os raios do urânio e do tório.*
- *A radioactividade é uma propriedade atómica.*
- *A descoberta do casal Curie: polónio e rádio. Actínio. Propriedades gerais dessas substâncias.*
- *A comparação da radioactividade usando o electoscópio.*

- *Minerais radioactivos. Minerais radioactivos portugueses. Radiação α, β e γ .*
- *Sua acção sobre placas fotográficas.*
- *Poder penetrante. Detecção destes raios por cintilação e pela câmara de Wilson.*
- *Produção de hélio por radioelementos.*
- *Emanações radioactivas. Determinação do número de Avogadro.*
- *O átomo não é indivisível.*
- *As partículas que constituem o átomo. Hipótese actual sobre o número e posição dessas partículas.*
- *Níveis de energia. Transmutações espontâneas.*
- *Período de semi-transformação.*
- *Níveis de energia. Transmutações espontâneas.*
- *Período de semi-transformação.*
- *Isótopos do chumbo. Isótopos em geral. A sua constituição.*
- *Deutério. Métodos de separação de isótopos.*
- *Isóbaros.*
- *Massa atómica e número de massa.*
- *Colocação de isótopos e isóbaros na tabela de Mendeleev.*
- *Representação esquemática de alguns átomos.*
- *Transmutação artificial de elementos.*
- *Bombardeamentos com partículas α .*
- *A descoberta do neutrão e a sua importância.*
- *Transmutações produzidas por neutrões e deuterões acelerados artificialmente.*
- *Criação artificial de radioelementos.*
- *Bombardeamento de urânio com neutrões.*
- *Elementos transurânicos.*
- *Fissão do urânio.*
- *Reacções em cadeia.*
- *Energia atómica.*

Até meados do século XX a radioatividade e a sua divulgação constituíam motivos de grande interesse académico e inequívoca importância social, altura a partir da qual essa tendência se inverteu. De facto motivos como por exemplo as bombas atómicas, os acidentes nucleares, as contaminações radioativas, a guerra fria e a ameaça nuclear

contribuíram para que a radioatividade se mostre hoje como algo de extremamente perigoso, embora a sua descrição concetual atinja níveis de ignorância inaceitáveis.

3.4.3. Evolução dos programas curriculares recentes

Com a Reforma do Ensino Secundário que entrou em vigor no ano letivo 2003/2004, foram introduzidos alguns assuntos relacionados com a radioatividade abordados em Física Moderna, os quais são lecionados nas disciplinas quer de Física quer de Química atualmente.

Por outro lado, verifica-se de um modo transversal, que os programas curriculares do ensino das ciências evidenciam as suas relações com a tecnologia, com o ambiente, com as suas aplicações na sociedade e com os desenvolvimentos científicos. Assim, e tendo sempre presente esta perspetiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade -Ambiente) surge o presente trabalho que pretende essencialmente contribuir para o ensino da física e da química no Ensino Básico e Secundário, recorrendo nalguns casos ao tema da radioatividade, desmistificando-o, tornando-o entendível e reconhecendo a sua grandeza científica.

É neste contexto que se propõe a realização de um estudo que consiste essencialmente na análise concetual atual da *radioatividade* em contexto escolar e não escolar, de modo a avaliar as consequências da sua escassa inclusão nos programas curriculares atuais de Física e de Química no Ensino Básico e Secundário.

3.5. Análise dos Programas Curriculares Atuais de Física e de Química no Ensino Básico e Secundário em Portugal

É cada vez mais partilhada a reflexão de que a formação científica dos cidadãos em sociedades de caráter científico e tecnológico deve incluir três componentes: a educação em ciência, a educação sobre Ciência e a educação pela Ciência (DES, 2001).

No primeiro caso está em causa o conhecimento em si (conceitos, leis, princípios, teorias).

A educação sobre a Ciência tem como objeto de estudo a natureza da própria ciência, ou seja, os aspetos científicos. Esta dimensão questiona o estatuto e os propósitos do conhecimento científico. Mas, para que esta reflexão não se dirija apenas para a vertente científica é fundamental que o currículo escolar se debruce sobre questões e problemas surgidos no dia-a-dia, que se discutam problemáticas sócio-científicas, que se revele a Ciência como uma parte cultural da nossa época.

A educação pela Ciência tem como objetivo a dimensão formativa e cultural do aluno através da ciência, valorizando objetivos de formação pessoal e social (educação do consumidor, impacte das atividades humanas no ambiente, entre outros).

Estas três vertentes, contribuem para a concretização da educação dos jovens para o pleno exercício da cidadania democrática, desenvolvendo nos mesmos o pensamento crítico.

Acrescido a este quadro curricular, antevê-se que a educação CTSA possa assumir uma grande variedade de abordagens, mas a abordagem problemática tem sido a mais usada nos currículos. Nela utilizam-se grandes temas-problema da atualidade.

Segundo o documento *Programa de Física e Química A, 10º e 11º anos*, do Ministério da Educação, a elaboração dos programas de Física e Química A, partilha esta posição, defendendo que estes incluam (DES, 2001):

- Conteúdos científicos permeados de valores e princípios.
- Relações entre experiências educacionais e experiências de vida.
- Combinação de atividades de formatos variados.
- Envolvimento ativo dos alunos na busca de informação.
- Recursos exteriores à escola (por exemplo, visitas de estudo devidamente preparadas).
- Temas atuais com valor social, nomeadamente problemas globais que preocupam a humanidade.

Neste contexto, e tendo sempre presente o propósito da inclusão da radioatividade nos currículos dos programas de Física e Química, realizou-se uma análise dos conteúdos dos Programas Curriculares daquelas disciplinas no Ensino Básico e Secundário cuja síntese se descreve a seguir.

Começou por analisar-se o programa curricular de ciências físico químicas no Ensino Básico e seguidamente no Ensino Secundário, tendo-se verificado a pertinência da inserção do tema radioatividade desde o terceiro ciclo, embora num quadro de complexidade menor do que a necessária no Ensino Secundário. Perante esta constatação, a análise dos programas no Ensino Secundário foi realizada com maior profundidade e encontra-se no apêndice I.

3.5.1. Conclusões prévias da análise dos currículos do Ensino Básico e do Ensino Secundário de Física e de Química

Ciências Físico Químicas - 3º Ciclo (7º, 8º e 9º anos)

No documento, *Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares 3º Ciclo*, do Ministério da Educação, é referido que o ensino das ciências experimentais pretende:

- *Contribuir para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos (...).*
- *Estimular o entusiasmo e interesse pela ciência (...).*
- *Ajudar os jovens a adquirir uma compreensão vasta e geral das ideias importantes e das bases explicativas das ciências e dos procedimentos do inquérito científico, que têm maior impacto no nosso ambiente.*
- *Possibilitar o aprofundamento de conhecimento quando é necessário, quer por interesse pessoal dos alunos, quer por motivação de percurso profissional.*

O mesmo documento estipula a organização dos programas de Ciências Físico Químicas nos três ciclos do ensino básico em quatro temas gerais, a saber:

- 1. Terra no espaço**
- 2. Terra em transformação**
- 3. Sustentabilidade na Terra**
- 4. Viver melhor na Terra.**

De notar, que nos três níveis de ensino que o 3º ciclo abrange, a abordagem da radioatividade embora seja pertinente, nomeadamente no 8º e 9º anos de escolaridade, deveria ser introduzida, com as devidas prudências, ocasionadas principalmente pela imaturidade e nível de competência e de conhecimentos dos alunos.

No tema Organizador *Terra em Transformação* a lecionação da radioatividade é bastante pertinente. Com efeito:

Na unidade 1: “*Materiais*” - sugere-se a leitura e exploração de um texto sobre a descoberta da radioatividade por Henri Becquerel, perguntando aos alunos se todos os materiais produziram nas chapas fotográficas os mesmos efeitos, isto é se as chapas mostrariam “sinais” após serem reveladas, levando-os a concluir diferenças nas propriedades físicas e químicas dos materiais.

Na unidade 2: “*Energia*” – sugerem-se várias atividades, nomeadamente exploração de textos e realização de trabalhos sobre vantagens e desvantagens da

energia nuclear, visualização de vídeos e associação de palavras relativas ao termo *Energia*, introduzindo gradualmente o conceito de *Radiação*.

Física e Química A -10º ano

O programa de Física e Química A do 10º ano (DES, 2001) é constituído por três unidades de Física e três unidades de Química.

Nas três unidades de Química, a radioatividade está implícita ou explicitamente incluída. Em particular, a unidade 1 – “*Das estrelas ao átomo*”, onde são referidos alguns conceitos relacionados, com a Física Nuclear e Radiações. Neste âmbito faz-se o estudo de algumas partículas elementares; estudam-se reações de fusão nuclear e de fissão nuclear, as radiações emitidas pelas estrelas, onde se destaca o Sol, e a interação radiação-matéria. Na unidade 2 o tema radiação é repetidamente abordado mas numa perspetiva Química.

Nas unidades de Física, o termo radiação é abordado “apenas” como um processo de transferência de energia. Verifica-se ainda que não existe qualquer referência a assuntos diretamente relacionados com a radioatividade.

Física e Química A -11º ano

O programa de *Física e Química A* do 11.º ano divide-se em duas componentes: Química e Física, cada uma delas constituída por três unidades (DES, 2001).

A análise dos conteúdos apresentados nas componentes de química e de física permite concluir que não existe qualquer referência a assuntos relacionados com a radioatividade.

Química -12º ano

O programa de Química do 12.º ano que entrou em vigor também no ano letivo 2005/2006 é constituído por três unidades.(Ministério da Educação, 2004).

Por outro lado, no documento do Programa de Química do 12º ano, é referido que “*Devido à inexorável extinção dos recursos naturais e aos problemas ambientais suscitados pelo seu uso desmesurado, a ciência e a tecnologia investem em combustíveis alternativos como (..) as energias nuclear, eólica, das marés e geotérmica, na busca de um futuro sustentável para a espécie humana. Este contexto revela-se, assim, adequado ao estudo de tópicos de Química como os que respeitam à energia envolvida nas reacções químicas e nas reacções nucleares ...*” (Ministério da Educação,2004). Neste âmbito, justifica-se a realização de recursos didáticos de carácter teórico e prático.

Física -12º ano

O programa curricular de Física do 12.º ano é constituído por três unidades (DES, 2001). A análise preliminar dos seus conteúdos permite concluir que esta disciplina é indubitavelmente aquela onde o tema da radioatividade melhor e mais consistentemente se aplica. Esta constatação permite ainda questionar se os docentes estão cientificamente preparados para a abordagem deste tema, uma vez que, como se sabe, ele não é convenientemente abordado desde 1974.

Esta reflexão, embora importante e de extrema necessidade, reúne matéria para uma nova dissertação, pelo que fica apenas a sugestão de que ela é de facto indispensável.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

4.1. Introdução

Este capítulo caracteriza-se pela descrição das metodologias utilizadas neste trabalho.

Nele é referido o *design* da investigação, cuja seleção se mostrou bastante difícil, uma vez que as limitações encontradas não permitiram a concretização metodológica que os pressupostos dos *designs* de investigação descritos na literatura estipulam (Tuckman, 2012; Mertens, 2010).

Seguidamente é exposta a descrição da investigação propriamente dita, nomeadamente a caracterização da amostra e descrição de todos os recursos, procedimentos e ações aplicados.

Por fim, refere-se o tratamento e análise de dados realizados.

4.2. Design da investigação

As opções metodológicas de uma investigação revestem-se de grande importância e devem ser tomadas de tal forma que enquadrem, em relação à teoria, o plano de trabalho de investigação, encaminhando o percurso global da pesquisa, bem como os procedimentos técnicos de recolha de informação sobre o objeto de estudo (Pardal & Lopes, 2011).

A presente investigação teve como principal objetivo comprovar a existência de uma lacuna no ensino básico e secundário em Portugal: a falta de conteúdos na área da Radioatividade em contexto escolar (no ensino básico e secundário) e a sua repercussão em grupos de indivíduos com o 9º ano concluído em contexto laboral e licenciados. Relativamente ao grupo escolar foram selecionadas três turmas de três níveis de escolaridade diferentes (9º, 10º e 12º anos). O grupo não escolar foi constituído por trabalhadores de uma empresa com níveis de escolaridade diferentes (9º ano e licenciados).

Ao grupo escolar foram inicialmente distribuídos testes de associação de palavras (pré-teste), seguindo-se uma intervenção didática em *powerpoint* sobre Radioatividade e três atividades experimentais. Por fim foi distribuído novamente o mesmo teste de associação de palavras (pós-teste).

Relativamente ao grupo não escolar, apenas foi distribuído um teste de associação de palavras, igual ao distribuído no grupo escolar, com o intuito de comparar e aferir o nível de conhecimentos, pelo que lhe foi atribuída a designação de “teste preliminar”.

Perante estes factos, considera-se que se trata de um desenho de investigação com contornos quantitativos e qualitativos peculiares, pelo que, sem a

pretensão de querer introduzir um novo conceito em metodologia da investigação, se optou por designar que se trata de um desenho de investigação híbrido que inclui o design *quasi-experimental simples* com características de um *estudo de caso*. O primeiro refere-se aos estudos realizados no grupo escolar e o estudo de caso aplicou-se ao grupo não escolar.

A seleção do design *quasi-experimental do grupo simples*, tem por base as principais características encontradas, nomeadamente a não aleatoriedade na seleção das amostras, a não existência de grupo de controlo e o recurso a pré-teste e pós-teste.

Devido à aplicação do teste preliminar ao grupo não escolar, com o objetivo de validar os resultados do grupo escolar, considera-se estar na presença de um estudo com contornos de um estudo de caso de natureza essencialmente qualitativa.

Com efeito, um estudo de caso tem por objetivo estudar uma entidade bem definida como uma pessoa, uma instituição, um curso, uma disciplina, um sistema educativo, ou no caso particular do presente estudo, os trabalhadores de uma empresa.

Neste tipo de modelo, devem ser tidos em consideração dois aspetos: a validade interna, referente à *história* ou possibilidade de ocorrência de acontecimentos em simultâneo e a validade externa, que se refere à representatividade das suas conclusões.

Para assegurar a validade interna devem ser garantidas as mesmas condições entre as diversas fases das observações, nomeadamente em termos de história (Tuckman, 2012). No presente estudo, considera-se que a validade interna não deverá ter ficado significativamente comprometida, na medida em que propositadamente toda a investigação foi realizada pela mesma pessoa. Refira-se, no entanto, que, a aula teórica foi lecionada simultaneamente para todos os alunos do grupo escolar. O mesmo não aconteceu nas aulas experimentais, ou seja, as experiências foram realizadas separadamente.

Relativamente à validade externa, esta pode estar de algum modo ameaçada pela denominada *interferência de tratamentos múltiplos* (Tuckman, 2012). Segundo o autor, quando os participantes numa investigação são sujeitos a vários tratamentos em simultâneo, uns experimentais e outros não, pode ocorrer uma interferência entre os mesmos que reduz a representatividade dos efeitos decorrentes do tratamento experimental.

No presente estudo, os alunos experimentaram uma intervenção atípica, uma vez que foi lecionada simultaneamente, numa sala em forma de anfiteatro, aos três níveis letivos o que pode ter conduzido a resultados diferentes dos que seriam obtidos em condições ditas normais. Na tentativa de reduzir a ocorrência destas interferências, os alunos foram repetidamente questionados e estimulados a participar na aula com questões, de modo a controlar a *Maturação* da aquisição de conhecimentos. Por outro lado, considera-se que o facto de apenas ter sido lecionada uma aula teórica, não é de ponderar que tivesse ocorrido

exposição repetida com a consequente adaptação ou ausência de sensibilização (Tuckman, 2012).

4.3. Descrição da investigação

A metodologia usada nesta dissertação será apresentada separadamente, reportando-se inicialmente aos estudos aplicados no grupo escolar (Parte A) e seguidamente ao grupo não escolar (Parte B).

4.3.1. Parte A

4.3.1.1 Caracterização da amostra escolar

Os estudos relativos ao grupo escolar foram realizados na Escola Secundária de Maria Lamas, em Torres Novas.

Os alunos pertencentes a este grupo pertencem a três níveis de escolaridade diferentes: 9º, 10º e 12º anos.

A turma do 9º C é constituída por 20 alunos, dos quais 11 são raparigas e 9 são rapazes, com idades compreendidas entre os 14 e os 16 anos.

A turma do 10º CTA é constituída por 20 alunos, dos quais 12 são raparigas e 8 são rapazes, com idades entre os 15 e os 16 anos.

Na turma do 12º CTA existem 14 alunos, 9 dos quais são raparigas e 5 são rapazes, com uma faixa etária entre os 17 e os 19 anos.

4.3.1.2 Metodologia aplicada ao grupo escolar

Iniciou-se o estudo com a aplicação de um teste de associação de palavras (pré-teste) a um conjunto de alunos de três níveis de escolaridade diferentes (9º, 10º e 12º anos) na Escola Secundária de Maria Lamas, em Torres Novas.

Seguidamente, foi feita às três turmas, em conjunto, uma apresentação em *powerpoint* abordando o tema em causa – a radioatividade.

Desde já, é plausível questionar:

- O porquê da seleção dos níveis de ensino em causa.
- O porquê da lecionação de conteúdos iguais a níveis de escolaridade diferentes.

No primeiro caso, a escolha do 9º ano está relacionada com o facto de se tratar do ano terminal relativo ao ensino básico e com vista à obtenção da percepção do conceito de átomo, já abordado aquando da realização da intervenção.

A escolha do 10º ano, relaciona-se com a intenção de aferir a extensão da aquisição e consolidação de conhecimentos abordados na unidade 1: “*Das estrelas ao átomo*” (Arquitetura do Universo, Espectros, Radiações e energia; Átomo de hidrogénio e estrutura atómica e Tabela Periódica) e Unidade 2: “*Evolução da atmosfera*” (Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude, Interação radiação-matéria, O ozono na estratosfera, Moléculas na troposfera). De referir, que estas duas unidades já haviam sido lecionadas aquando da realização desta intervenção.

Relativamente à escolha de uma turma de 12º ano, podemos afirmar que se deveu ao facto de se tratar de um nível de ensino secundário terminal e em que a leção da Unidade 2: “*Combustíveis, Energia e Ambiente*” (Combustíveis fósseis: o carvão, o crude e o gás natural, Proveniência da energia dos combustíveis, A equivalência massa-energia: um assunto nuclear) ainda não havia sido abordada.

Seguidamente, e independentemente foram realizadas três atividades experimentais (apêndice III) com questões de reflexão crítica final. Passados três dias foram distribuídos os mesmos testes de associação de palavras (pós-teste) às três turmas.

De referir que o docente é o mesmo nas três turmas.

É de salientar, que quer durante a exposição em *powerpoint*, quanto nas atividades práticas, os alunos do 9º e do 10º anos se mostraram muito mais recetivos, participativos e motivados do que os alunos do 12º ano. Esta constatação poderá dever-se à eventualidade dos conteúdos de 12º ano já serem conhecidos.

4.3.2. Parte B

4.3.2.1– Caracterização da amostra não escolar

Este grupo, trabalhadores da Sociedade Lusitana de Destilação, S.A., são colegas da mentora deste trabalho, que aí exerce o cargo de técnica superior de Segurança e Higiene do Trabalho. Mantém com eles uma relação cordial e amistosa, de relativa proximidade, tendo todos eles mostrado bastante recetividade à participação e colaboração neste estudo.

Evidencia-se o facto, de após lhes terem sido explicados certos conceitos mencionados naquele teste, se mostraram bastante interessados quanto à aquisição de conhecimentos e agradecidos pelo esclarecimento e correção de algumas concepções

alternativas. Por este motivo, sugere-se desde já a continuidade destes estudos em contexto não escolar.

O grupo foi escolhido segundo dois critérios: licenciados e não licenciados com o 9º ano de escolaridade, na sua grande maioria concluiu os seus estudos no ano letivo de 2010/2011 no contexto do Programa *Novas Oportunidades*. O sub-grupo com o 9º ano de escolaridade era constituído por 14 homens, pertencentes à parte fabril, com idades compreendidas entre os 36 e os 55 anos e com nível de escolaridade 9º ano. O sub-grupo dos licenciados trabalha no setor administrativo e financeiro, e era constituído por 4 homens e uma mulher, com idades entre os 29 e os 52 anos e com escolaridade de nível superior, sendo um deles professor de economia.

De salientar que este sub-grupo revelou algum receio na apreciação das respostas, sugerindo-se novamente um novo estudo relacionado com esta apreensão.

4.3.2.2 Metodologia aplicada ao grupo não escolar

A este grupo apenas foi solicitado o preenchimento dos testes de associação de palavras, explicando-lhes de seguida o propósito deste estudo.

4.4. Instrumentos e procedimentos

Neste sub-capítulo são descritos os instrumentos e procedimentos usados no desenvolvimento do trabalho.

4.4.1. Teste de Associação de Palavras

Os Testes de Associação de Palavras (*WATs - Word Association tests*) foram usados inicialmente em investigação nas áreas de psicologia e psiquiatria. A sua aplicação em ciências de educação é também bastante comum tendo sido utilizada por vários investigadores nas últimas décadas (Cachapuz e Maskill, 1987; Kostova e Radoynovska, 2008; Ercan; Timur, 2011), permitindo verificar a aprendizagem de conceitos antes da intervenção e após a mesma, nas mais variadas situações em sala de aula.

O teste consiste em apresentar aos alunos determinados estímulos de acordo com os conceitos a tratar e sugerir que escrevam as palavras que no seu entender se relacionam com as apresentadas inicialmente. Cada estímulo é

apresentado separadamente, não podendo os participantes voltar ao estímulo anterior. Para cada estímulo não existe qualquer limite para o número de associações, nem qualquer restrição nas palavras a usar. A ordem pela qual são apresentados os estímulos é idêntica para todos os intervenientes, garantindo as mesmas condições iniciais. Foi estipulado que o tempo gasto nas respostas, não ultrapassasse os 30 segundos e que as respostas dadas fossem palavras.

Este tipo de testes é muitas vezes aplicado em investigação, tendo como principais vantagens o pouco tempo despendido na recolha de dados e a fácil e rápida análise que estes proporcionam. Para além disso, permite monitorizar de forma individualizada as competências que vão sendo adquiridas.

No presente trabalho, os estímulos apresentados estão diretamente relacionados com a Radioatividade, sem recurso a termos subjetivos, uma vez que se pretendeu conhecer a conceção básica do tema em causa. Esta metodologia foi utilizada após uma análise dos conteúdos das subunidades em estudo para os diferentes níveis de escolaridade e por intuição quanto ao seu desconhecimento, perante os quais a investigadora e as orientadoras consideraram serem fundamentais para os estudos pretendidos.

CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO, TRATAMENTO E ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1. Introdução

Neste capítulo são apresentados, analisados e discutidos, em separado, os resultados obtidos em contexto escolar e não escolar.

De referir que a análise dos resultados do grupo escolar abrange duas vertentes: a análise quantitativa e a análise qualitativa, resultante dos testes de associação de palavras e das atividades experimentais. Reporta-se ainda que os resultados obtidos nos três níveis letivos serão apresentados e analisados conjuntamente, de modo a obter confrontações e discussões comparativas.

Relativamente ao grupo não escolar, ao qual apenas foi distribuído o pré-teste, a sua análise abarca apenas a vertente qualitativa, pois o que se pretende é conhecer a extensão da aquisição de conhecimentos, ou a falta da mesma, durante o percurso escolar. Do mesmo modo, os resultados dos dois sub grupos - licenciados e possuidores do 9º ano de escolaridade - estão apresentados separadamente.

5.2. Parte A: Análise Quantitativa do Grupo Escolar

5.2.1. Teste de Associação de Palavras

As palavras / estímulos e respetiva ordem apresentados no teste de associação de palavras encontram-se na tabela 2.

Nº DE ORDEM	PALAVRA / ESTÍMULO
1	
2	Rádio
3	Curie
4	Átomo
5	Urânio
6	Acidente nuclear
7	Radioativo
8	Radioatividade
9	Radiação
10	Medicina nuclear
11	Central nuclear

Tabela 2 – Palavras / Estímulos e respetivo número de ordem apresentados no teste de associação de palavras

A análise quantitativa consiste genericamente em comparar os resultados obtidos em ambas as aplicações do teste de associação de palavras, isto é, no pré-teste e no pós - teste, nas três turmas estudadas, de modo a apurar conclusões de acordo com o objetivo deste trabalho. As respostas obtidas em cada estímulo são transcritas individualmente em cada ano letivo, aluno a aluno utilizando uma página do *Excel*.

Seguidamente, em cada turma e tendo em conta que o número de associações é indicativo da riqueza contextual relativa ao estímulo representado, contabilizou-se o número total de associações em cada aplicação e selecionaram-se as respostas obtidas consideradas “aceitáveis”, em ambas as aplicações. Prosseguiu-se a análise quantitativa na qual foi comparado o número total de associações com o número de associações “aceitáveis” em ambas as aplicações.

Os resultados obtidos foram comparados em cada estímulo relativamente ao número total de associações e ao número total de associações aceitáveis.

Para cada aluno, foram comparadas as respostas aceitáveis em cada aplicação do teste de associação de palavras, com a finalidade de apurar a evolução contextual de cada estudante.

Finalmente foram comparados e analisados os resultados obtidos para os três níveis de ensino.

Como se está perante um estudo que envolve um total de 54 alunos e cuja análise se revela intensamente individualizada, a apresentação de resultados para cada turma tornar-se-ia extremamente extensiva, pelo que se optou pela apresentação conjunta dos resultados obtidos nas três turmas em estudo, na primeira e na segunda aplicações. De modo a facilitar a comparação dos resultados, foi calculada a relação entre o número total de associações e o número de associações consideradas aceitáveis. No final do capítulo apresenta-se uma análise comparativa e articulada entre os vários resultados.

5.2.2.Resultados Obtidos na Primeira Intervenção do Teste de Associação de palavras – Pré-teste

Estímulo 1 –



Na tabela 3 apresenta-se para o estímulo 1 o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 4, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo 1, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	28	34	24
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	13	30	16
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	46 %	88%	67%

Tabela 3 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 1.

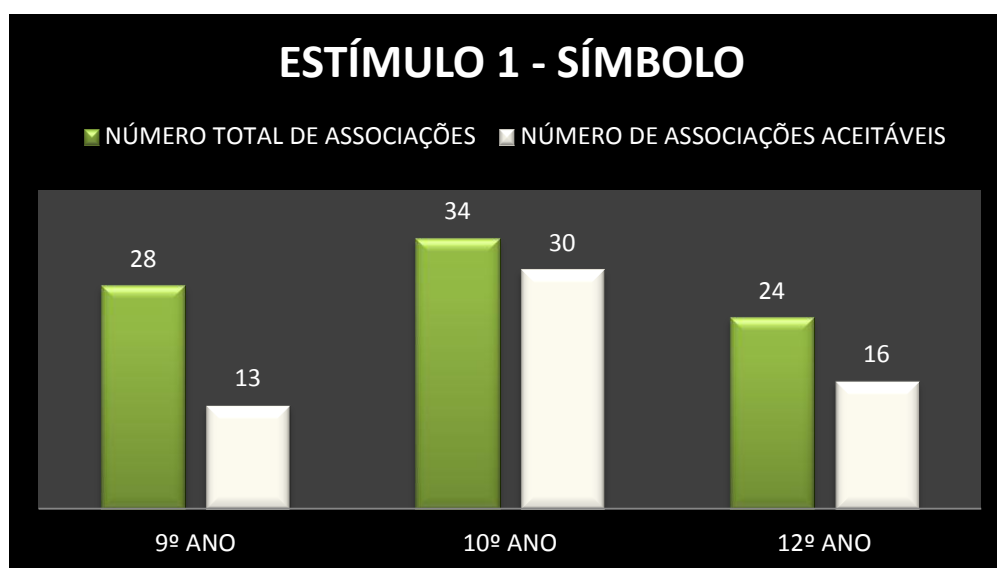


Figura 5 – Número total de associações obtidas no estímulo 1 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Por observação da tabela 3 e da figura 5, pode concluir-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (88%), seguindo-se o 12º ano (67%) e finalmente o 9º ano (46%).

Estímulo 2 – RÁDIO

Na tabela 4 apresenta-se, para o estímulo “*Rádio*”, o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 6, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “*Rádio*”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	41	42	20
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	3	12	20
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	7%	29%	100%

Tabela 4 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 2.

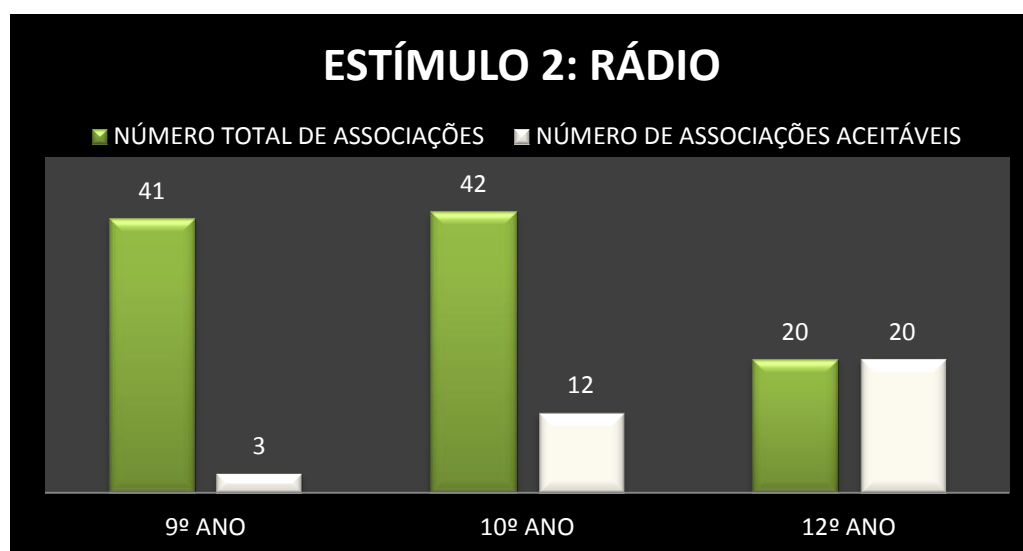


Figura 6 – Número total de associações obtidas no estímulo 2 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 12º ano foi aquele em que relação $\frac{A}{T}$ foi a mais elevada (100%), seguindo-se o 10º ano (29%) e finalmente o 9º ano (7%). Estes resultados permitem concluir que os alunos de 12º ano conseguiram discernir na íntegra que a palavra “Rádio” no contexto do trabalho se referia ao elemento químico. O mesmo não se verificou no 9º e no 10º ano, onde a relação $\frac{A}{T}$ foi respetivamente 7% e 29%. Com efeito, na maioria dos casos, este grupo de alunos interpretou a palavra *rádio* como aparelho de som e associou-a com termos relacionados com música, emissoras / estações de rádio, diversão, entre outros. A associação mais intrigante foi “pai”!

Estímulo 3 –CURIE

Na tabela 5 apresenta-se, para o estímulo “Curie”, o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 7, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Curie”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	19	5	14
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	3	4	10
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	16%	80%	71%

Tabela 5 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 3.

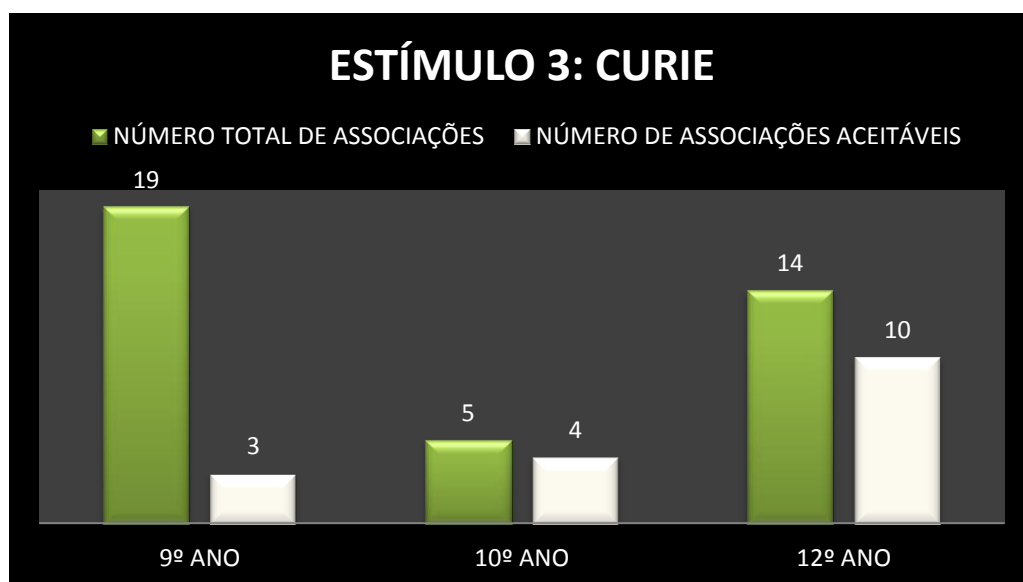


Figura 7– Número total de associações obtido no estímulo 3 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (80%), seguindo-se o 12º ano (71%) e finalmente o 9º ano (16%). De referir, no entanto, que a maioria dos alunos do 10º ano não fez associações. Por outro lado, a relação $\frac{A}{T}$, obtida para o 9º ano foi baixa.

Estímulo 4 – ÁTOMO

Na tabela 6 apresenta-se para o estímulo “Átomo” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 8, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Átomo”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	29	44	16
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	12	36	15
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	41%	82%	94%

Tabela 6 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 4.

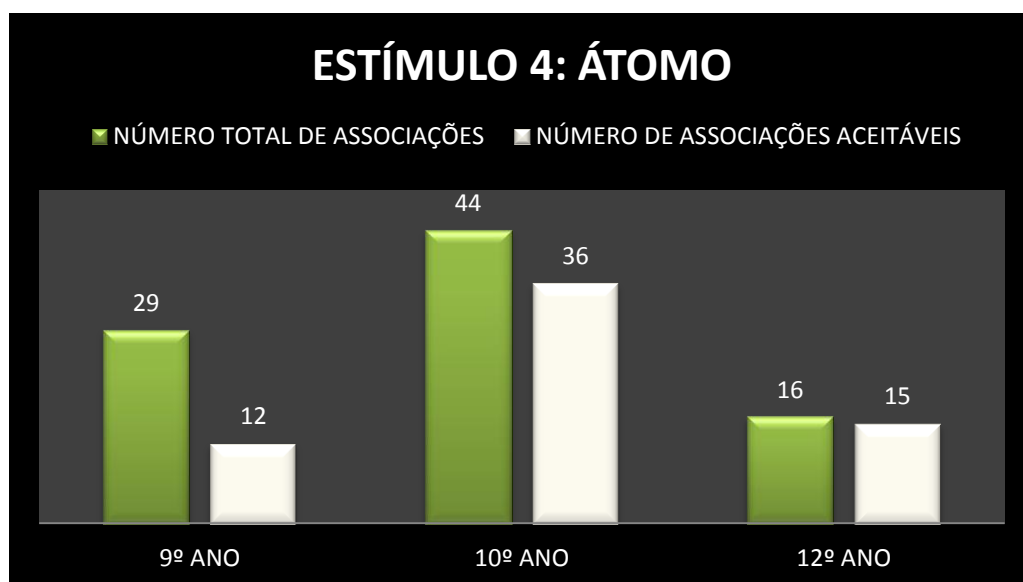


Figura 8 – Número total de associações no estímulo 4 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 12º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (94%), seguindo-se o 10º ano (82%) e finalmente o 9º ano (41%). Embora em todos os anos letivos os alunos demonstrem ter uma noção do átomo, o 12º ano foi aquele que revelou associações mais consolidadas e corretas. Verificou-se ainda que existia alguma confusão entre partícula atómica, elemento químico e átomo, bem como a noção de indivisibilidade do átomo. Algumas das respostas que ilustram esta conclusão foram: “*partícula indivisível, constituída por núcleo e nuvem eletrónica*”, “*molécula*”, “*água*”, entre outras.

Estímulo 5 –URÂNIO

Na tabela 7 apresenta-se para o estímulo “Urânio” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 9, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Urânio”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	32	28	16
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	11	23	15
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	34%	82%	94%

Tabela 7 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 5.

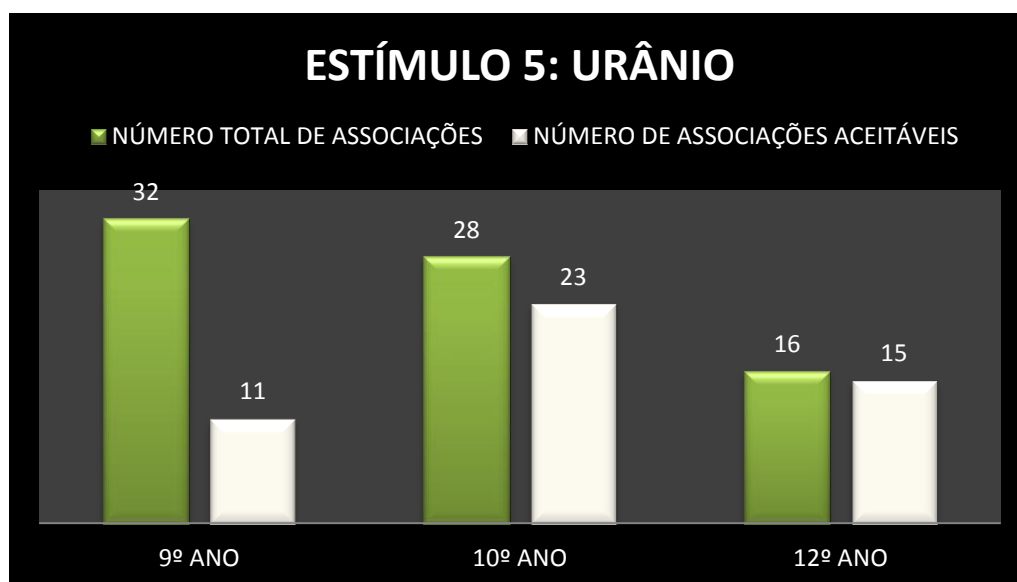


Figura 9 – Número total de associações obtido no estímulo 5 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 12º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (94%), seguindo-se o 10º ano (82%) e finalmente o 9º ano (34%). Neste estímulo, a maioria dos alunos do 9º ano respondeu “*planeta*”, o que sugere desconhecimento acerca dos elementos químicos da tabela periódica, este facto, poderá dever-se a que a lecionação da tabela periódica no 9º ano estar ainda numa fase preliminar.

Estímulo 6– **ACIDENTE NUCLEAR**

Na tabela 8 apresenta-se para o estímulo “Acidente Nuclear” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 10, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Acidente Nuclear”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	33	31	19
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	19	28	16
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	58%	90%	84%

Tabela 8 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 6.

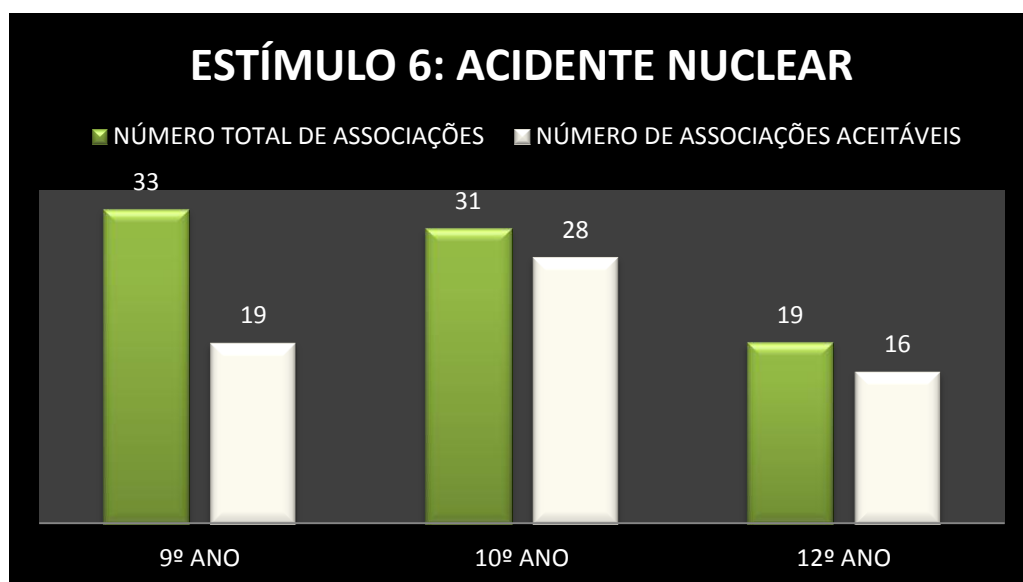


Figura 10 – Número total de associações obtido no estímulo 6 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (90%), seguindo-se o 12º ano (84%) e finalmente o 9º ano (58%). Neste estímulo, verificou-se que os “Chernobil” e “Fukushima” foram os mais frequentes. Constatou-se que existia confusão entre acidente nuclear e bomba nuclear, dado que, alguns alunos responderam “Hiroshima”.

Estímulo 7 – **RADIOATIVO**

Na tabela 9 apresenta-se para o estímulo “Radioativo” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 11, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Radioativo”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	23	21	17
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	11	16	12
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	48%	76%	71%

Tabela 9 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 7.

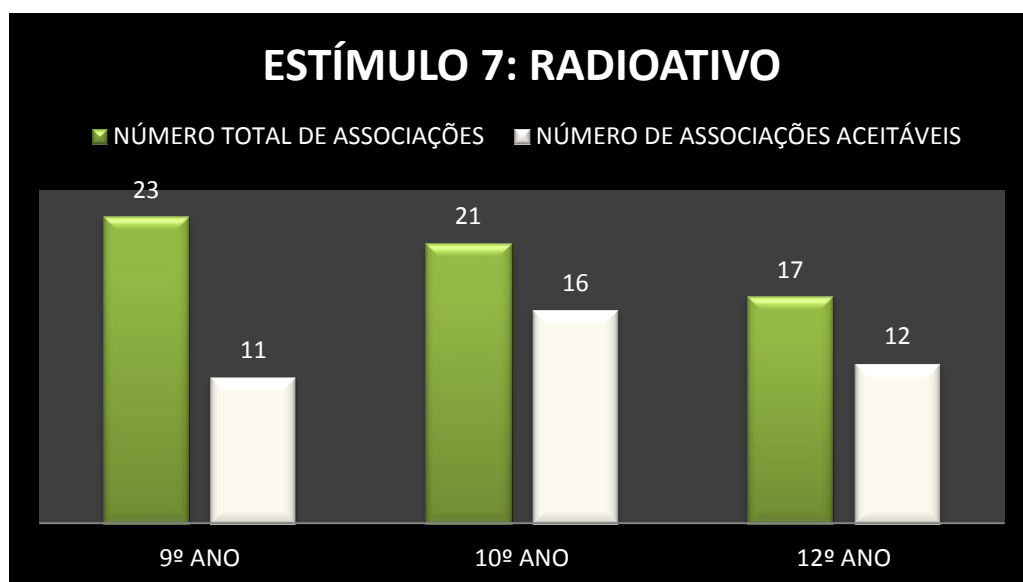


Figura 11– Número total de associações obtido no estímulo 7 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (76%), seguindo-se o 12º ano (71%) e finalmente o 9º ano (48%). Neste estímulo, a maioria das respostas relacionou-se com “*perigo*”.

Estímulo 8 –RADIOATIVIDADE

Na tabela 10 apresenta-se para o estímulo “Radioatividade” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 12, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Radioatividade”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	25	21	8
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	9	16	6
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	36%	76%	75%

Tabela 10 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 8.

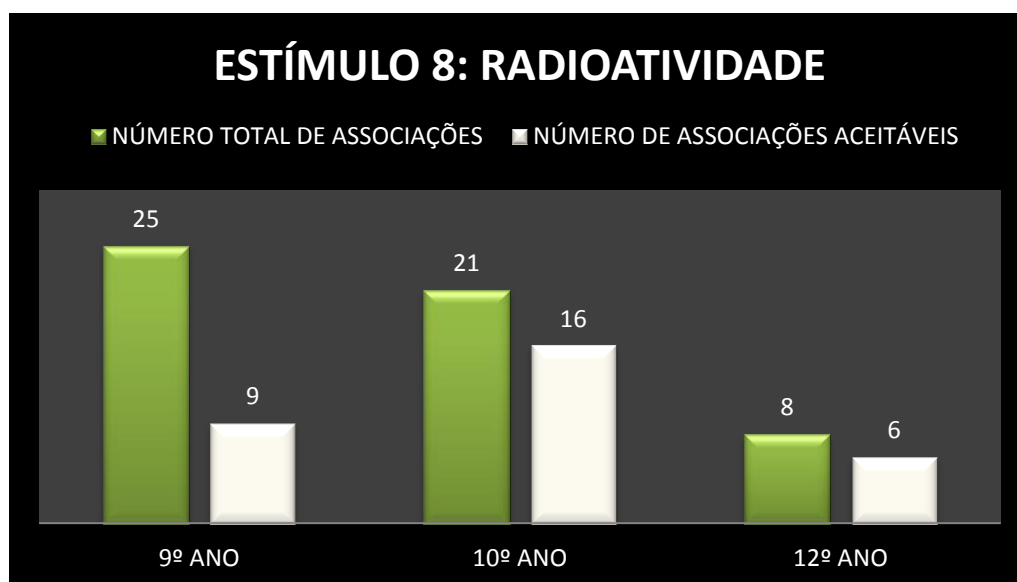


Figura 12– Número total de associações obtido no estímulo 8 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º e 12º anos obtiveram valores muito semelhantes quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (76% e 75%, respetivamente). As respostas obtidas para o 12º ano, foram as mais corretas, tais como “*emissão espontânea de partículas ou de radiação por núcleos instáveis*”. Por outro lado, as respostas obtidas no 9º e 10º anos são frequentemente associadas a perigo e acidentes nucleares.

Estímulo 9 –RADIAÇÃO

Na tabela 11 apresenta-se para o estímulo “Radiação” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 13, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Radiação”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	23	27	9
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	11	25	8
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	48%	93%	89%

Tabela 11 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 9.

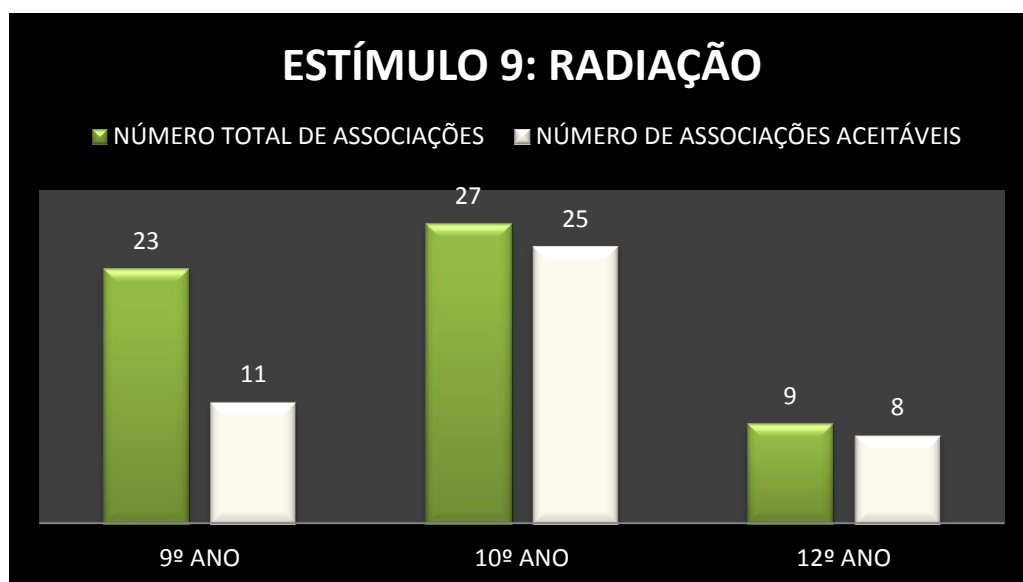


Figura 13 – Número total de associações obtido no estímulo 9 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (93%), seguindo-se o 12º ano (89%) e finalmente o 9º ano (48%). De um modo geral, tanto no 10º como no 12º anos a maioria das associações aceitáveis obtidas estão relacionada com Energia. De referir, que muitos dos alunos do 9º ano, relacionaram o termo “*Radiação*” com radiação solar e por consequência existem associações como “*verão*”, “*sol*”, “*praia*” e “*férias*”.

Estímulo 10 – **MEDICINA NUCLEAR**

Na tabela 12 apresenta-se para o estímulo “Medicina Nuclear” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 14, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Medicina Nuclear”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	18	17	13
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	3	13	9
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	17%	76%	69%

Tabela 12 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 10.

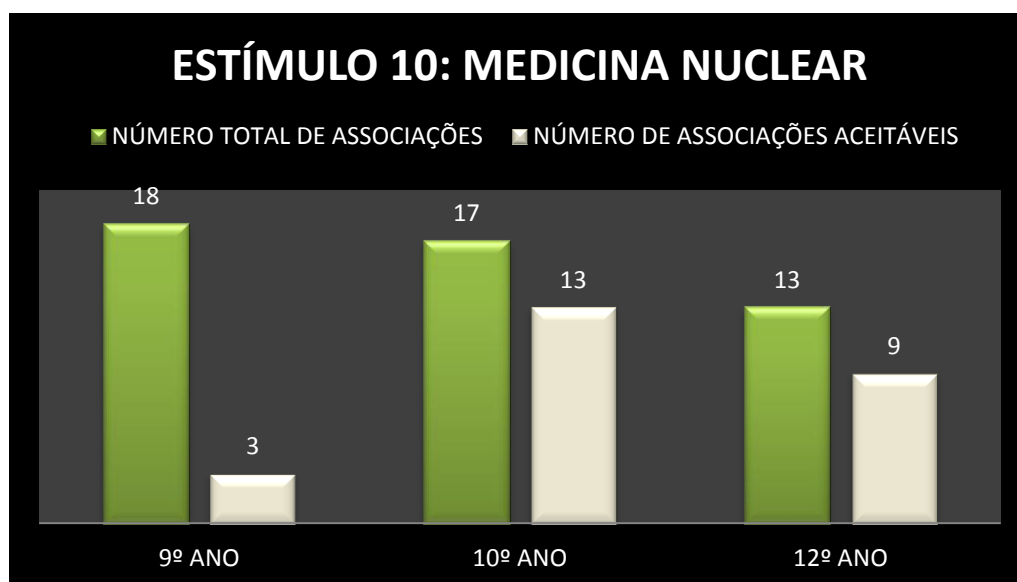


Figura 14 – Número total de associações obtido no estímulo 10 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (76%), seguindo-se o 12º ano (69%) e finalmente o 9º ano (17%). Neste estímulo, constatou-se que, embora o número de associações aceitáveis tenha sido significativo, nomeadamente para os alunos do 10º e do 12º anos, a maioria dos alunos não sabe o seu significado correto. Verificou-se que existia alguma confusão entre quimioterapia e radioterapia.

Estímulo 11 – **CENTRAL NUCLEAR**

Na tabela 13 apresenta-se para o estímulo “Central Nuclear” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 15, apresentam-se os resultados obtidos no pré-teste para o estímulo “Central Nuclear”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	26	22	15
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	18	20	14
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	69%	91%	93%

Tabela 13 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 11.

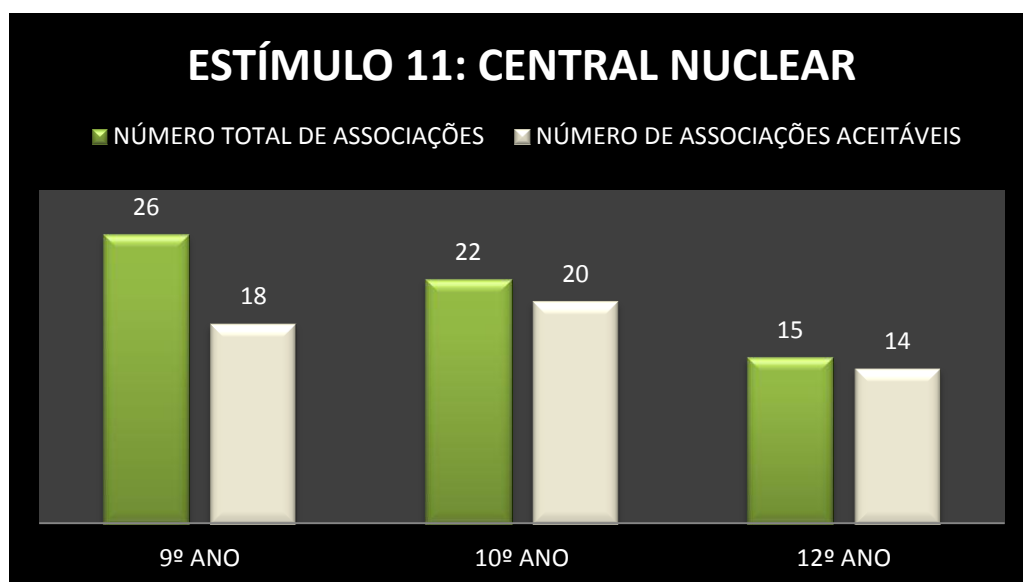


Figura 15 – Número total de associações obtido no estímulo 11 para o 9º, 10º e 12º anos na primeira aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º e o 12º anos obtiveram valores muito semelhantes quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (91% e 93%, respetivamente). A maioria das respostas aceitáveis estavam associadas a produção de energia elétrica e a centrais nucleares. Apurou-se ainda que muitos dos alunos do 12º ano deram respostas corretas, associando a produção de energia a reações de fissão nuclear, tais como: “Local onde ocorre a produção de energia através de fissão nuclear”.

5.2.3. Resultados Obtidos na Segunda Intervenção do Teste de Associação de palavras – Pós-teste

Na tabela 14 apresenta-se para o estímulo 1 o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 16, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo 1, nos três níveis de ensino.

Estímulo 1  -

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	23	44	28
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	22	43	22
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	96%	98%	79%

Tabela 14 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 1.

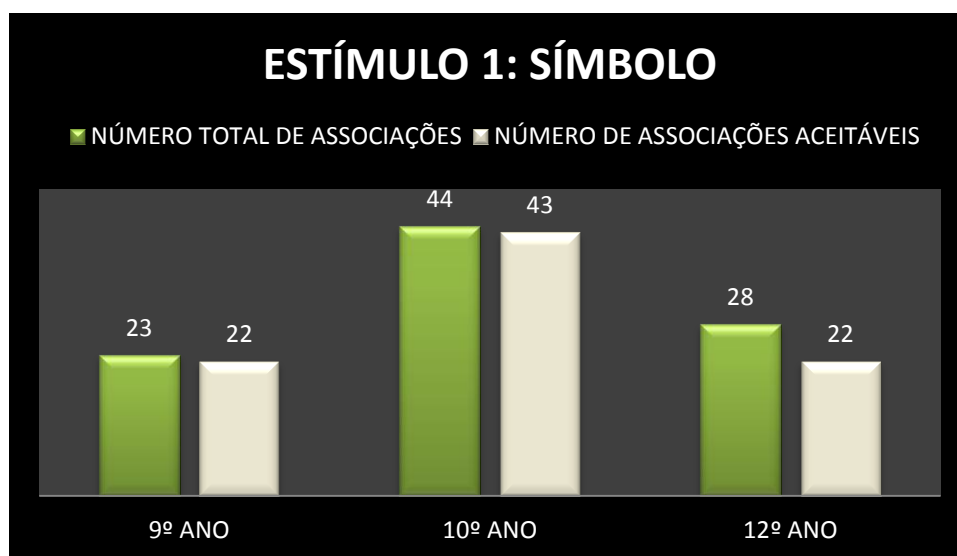


Figura 16– Número total de associações obtido no estímulo 1 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verifica-se que o 9º e 10º anos obtiveram valores muito semelhantes quanto à relação $\frac{A}{T}$ (96% e 98%, respetivamente). Por outro lado, a maioria das respostas aceitáveis relacionam-se com o significado da simbologia da Radioatividade. Curiosamente o número de associações aceitáveis no 9º ano é igual ao do 12º ano, o que pressupõe que para o estímulo em causa, o facto de se tratar de um sinal de perigo a sua compreensão é facilmente adquirida. A resposta considerada como a mais bizarra foi “*triângulo, seno, cosseno, tangente, circunferência*”

Estímulo 2 –RÁDIO

Na tabela 15 apresenta-se para o estímulo “Rádio” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 16, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Rádio”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	28	49	20
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	15	35	14
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	54%	71%	70%

Tabela 15. – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 2.

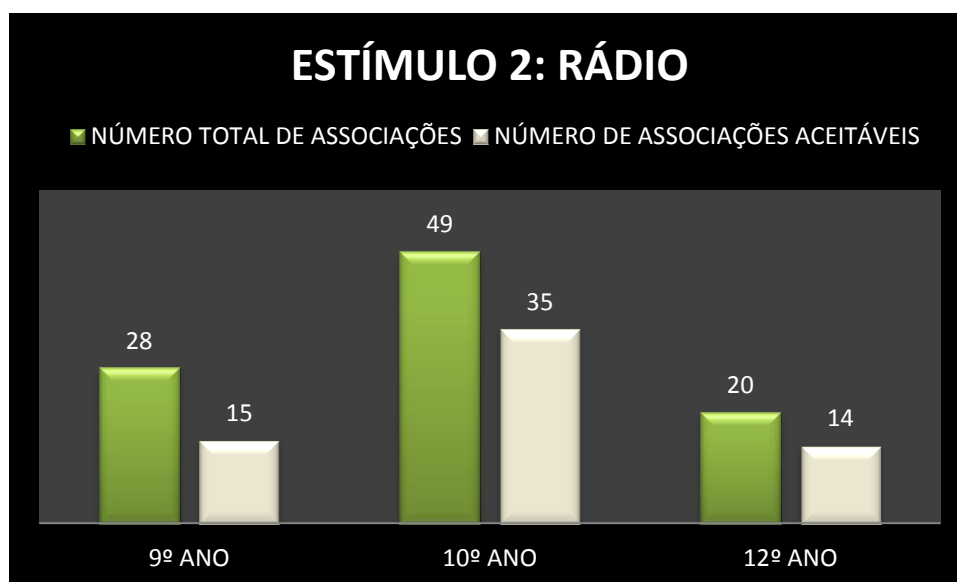


Figura 17– Número total de associações obtido no estímulo 2 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º e 12º anos obtiveram valores muito semelhantes quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (71% e 70%, respetivamente). Por outro lado, parece-nos que este estímulo foi mal compreendido pelos alunos do 9º e do 10º anos, uma vez que na segunda aplicação do teste de associação de palavras se obteve um número considerável de respostas descontextualizadas, tais como “osso do corpo humano” e “cúbito”.

Estímulo 3 –CURIE

Na tabela 16 apresenta-se para o estímulo “Curie” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 18, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Curie”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	36	47	46
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	32	44	43
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	89%	94%	93%

Tabela 16 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 3.

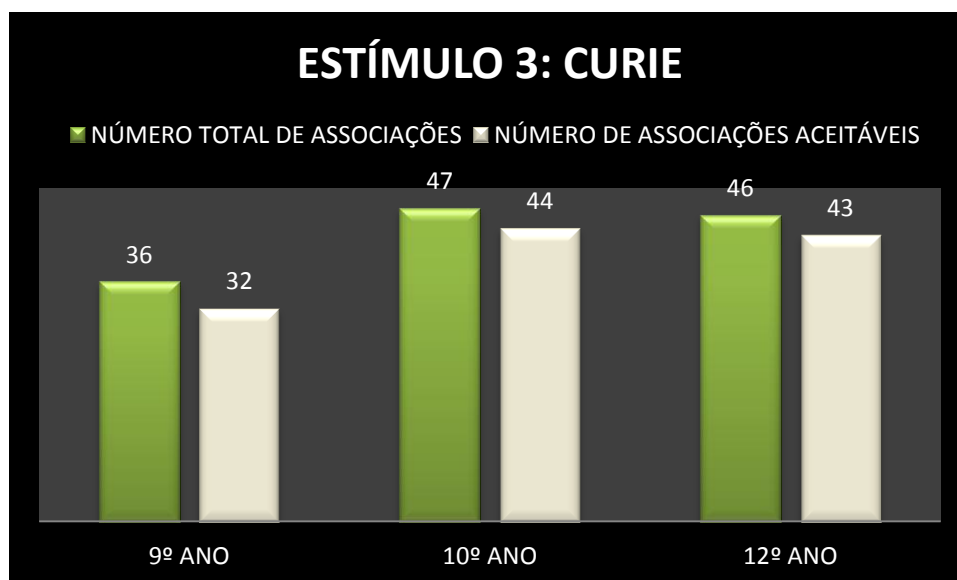


Gráfico 18– Número total de associações obtido no estímulo 3 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que em todos os anos letivos foram obtidos valores muito elevados quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (89%, 94% e 93%, para o 9º, 10º e 12º anos, respetivamente). Estes resultados poderão eventualmente ser consequência da explicação sintética da vida de Pierre e Marie Curie que, por se tratar de um assunto motivador, despertou o interesse dos alunos, o que se comprova facilmente com as respostas dadas, como por exemplo “casal de cientistas”, “morte” e “Prémio Nobel”.

Estímulo 4 – ÁTOMO

Na tabela 17 apresenta-se para o estímulo “Átomo” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 18, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Átomo”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	29	66	26
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	27	65	22
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	93%	98%	85%

Tabela 17 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 4.

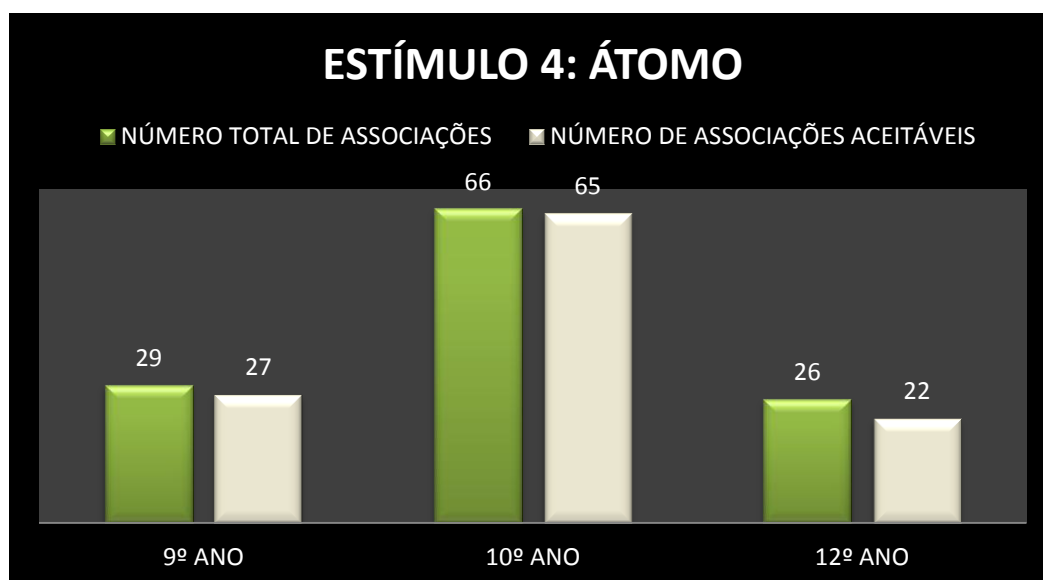


Figura 19– Número total de associações obtido no estímulo 4 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que em todos anos letivos foram obtidos valores elevados quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (93%, 98% e 85%, para o 9º, 10º e 12º anos, respetivamente). Estes resultados poderão ser eventualmente consequência da revisão do tema aquando da intervenção teórica, o que poderá ter originado um incremento concetual da noção de átomo.

Estímulo 5: URÂNIO

Na tabela 18 apresenta-se para o estímulo “Urânio” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 20, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Urânio”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	29	40	24
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	23	38	22
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	79%	95%	92%

Tabela 18 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 5.

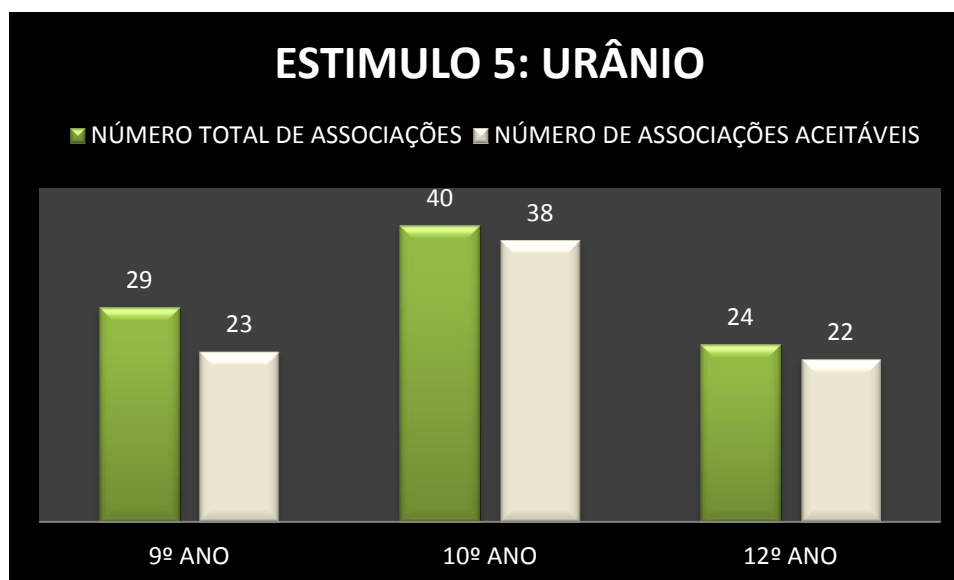


Figura 20– Número total de associações obtido no estímulo 5 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º e o 12º anos obtiveram valores elevados e semelhantes quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (95% e 92%, respetivamente). Considera-se que o conteúdo concetual dos alunos do 9º ano evoluiu significativamente, uma vez que o número de respostas “planeta” desceu consideravelmente. Por outro lado, após a explicação da experiência de Becquerel, os alunos passaram a associar o urânio ao conceito de radioatividade, o que poderá ser a causa principal desta evolução.

Estímulo 6: **ACIDENTE NUCLEAR**

Na tabela 19 apresenta-se para o estímulo “Acidente Nuclear” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 21, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Acidente Nuclear”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	25	41	24
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	23	38	22
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	92%	93%	92%

Tabela 19 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 6.

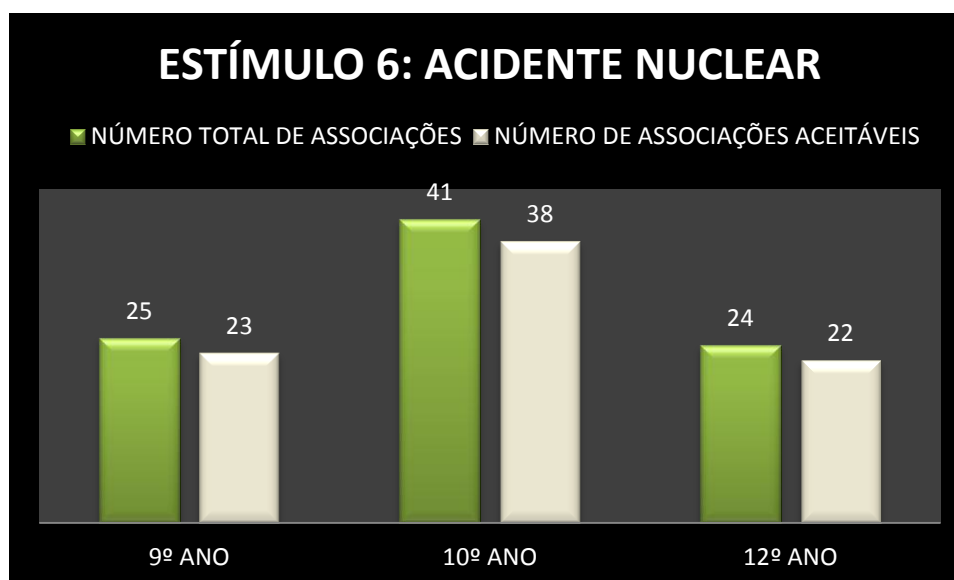


Figura21– Número total de associações obtido no estímulo 6 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que em todos os anos letivos foram obtidos valores elevados quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (92%, 93% e 92%, para o 9º, 10º e 12º anos, respetivamente). Estes acontecimentos dever-se-ão à conceção que os alunos tinham inicialmente de acidente nuclear, nomeadamente quanto às consequências. Obteve-se também a referência a “*explosão num reator de uma central nuclear*”, no entanto, apenas mencionada pelos alunos do 12º ano.

Estímulo 7: **RADIOATIVO**

Na tabela 20 apresenta-se para o estímulo “Radioativo” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 22, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Radioativo”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	24	46	18
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	20	43	12
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	83%	93%	66%

Tabela 20 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 7.

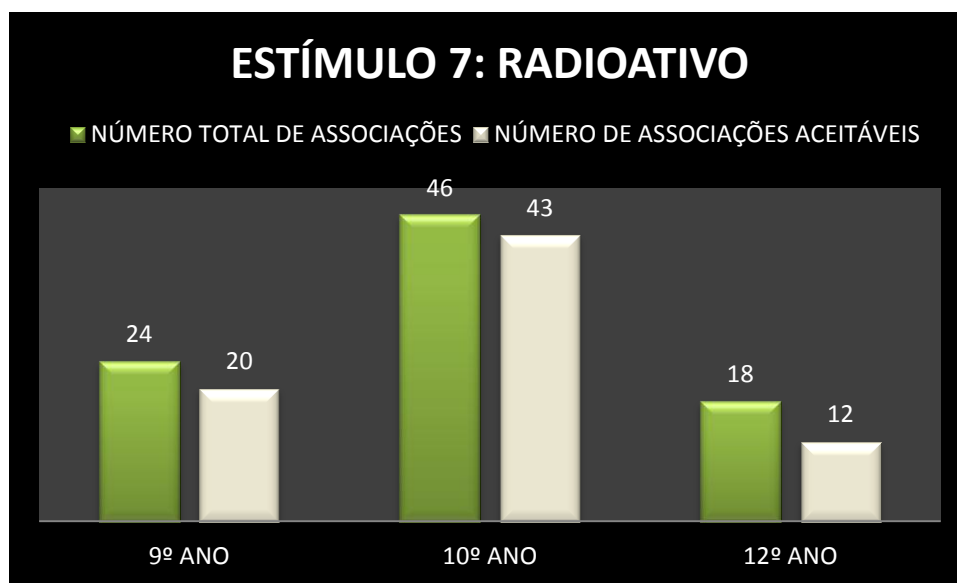


Figura 22– Número total de associações obtido no estímulo 7 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada 93%), seguindo-se o 9º ano (83%) e finalmente o 12º ano (66%). Neste estímulo, constatou-se que a maioria dos alunos passou a associar fontes de radiação artificiais e naturais ao termo “radioativo”, tais como “urânio” e “bananas”. Parece-nos que este resultado revela alguma evolução concetual, uma vez que, os alunos tomaram consciência de que a radiação não se trata apenas de um fenómeno prejudicial. De facto, ele está presente no dia-a-dia.

Estímulo 8: **RADIOATIVIDADE**

Na tabela 21 apresenta-se para o estímulo “Radioatividade” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 23, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Radioatividade”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	37	62	21
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	35	59	19
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	95%	95%	90%

Tabela 21 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 8.

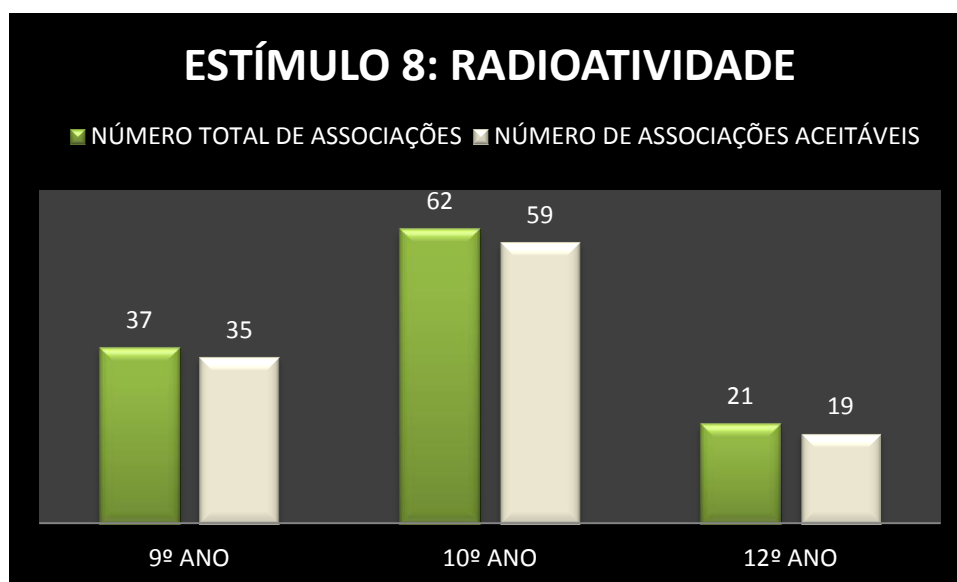


Figura 23– Número total de associações obtido no estímulo 8 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que em todos os anos letivos foram obtidos valores elevados quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (95%, 95% e 90%, para o 9º, 10º e 12º anos, respetivamente). Este acontecimento poderá dever-se-á à desmistificação da conceção que os alunos tinham inicialmente de radioatividade nomeadamente quanto às suas consequências. A referência a “reações nucleares” apenas foi mencionada pelos alunos do 10º ano e do 12º ano, o que não é de todo surpreendente, uma vez que os alunos de 9º ano não possuem ainda os pré-requisitos para compreender aquele tipo de reações.

Estímulo 9: **RADIAÇÃO**

Na tabela 22 apresenta-se para o estímulo “Radiação” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 24, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Radiação”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	35	74	39
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	29	71	35
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	83%	96%	90%

Tabela 22 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 9.

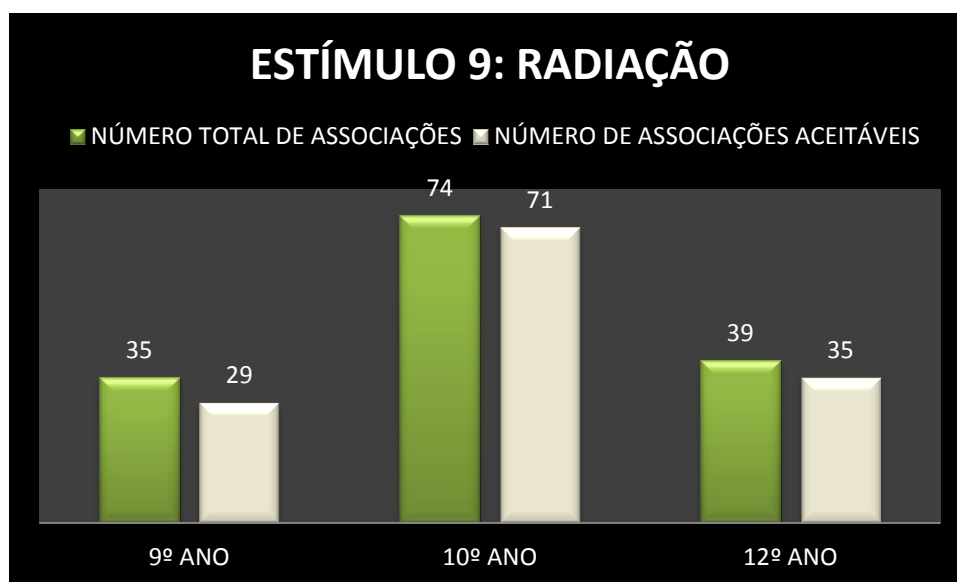


Figura 24– Número total de associações obtido no estímulo 9 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que em todos os anos letivos foram obtidos valores elevados quanto à relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações (83%, 96% e 90%, para o 9º, 10º e 12º anos, respetivamente). Estes resultados poderão dever-se em parte às conclusões que foram sendo formuladas nas atividades práticas, uma vez que se obtiveram um número considerável de respostas “ α , β , γ ”.

Estímulo 10: **MEDICINA NUCLEAR**

Na tabela 23 apresenta-se para o estímulo “Medicina Nuclear” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 25, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Medicina Nuclear”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	29	29	24
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	20	25	17
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	69%	86%	71%

Tabela 23 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 10.

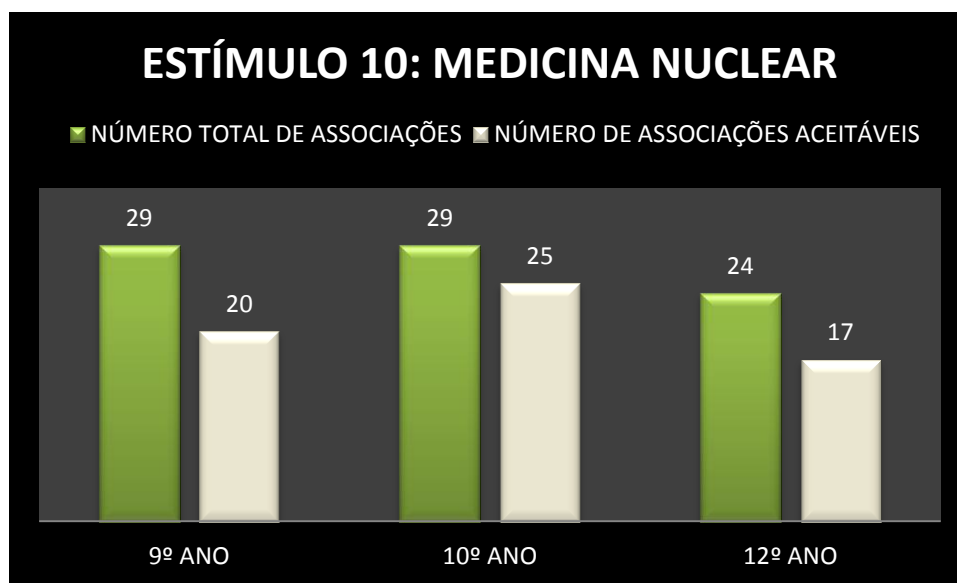


Figura 25– Número total de associações obtido no estímulo 10 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verificou-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (86%), seguindo-se o 12º ano (71%) e finalmente o 9º ano (69%). Neste estímulo, constatou-se que a maioria dos alunos não conhecia o seu significado, embora associasse o estímulo a doenças oncológicas e a tecnologias avançadas de terapia. Por outro lado, renovou-se a confusão entre quimioterapia e radioterapia.

Curiosamente quatro alunos do 12º ano referiram-se ao estímulo como uma licenciatura.

Estímulo 11: **CENTRAL NUCLEAR**

Na tabela 24 apresenta-se para o estímulo “Central Nuclear” o número total de associações (T), o número de associações aceitáveis (A) e relação A/T , em percentagem. Na figura 26, apresentam-se os resultados obtidos no pós-teste para o estímulo “Central Nuclear”, nos três níveis de ensino.

	9º ANO	10º ANO	12º ANO
NÚMERO TOTAL DE ASSOCIAÇÕES (T)	35	74	39
NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES ACEITÁVEIS (A)	29	71	35
RELAÇÃO $\frac{A}{T}$ (%)	83%	96%	90%

Tabela 24 – Número total de associações (T), número de associações aceitáveis (A) e relação $\frac{A}{T}$, obtidas para o estímulo 11.

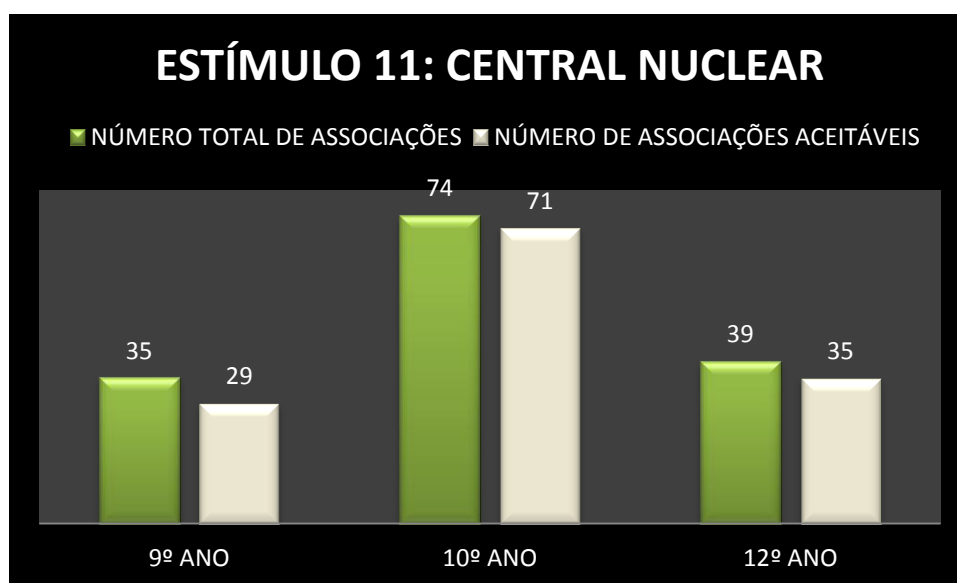


Figura 26– Número total de associações obtido no estímulo 11 para o 9º, 10º e 12º anos na segunda aplicação do teste de associação de palavras.

Verifica-se que o 10º ano foi aquele em que a relação entre o número de associações aceitáveis e o número total de associações foi a mais elevada (96%), seguindo-se o 12º ano (90%) e finalmente o 9º ano (83%). Neste estímulo, a maioria dos alunos já conhecia o conceito em termos de produção de energia e relativamente às consequências de uma explosão numa central nuclear. Alguns alunos do 10º e 12º anos associaram a este estímulo as reações nucleares de fissão e o urânio como combustível das mesmas. O mesmo não se verificou para os alunos de 9º ano.

5.3 Conclusões Prévias da Análise Quantitativa Para o Grupo Grupo Escolar

5.3.1. Comparação entre o nº total de associações no pré-teste e no pós-teste

A análise quantitativa relativa ao número total de associações obtido no pré-teste e no pós-teste para o 9º ano, mostrou que os estímulos “*Curie*”, “*Radioatividade*”, “*Radiação*”, “*Medicina Nuclear*” e “*Central Nuclear*”, foram aqueles em que se verificou maior evolução numérica no pós-teste. Estes resultados sugerem que estes estímulos deveriam ser aqueles que os alunos tinham menor conhecimento, embora, não nos seja possível concluir quanto à sua evolução contextual.

Analogamente o número de total associações obtidas no pré-teste e no pós-teste para o 10º ano revela que em todos os estímulos ocorreu uma evolução quantitativa do pré-teste para o pós-teste e que essa evolução foi mais significativa no estímulo “*Curie*”.

Relativamente ao 12º ano, verifica-se que em todos os estímulos, à exceção do “*Rádio*”, se verificou uma evolução numérica no pós-teste.

5.3.2. Comparação entre o nº total de associações aceitáveis no pré-teste e no pós-teste

A análise quantitativa do número total de associações obtidas no pré-teste e no pós-teste para o 9º mostra que em todos os estímulos se verificou uma evolução numérica quanto às associações aceitáveis.

Quanto ao número total de associações aceitáveis obtidos no pré-teste e no pós-teste para o 10º e 12º ano, respetivamente, mostrou que à exceção de um aluno, todos os restantes revelaram evolução quantitativa mais acentuada na 2ª intervenção do teste de associação de palavras.

Este facto, permite prever que poderá ter existido uma evolução concetual para todos os estímulos, sem no entanto, ser possível formar conclusões quanto à extensão dessa evolução. Para que tal acontecesse, consideramos que um dos requisitos necessários seria a lecionação de um maior número de aulas, o que não foi possível de concretizar devido a fatores como a limitação temporal e a inexistência de um contador de Geiger Muller na escola Secundária de Maria Lamas.

5.3.3 – Evolução entre o nº total de associações aceitáveis no pré-teste e no pós-teste

Do mesmo modo e tendo em conta que as respostas obtidas em ambas as intervenções do teste de associação de palavras, foi realizada individualmente para cada aluno, seria interessante desenhar um mapa concetual individual. Porém, pelos mesmos

motivos apresentados anteriormente, tal não foi possível, pelo que se sugere a realização de estudos de natureza investigativa nesse contexto.

Verificou-se de um modo geral todos os alunos revelaram evolução quantitativa mais acentuada na 2ª intervenção do teste de associação de palavras. Por outro lado, constata-se que a maior evolução, quer no pré-teste quer no pós-teste se verificou para o mesmo aluno em todos os anos letivos.

5.4. Conclusões Prévias da Análise Qualitativa Para o Grupo Escolar

5.4.1. Mapas concetuais simplificados obtidos para o estímulo Radioatividade nos três níveis letivos.

O objetivo desta análise qualitativa teve como princípio obter uma noção da conceção de cada estímulo, antes e após as intervenções do teste de associação de palavras. Tendo em conta que o presente trabalho não reuniu os requisitos nem as metodologias necessárias para elaborar um mapa concetual, apresenta-se em seguida uma aproximação simples daquilo que poderia vir a constituir esse documento. De referir ainda que essa sistematização foi realizada para todos os estímulos em todos os anos letivos e em ambas as aplicações do teste de associação de palavras (Apêndice VII). No entanto, apenas se apresenta no corpo do texto deste documento a sistematização relativa ao estímulo *Radioatividade* para os três níveis de ensino utilizados.

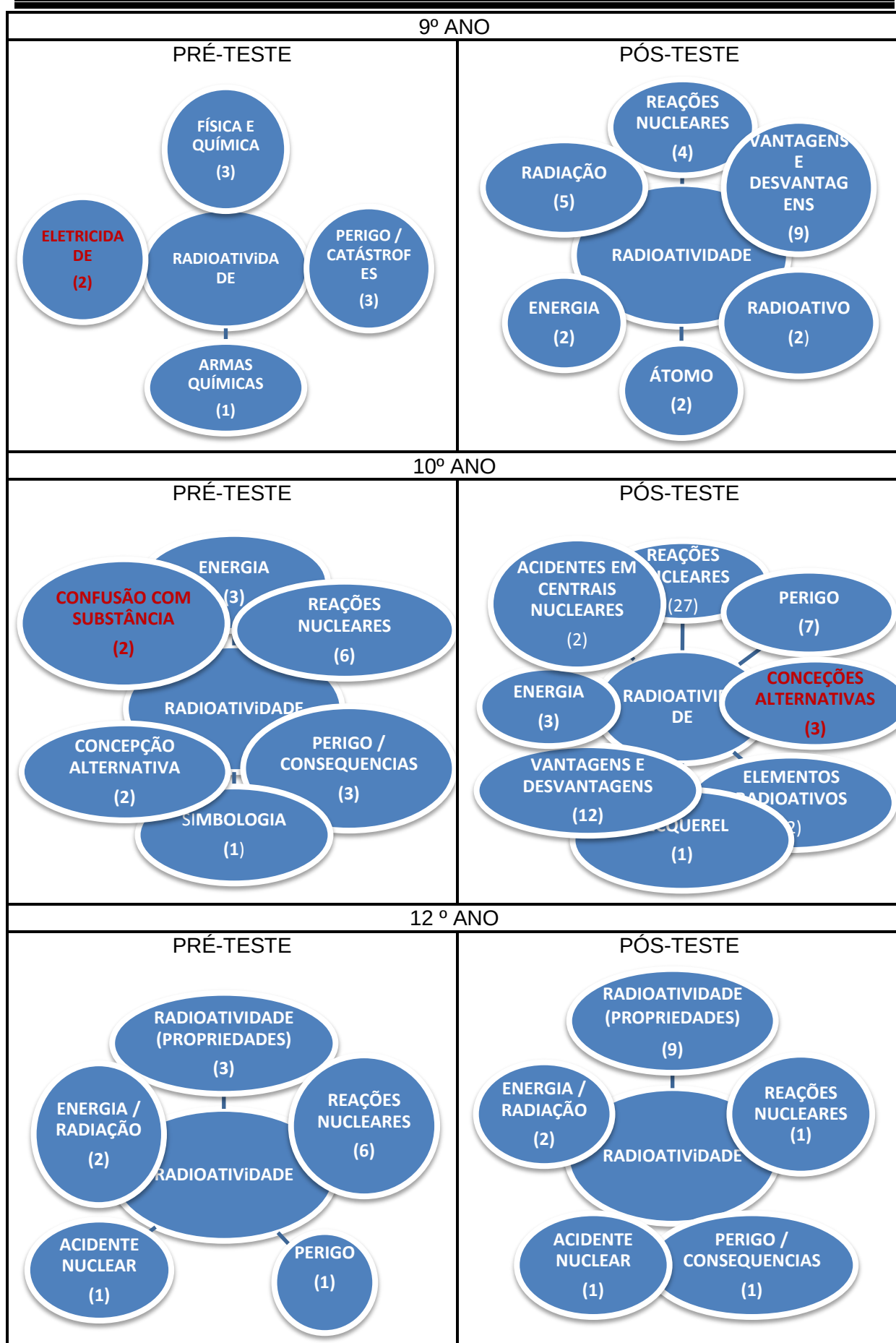


Figura 27– Mapas conceituais simplificados obtidos para o 9º, 10º e 12º anos.

A figura 27, permite-nos concluir que os resultados mais assertivos foram obtidos com os alunos do 10º ano. De facto, os mapas conceituais simplificados correspondentes a este nível letivo, mostram maior riqueza conceitual, bem como uma evolução quantitativa mais significativa.

Estas observações poderão dever-se, por um lado, ao perfil da turma, que demonstrou interesse e motivação nas atividades desenvolvidas e por outro, pela abordagem das reações nucleares já lecionadas na Unidade 1: *Das Estrelas ao átomo*.

Verificou-se também evolução conceitual nos alunos do 9º ano, que mostraram grande interesse e surpresa durante as atividades desenvolvidas.

Os alunos do 12º ano foram aqueles que demonstraram menor interesse e motivação. Esta contatação poderá dever-se ao perfil da turma e ao conhecimento prévio dos conteúdos abordados.

5.5. Atividades Experimentais

5.5.1. Introdução

Neste capítulo apresentam-se as experiências realizadas no grupo escolar numa perspetiva essencialmente qualitativa, uma vez que aquilo que se pretendia apurar a consolidação e extensão da aprendizagem dos alunos, bem como a perceção concetual adquirida após a realização das experiências.

De referir que qualquer uma destas experiências foi de fácil realização, quanto aos procedimentos e aos reagentes envolvidos. No que diz respeito ao equipamento, embora o contador de Geiger-Muller seja economicamente viável, foi extremamente difícil encontrar este equipamento. De facto, e provavelmente pelo desuso do estudo da radioatividade nesta etapa do ensino, nenhuma das quatro escolas do concelho de Torres Novas possuía este equipamento. Assim, e após tentativas exaustivas, foi possível usufruir de um contador, cedido pelo Instituto Politécnico de Tomar. Uma vez que o equipamento em causa foi emprestado, o seu manuseamento foi realizado pela própria mentora deste trabalho.

O detetor em causa é um aparelho da marca *GAMMA SCOUT – Radiation Detector With USB- Port*.

Os protocolos das atividades encontram-se no apêndice III e foram realizados com base na leitura de vários estudos, onde se destacam os trabalhos desenvolvidos por Carmen Oliveira (2006), Florbela Rego (2004) e Ricardo Martins (2010).

As atividades foram realizadas no laboratório de Física da escola secundária de Maria Lamas, em Torres novas, separadamente para os diferentes anos letivos e após a exposição teórica (Apêndice IV). Os alunos foram distribuídos pelos seus grupos de trabalho habituais. A cada aluno foi distribuído um protocolo da atividade experimental em curso e antes do início das atividades foi-lhes recomendado que o lessem e expusessem as suas dúvidas. Foi ainda solicitado a todos os grupos que cedessem à investigadora os seus resultados no final das atividades.

Durante a análise dos resultados e no decorrer das atividades foram destacados os comentários que se revelaram mais pertinentes, quer pela sua assertividade, quer pela sua descontextualização.

5.5.2. Experiência 1: Radiação de Fundo

O objetivo desta experiência é investigar e concluir que estamos constantemente expostos a uma grande variedade de radiações naturais. Estas radiações provêm do espaço exterior à Terra (radiação cósmica) e dos átomos radioativos que existem um pouco por

todo o lado, por exemplo, no solo que pisamos, nos materiais de construção das nossas casas, no nosso próprio corpo. O somatório destas radiações corresponde à radiação de fundo natural.

A atividade consiste em ligar o detetor Geiger-Müller, assegurando que não existe qualquer fonte de radiação radioativa artificial nas proximidades e calcular o valor médio das contagens por minuto para as radiações α , β e γ .

Pretende-se também que os alunos formulem hipóteses que justifiquem a diferença obtida para os resultados obtidos nas diferentes gamas de radiação, verificando-se que o valor médio das contagens por minuto do fundo foi de 21 ± 1 .

Como seria de esperar, alguns alunos mostraram-se surpreendidos pela constatação da existência de radiação de fundo, principalmente os alunos do 9º ano.

5.5.3. Experiência 2: Radioatividade do potássio (^{40}K)

O objetivo desta atividade foi detetar experimentalmente a radioatividade do isótopo 40 do potássio, mostrando simultaneamente que alguns alimentos que consumimos contêm núclídeos radioativos.

Para o efeito utilizaram-se como reagentes bananas e cloreto de potássio.

Foram utilizadas 150 g de ambos os reagentes.

A aquisição foi feita durante 10 minutos em intervalos de 1 minuto.

A média dos resultados obtidos foi registada na tabela 25.

Valor médio das contagens por minuto do fundo	Valor médio das contagens por minuto do KCl	Valor médio das contagens por minuto das bananas ²
21 ± 1	51 ± 1	67 ± 1

Tabela 25 – Valor médio obtido para o cloreto de potássio e para a amostra de bananas.

Como se pode observar a partir da tabela 25 os valores médios das contagens do cloreto de potássio (como fundo) e da amostra de bananas são semelhantes e situam-se muito acima do valor médio das contagens do fundo.

Esta constatação demonstra que a radioatividade do potássio é proveniente do núclídeo ^{40}K , uma vez que o potássio é um elemento muito comum em solos, minerais e, consequentemente, em alimentos, como é o caso da banana.

Esta atividade foi aquela que pareceu despertar maior interesse nos alunos. Uma das possíveis causas é o facto de se trata de uma experiência que envolve o quotidiano dos alunos, o que corrobora as teorias de alguns autores (Duarte, 2001)

² As bananas foram descascadas e amassadas de modo a obter-se uma espécie de “papa”.

5.5.4. Experiência 3: Radioatividade em Rochas

Foram dois os objetivos desta atividade:

- Investigar a existência de fontes naturais de radiação ionizante.
- Detetar a existência de radiação emitida por uma rocha radioativa,

controlando duas variáveis:

- A distância;
- A “barreira” constituída por diferentes elementos químicos (alumínio e chumbo).

A rocha utilizada foi um minério de urânio.

Resumidamente, a experiência consistiu em colocar entre o detetor de radiação uma película de alumínio fazendo variar a distância entre o detetor e a barreira. O mesmo procedimento foi realizado para um tubo de chumbo. A média dos resultados está representada na tabela 27.

Valor médio das contagens por minuto do Fundo																										
α 8±1									β 21±1									γ 0								
Valor médio das contagens por minuto da Rocha																										
α									β									γ								
5 cm			10 cm			15 cm			5 cm			10 cm			15 cm			5 cm			10 cm			15 cm		
8	0	0	1	0	0	0	0	0	20	14	0	17	0	0	12	7	0	580	420	382	262	236	166	120	90	66

Tabela 27 – Valores médios obtidos para o minério de urânio usando diferentes barreiras e fazendo variar a distância.

Como se pode verificar, a intensidade da radiação diminui com a distância para todas os tipos de radiação.

Verificou-se que:

- A radiação α não atravessava uma folha de papel;
- A radiação β atravessava a folha de papel e não atravessava a película de alumínio. É de referir que foram colocadas várias folhas de alumínio como barreira e que a radiação diminuía com o aumento da espessura da mesma;
- A radiação γ , atravessava a folha de papel, a folha de alumínio, mas não ultrapassava o tubo de chumbo.

Estes factos comprovam a variação da capacidade de penetração das radiações ionizantes:

partículas α < partículas β (eletrões e positrões) < fotões (γ e X) < neutrões

Esta atividade foi aquela que se revelou mais complexa de explicar e realizar, nomeadamente para os alunos de 9º ano, que sentiram por um lado receio e por outro curiosidade pela constatação da presença de radiação ionizante. Alguns comentários como “vou morrer”, “quanto é o valor limite da radiação ionizante para não provocar doenças?”, “quando fazemos uma radiografia qual é o valor da radiação?”, “o que posso fazer para eliminar esta radiação?”. Todas as questões foram sendo esclarecidas e crê-se que os alunos ficaram mais elucidados e com conhecimentos mais consolidados.

De um modo geral, os alunos mostraram-se participativos e interessados, intervindo frequentemente com questões e comentários pertinentes. Também se constatou grande perplexidade nos alunos de 9º ano pelo facto de existir radioatividade de fundo. Cita-se como exemplo um comentário de um aluno do 9º ano: “se existe radiação que não faz mal, porque motivo não nos ensinam isso? E porque é que dizem tão mal da radioatividade? Também tem coisas boas...”.

Quanto aos alunos do 10º ano, verificou-se que o conceito de átomo tinha sido recentemente consolidado, devido ao facto de terem abordado na totalidade os conteúdos da Unidades 1³(Das estrelas ao átomo) e parcialmente a Unidade 2(Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura).

³Na Unidade 1 são abordados os seguintes conteúdos: Arquitetura do Universo, Espectros, radiações e energia, Átomo de Hidrogénio e estrutura atómica, Tabela Periódica – organização dos elementos químicos.

Na Unidade 2 são abordados os seguintes conteúdos: Evolução da atmosfera - breve história, Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude, Interação radiação-matéria, O ozono na estratosfera, Moléculas na troposfera.

Os alunos de 12º ano foram aqueles que mostraram menor interesse e participação nas atividades, provavelmente por se tratar de um tema cuja curiosidade se revela menor.

5.6. Parte B: Análise Qualitativa do Grupo Não Escolar

5.6.1. Mapas Concetuais Simplificados Para os Trabalhadores com o 9º ano e Licenciados

Os resultados obtidos para este grupo foram analisados qualitativamente, isto é, sistematizados e categorizados (Apêndice VIII). Por este motivo e tendo em conta que o teste de associação de palavras teve apenas uma intervenção, designou-se por *teste preliminar*.

Na figura 28 apresentam-se os mapas concetuais simplificados obtidos para este grupo.

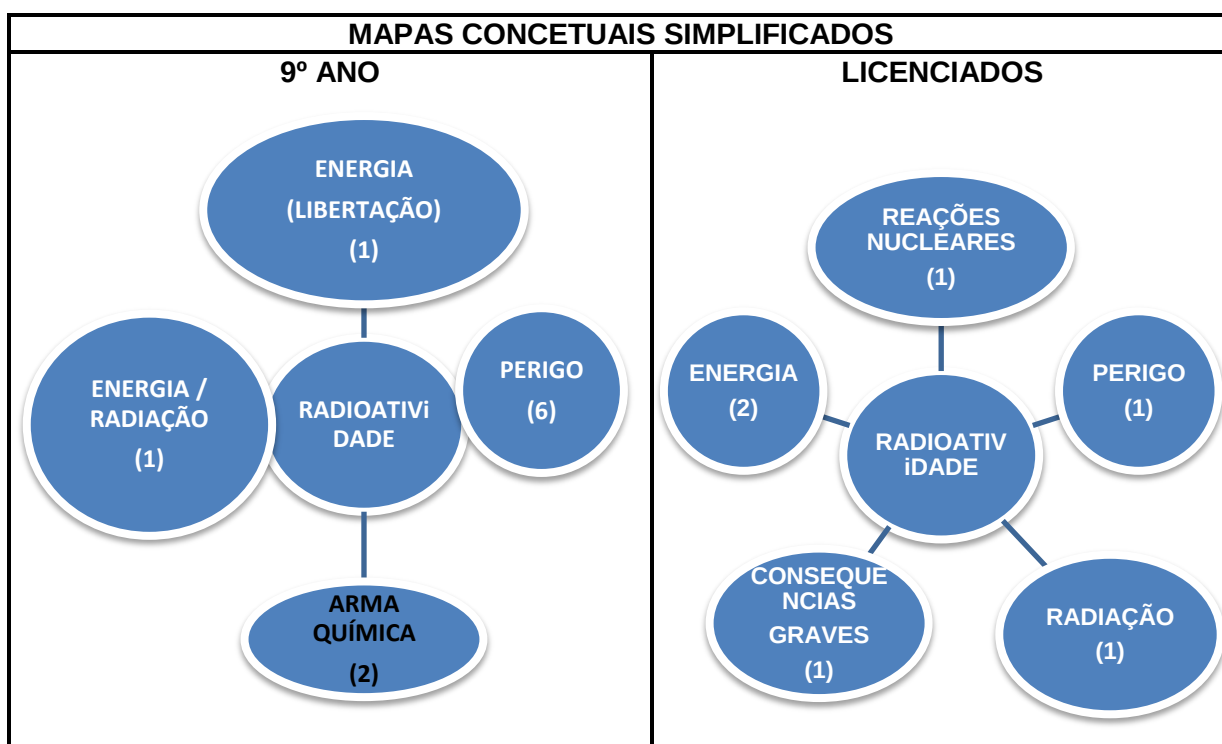


Figura 28– Mapas concetuais simplificados obtidos para os trabalhadores com o 9º ano de escolaridade e para os trabalhadores licenciados.

Como se pode concluir pela análise da figura 27, o mapa simplificado obtido para o sub-grupo de trabalhadores licenciados mostra maior riqueza concetual do que o correspondente aos trabalhadores com o 9º ano, não se tratando, no entanto, de uma discrepância significativa, tendo em conta a diferença de escolaridade. Este facto corrobora a hipótese inicialmente formulada quanto à extensão da lecionação da radioatividade e a

sua repercussão no nível de conhecimentos em indivíduos com escolaridade de nível superior. Verificou-se ainda que, a maioria dos indivíduos com o 9º ano de escolaridade, demonstrou grande interesse na participação neste projeto e interesse pela aquisição de aprendizagens, o que aliado ao facto de terem concluído os seus estudos através do programa *Novas Oportunidades*, reúne matéria para novos estudos.

5.7. Comparação Entre os Mapas Simplificados Obtidos Para o Grupo Escolar e Para o Grupo Não Escolar

A análise das figuras 27 e 28 permite-nos concluir que o 10º ano foi o grupo onde se verificou uma melhor clareza concetual do tema radioatividade, em contraste com os alunos de 9º ano.

Por outro lado, os mapas concetuais obtidos para os trabalhadores com o 9º ano de escolaridade revelaram ser semelhantes aos obtidos para os trabalhadores licenciados.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES REFLEXIVAS

6.1. Análise Crítica do Estudo Realizado

O objetivo principal da presente dissertação consistia em apurar a existência de uma lacuna nos currículos de ensino básico e secundário em Portugal relativamente ao tema Radioatividade. Inicialmente, orientou-se o trabalho no sentido da elaboração de recursos didáticos de natureza teórica e prática para o ensino da Radioatividade. No entanto, percebeu-se que estava a partir do pressuposto que o tema Radioatividade é escassamente abordado no Ensino Básico e Secundário. Esta percepção ocasionou uma nova linha de orientação nos estudos. De facto, considerou-se ser necessário primeiramente avaliar a lacuna acima mencionada, definindo-se uma nova trajetória.

Relativamente ao decurso dos estudos realizados, foram encontradas algumas condicionantes peculiares que marcaram as atividades desenvolvidas. Entre essas condicionantes destaca-se essencialmente a limitação de tempo. Com efeito, não nos foi possível tornar estes estudos num trabalho de investigação mais aprofundado, mas sim num projeto de natureza investigativa que poderá constituir um estudo preliminar para a realização de investigações de maior intensidade, com resultados e conclusões melhor fundamentados e consolidados. Acresce ainda que a restrição à lecionação de um maior número de aulas, constitui por si só, uma limitação na obtenção de resultados suportados em várias observações.

Do mesmo modo, a intervenção no decurso normal das atividades letivas, envolvendo várias turmas de uma mesma escola, ocasionou a que se optasse por interferências escassas e rápidas.

Por outro lado, o facto de duas das turmas em análise (9º e 12º anos), pertencerem a anos letivos de teste intermédio e exame, cujas classificações são fundamentais nas notas finais e na nota de acesso ao Ensino Superior. Estes factos levaram a que a intervenção externa de utilização de metodologias experimentais tivesse de ser gerida cuidadosamente, de modo a evitar delações de natureza acusatória, tais como “perda de tempo”.

Ainda assim, considera-se que a realização deste trabalho abarcou aspetos positivos, tais como:

- Possibilidade de desenvolver um projeto na área da educação, envolvendo estudos em dois contextos diferentes: o escolar e o não escolar.
- Aquisição de aprendizagem e desenvolvimento de novas competências pelos alunos e pela mentora deste trabalho, nomeadamente no que diz respeito à contribuição para a literacia científica e consequente desenvolvimento do pensamento crítico.
- Percepção, enquanto docente da importância da utilização de conteúdos didáticos e respetiva contribuição na interação ensino-aprendizagem.

Quanto aos aspetos menos positivos, parcialmente já referidos, destacam-se:

1. A limitação temporal uma vez que inviabilizou:

-A lecionação mais aprofundada de conteúdos e consequente consolidação dos mesmos.

- A aplicação de uma ou mais questões num teste de avaliação, de modo a apurar a extensão da aprendizagem dos alunos.

- A aplicação do teste de associação de palavras a professores de Física e Química, com o intuito de apurar os seus conhecimentos do tema em causa, não numa perspectiva criticista, mas antes de carácter construtivo.

- A aplicação de outras metodologias de investigação, em particular, estudos de maior profundidade investigativa, envolvendo por exemplo escolas e trabalhadores de diferentes meios.

2. A enorme dificuldade em conseguir um detetor de radiação, que embora economicamente viável, “não” existia nas Escolas do Ensino Básico e Secundário do concelho onde foi elaborado este trabalho.

6.2. Conclusões do Estudo Realizado

Quanto ao estudo realizado, este permitiu concluir que os alunos se mostraram recetivos à aplicação de metodologias diferentes daquelas com que são confrontados diariamente, como seja por exemplo, o preenchimento do teste de associação de palavras.

Do mesmo modo, os trabalhadores da Sociedade Lusitana de Destilação, S.A. revelaram recetividade quanto à mesma metodologia.

Relativamente aos estudos realizados e comparando os resultados obtidos em ambos os contextos – escolar e não escolar – foi possível concluir que as respostas mais assertivas foram dadas pelos alunos do 10º ano, seguindo-se o 12º e finalmente o 9º ano, em *exequo* com os trabalhadores do 9º ano e com os trabalhadores licenciados. Verificou-se que a Radioatividade é, inequivocamente, um tema que desperta a curiosidade e motivação dos cidadãos, embora escassamente lecionado no ensino básico e secundário em Portugal, confirmando a lacuna pressuposta inicialmente.

6.3. Sugestões para trabalhos futuros

No decorrer da realização do presente trabalho foram surgindo percepções da pertinência de outros estudos de investigação, nomeadamente, a realização de estudos envolvendo outras disciplinas proporcionando a transversalidade no processo Ensino-Aprendizagem.

Fica ainda como sugestão a extensão destes estudos aos programas curriculares da Europa e respetiva comparação com o sistema educativo português. Seria também interessante conhecer os conceitos sobre radioatividade dos profissionais não qualificados na área da saúde, como por exemplo auxiliares de ação médica e também operadores de centrais de tratamento de resíduos radioativos.

Consideramos que deste modo seria possível proporcionar uma interligação entre o Mundo científico real e aquele que se ensina nos diferentes níveis de ensino, concretizando a perspetiva Ciência- -Tecnologia-Sociedade Ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. C., Matias, L., Peralta, L. F. (1994), *Física Experimental*, 1.ª edição, Editorial Presença, Lisboa.
- Allan, M et al.(2007). Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. *Quím.Nova*, Vol.30, Nº1, 83-91.
- Bellintani, S., Neves, F. (2002), *Noções Básicas de Protecção Radiológica*, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Disponível em <http://www.ipen.br/np/apostila30horas.pdf>(acedido em 19/09/2013).
- Bragança Gil, F., Isabel Serra, I., Viegas, F. (2010) *A Radioatividade em Portugal. Travaux de Laboratoire*. Vol II. Universidade de Lisboa, Centro Interdisciplinar de Ciência, Tecnologia e Sociedade.
- Cabral, J. M. P. (2004), *Arqueometria*, Colóquio/Ciências Nº 9, pp. 58-78.
- Cachapuz e Maskill (1987), *Detecting changes with learning in the organization of knowledge: Use of word association tests to follow the learning of collision theory*, International Journal of Science Education, Volume 9, Issue 4, 1987.
- Cardoso, E.M. (2008). *Aplicações da Energia Nuclear*. Apostila educativa. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro.
- Choppin, G.R., Liljenzin, J.O., Rydeberg, J.(1995). *Radiochemistry and Nuclear Chemistry*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1995.
- DES, (2001). *Programa de Física e Química A - 10º ou 11º ano Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário. Disponível em <http://www.dgidec.min-edu.pt/> (acedido em 29/07/2013).
- Duarte, J.B., (2001). *Manual escolar: companheiro do jovem na aquisição de competências e na curiosidade pelo saber*. Revista Lusófona de Educação (não publicado).
- Duarte, M. C. (1993). *Mudança Conceptual e Ensino das Ciências – Uma proposta de intervenção pedagógica no 2º ciclo do Ensino Básico*. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Minho (não publicada).

- Duarte, M.F., (2007). *Um estudo de caso no Ensino – Aprendizagem de reacções ácido – base*. Dissertação de mestrado em química para o Ensino. Universidade de Lisboa.
- Dwelshauvers-Dery, F.(1986). *La reflexion des rayons X*. Bulletin de L'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux –Arts de Belgique, v.31, p. 482-487.
- Ercan, F., Tasdere, A., Ercan, N. (2010). *Observation of cognitive structure and conceptual changes through word association tests*. *Journal of Turkish Science Education*, 7 (2), 155-157.
- Fawlor, E. (1965), *Radioactive Fallout, Soils, Plants, Foods, Man*, Elsevier
- Gall, M.D., Gall, J.P., Borg, W.R. (2007) *Educational Research*. (8th edition). USA: Pearson International Edition.
- Ivanovich, M., Harmon R. S. (1982), *Uranium Series Disequilibrium: Applications to Environment Problems*, Oxford University Press, Oxford.
- Kostova, Z., Radoynovska, B. (2008). *Word association test for studying conceptual structures of teachers and students*. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 2, 2, p.209-231.
- Latil, P. (1963), “*A Radioatividade*” Publicação: Lisboa , Estúdios Cor, 108, [4] p. : 22 cm Enciclopédia Diagramas, Volume 15.
- Leitão, F. (2012). *Jesuítas e Investigação Científica em Portugal: factos e enganos*, In Brotéria, janeiro 2012, Atualizado em 13.08.12.
- Leo, William R., (1992), *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments A. How – To Approach*, Springer – Verlag, 1^a Edition.
- Maia, E. e Martins, R.. (2010), Historical experiments revisited: a didactical resource for secondary school teaching, *Book of abstracts of 4th International Conference of the European Society for the History of Science (ESHS) - The Circulation of Science and Technology* , Barcelona, p.14 (comunicação em power point privada).
- Maia, E., Serra, I., Viegas, F. (2009), O ensino da radioatividade e a história das ciências, *Actas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências - Educação e Formação: Ciência, Cultura e Cidadania*, (XIII ENEC) - CD-ROM, pp.18-25, Castelo Branco, (comunicação em powerpoint privada).

- Martin, A., Harbison, S. (1979), *An Introduction to Protection*, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Martins, P.C. (2001), *Redução Electroquímica do Lindano*. Dissertação apresentada ao Departamento de Química da Universidade do Minho para a obtenção do grau de mestre em Química – Especialização em Ensino, Braga.
- Martins, R. A. (1990). *Como Becquerel não descobriu a radioatividade*. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* 7, p.27-45.
- Martins, R. A. (2004). *Como Hipóteses e Interpretação Experimental: A conjectura de Poincaré e a descoberta da Hiperfosforescência por Becquerel e Thomson*. *Ciência e Educação*, v.10,nº3, p.501-516.
- Martins, R., Editor, (2010), *Revista Radiação+Saúde*, publicação conjunta da Câmara Municipal de S. Brás de Alportel e da Escola Secundária José Belchior Viegas.
- Mertens, D.M. (2010). *Research and evaluation in education and psychology* (3th edition). California, USA: SAGE Publications, Inc.
- Ministério da Educação (2004), *Programa de Química - 12º Ano Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*, homologado em 22-11-2004.
- Ministério da Educação. (2004). *Direcção Geral de Inovação e de Desenvolvimento Curricular*.
- Moreira, J. A. (2005), *Física Básica*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Oliveira, C.(2006) *A Radioatividade e o Ambiente no Ensino Secundário*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de mestre em Física para o Ensino Lisboa. Disponível em <http://www.lip.pt/~luis/teses/teses.html> (acedido a 18/06/2013).
- Oliveira, R., Santos D., Ferreira D., Coelho P., Veiga, F. (2006). *Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações*. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol. 42, n. 2, abr./jun., 2006, p.151-165.
- Orey, J. (1982), *Fundamentos da Física*, LTC – Livros Técnicos e Científicos Published Company, New York.
- Pardal, L., & Lopes, E. S. (2011). *Métodos e Técnicas de Investigação Social* (2ª ed.).
- Radvanti, P., Bordry, M., (1984) “La radioactivité artificielle et son histoire” Seuil/CNRS, 1984.

- Raymond, C. (1994), *Química*, 5.^a Edição, McGraw-Hill.
- Rego, F. (2004). *As Radiações no Ensino*. Dissertação apresentada à Universidade de Lisboa para a obtenção do grau de mestre em Física para o Ensino, , Lisboa, 2004. Disponível em <http://www.lip.pt/~luis/teses/teses.html> (acedido a 18/06/2013).
- Romer, A. (1970) *Radiochemistry and the Discovery of Isotopes*, Dover, New York, 1970, p.191-195.
- Saha, G. B.1998. *Fundamentals of nuclear pharmacy*.Springer,.p. 34-170.
- Snyder, C.H. (1997). *The extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 3 rd ed., John Willey & sons, Nova Iorque, 1997, p. 656.
- Timur, B., Taşar, M. (2011).Developing pré-service science teachers' cognitive structures about technology: word association test (WAT).*Western Anatolia Journal of Science Education*, Special Issue, *World Conference on New Trends in Science Education*, Kusadasi, Turkey, p.131-138. Disponível em <http://web.deu.edu.tr/baed/> (acedido em 21/06/2013).
- Tipler, P., Llewellyn, R. (2001), *Física Moderna*, 3^a edição, LTC Editora.
- Tuckman, B.W. (2012). *Manual de Investigação em Educação* (4^a edição atualizada). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Venturoli T. (1997). *Os construtores de átomos*. Revista Superinteressante. Disponível em <http://super.abril.com.br/ciencia/construtores-atomos-441041.shtml>(acedido em 22/08/2013).
- Volkert, W.A.; Hoffman, T.J.(1999) *Therapeutic Radiopharmaceuticals*. *Chem. Rev.*, v. 99, p. 2269 2292.
- Yannick N. (2006). *Radiações Ionizantes e a vida*. Apostila educativa. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Rio de Janeiro.
- Yebra, M. (2006). *Manual de investigação em educação* (4^a edição atualizada). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

APENDICES

APÊNDICE I – RESUMO DOS CONTEÚDOS ABORDADOS NO ENSINO BÁSICO E SECUNDÁRIO NAS DISCIPLINAS DE FÍSICA E DE QUÍMICA

Ciências Físico Químicas - 3.º Ciclo (7.º, 8.º e 9.º anos)			
Tema 1 – TERRA NO ESPAÇO	Tema 2 – TERRA EM TRANSFORMAÇÃO	Tema 3 – SUSTENTABILIDADE NA TERRA	Tema 4 – VIVER MELHOR NA TERRA
<u>Unidade 1: Universo</u> - O que existe no Universo - Distâncias no Universo <u>Unidade 2: Sistema Solar</u> - Astros do sistema solar - Características dos planetas <u>Unidade 3: Planeta Terra</u> - Terra e Sistema solar. - Movimentos e forças	<u>Unidade 1: Materiais</u> - Constituição do mundo material - Substâncias e misturas de substâncias - Propriedades físicas e químicas dos materiais - Separação das substâncias de uma mistura - Transformações físicas e transformações químicas <u>Unidade 2: Energia</u> - Fontes e formas de energia - Transferências de energia	<u>Unidade 1: Som e luz</u> - Produção e transmissão do som - Propriedades e aplicações da luz <u>Unidades 2: Reações químicas</u> - Tipos de reações químicas - Velocidade das reações químicas - Explicação e representação das reações químicas <u>Unidade 3: Mudança global</u> - Previsão e descrição do tempo atmosférico - Influência da atividade humana na atmosfera terrestre e no clima	<u>Unidade 1: Em trânsito</u> - Segurança e prevenção - Movimento e forças <u>Unidade 2: Sistemas elétricos e eletrónicos</u> - Circuitos elétricos - Eletromagnetismo - Circuitos eletrónicos e aplicações da electrónica <u>Unidade 3: Classificação dos materiais</u> - Propriedades dos materiais e tabela periódica dos elementos - Estrutura atómica - Ligação química
COMENTÁRIOS			
	Neste tema organizador, a radioatividade é bastante pertinente em ambas as unidades. Na unidade 1: <i>Materiais</i> - sugere-se a leitura e exploração de um texto sobre a descoberta da radioatividade por Henri Becquerel, perguntando aos alunos se todos os materiais produziram nas chapas fotográficas os mesmos efeitos, isto é se as chapas mostrariam “sinais” após serem reveladas, levando-os a concluir diferenças nas propriedades físicas e químicas dos materiais. Na unidade 2 : <i>Energia</i> – sugerem-se várias atividades, nomeadamente exploração de textos e realização de trabalhos sobre vantagens e desvantagens da energia nuclear, visualização de vídeos e associação de palavras relativas ao termo <i>Energia</i>, introduzindo gradualmente o conceito de <i>Radiação</i>.	Neste tema organizador, a radioatividade torna-se relevante nas três unidades e pode ser abordada mediante a explicação da diferença entre reações químicas e nucleares. É igualmente importante fazer notar aos alunos que um acidente nuclear pode influenciar uma vasta região do Planeta Terra causando graves problemas no ambiente.	Este tema organizador deverá ser aquele em que a introdução de conceitos radioativos melhor se adequa ao ensino básico, nomeadamente na unidade 3, onde é feita uma abordagem aos elementos químicos e a sua distribuição na tabela periódica. Sugerem-se algumas atividades de caráter teórico e prático, sobre o modelo atómico e a reprodução da experiência de Becquerel de modo a detetar a radioatividade de alguns materiais do dia-a-dia.

Física e química A – 10º ano	
COMPONENTE DE QUÍMICA	COMPONENTE DE FÍSICA
<u>Unidade inicial: Materiais: diversidade e constituição</u> • Materiais • Soluções • Elementos químicos <u>Unidade 1 :Das estrelas ao átomo</u> • Arquitetura do Universo • Espectros, radiações e energia • Átomo de Hidrogénio e estrutura atómica • Tabela Periódica – organização dos elementos químicos <u>Unidade 2: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura</u> • Evolução da atmosfera - breve história • Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude • Interação radiação-matéria • O ozono na estratosfera • Moléculas na troposfera	<u>Unidade inicial: Das Fontes de Energia ao Utilizador</u> • Situação energética mundial e degradação de energia -Fontes de energia e estimativas de “consumos” energéticos nas principais atividades humanas -Transferências e transformações de energia -Degradação de energia - Rendimento - Uso racional das fontes de energia • Conservação de energia -Sistema, fronteira e vizinhanças -Sistema isolado -Energia mecânica -Energia interna -Temperatura; Calor, radiação, trabalho e potência - Lei da Conservação da Energia. <u>Unidade 1:Do Sol ao aquecimento</u> • Energia – do Sol para a Terra - Balanço energético da Terra: Emissão e absorção de radiação - Lei de Stefan-Boltzmann - Deslocamento de Wien - Sistema termodinâmico; - Equilíbrio térmico. Lei zero da Termodinâmica • A radiação solar na produção de energia elétrica – painel fotovoltaico • A energia no aquecimento/arrefecimento de sistemas - Mecanismos de transferência de calor: condução e convecção - Materiais condutores e isoladores do calor - Condutividade térmica - 1ª Lei da Termodinâmica - Degradação da energia - 2ª Lei da Termodinâmica - Rendimento <u>Unidade 2:Energia e Movimentos</u> • Transferências e transformações de energia em sistemas complexos na aproximação ao modelo da partícula material - Transferências e transformações de energia em sistemas complexos - Sistema mecânico - Modelo da partícula material - Validade de representação de um sistema pelo centro de massa - Trabalho realizado por forças constantes que atuam num sistema em qualquer direção - A ação das forças dissipativas • A energia de sistemas em movimento de translação - Teorema da energia cinética -Trabalho realizado pelo peso

	- Peso como força conservativa - Energia potencial gravítica - Ação das forças não conservativas - Rendimento - Dissipação de energia
COMENTÁRIOS	
Nas três unidades, a radioatividade está implícita ou explicitamente incluída. Em particular, a unidade 1, onde são referidos alguns conceitos relacionados, com a Física Nuclear e radiações. Neste âmbito faz-se o estudo de algumas partículas elementares; estudam-se reações de fusão nuclear e de cisão nuclear, as radiações emitidas pelas estrelas, onde se destaca o Sol, e a interação radiação-matéria. Na unidade 2 o tema radiação é repetidamente abordado mas numa perspetiva Química.	O termo radiação é abordado em ambas as unidades “apenas” como um processo de transferência de energia. A partir da análise dos conteúdos de Física apresentados não existe qualquer referência a assuntos diretamente relacionados com a radioatividade.

Física e química A – 11º ano	
COMPONENTE DE QUÍMICA	COMPONENTE DE FÍSICA
<u>Unidade 1: Química e Indústria - Equilíbrios e Desequilíbrios</u> • Produção e controlo – a síntese industrial do amoníaco - O amoníaco como matéria-prima - O amoníaco, a saúde e o ambiente - Síntese do amoníaco e balanço energético - Produção industrial do amoníaco - Controlo da produção industrial <u>Unidade 2: Da atmosfera ao Oceano: Soluções na Terra e para a Terra</u> • Água da chuva, água destilada e água pura • Águas minerais e de abastecimento público: a acidez e a basicidade das águas • Chuva ácida • Mineralização e desmineralização de águas	<u>Unidade 1: Movimentos na Terra e no Espaço</u> • Viagens com GPS - Funcionamento e aplicações do GPS - Posição – coordenadas geográficas e cartesianas - Tempo - Trajectória - Velocidade • Da Terra à Lua - Interações à distância e de contacto - 3ª Lei de Newton - Lei da gravitação universal - Movimentos próximos da superfície da Terra - Movimentos de satélites geoestacionários <u>Unidade 2 :Comunicações</u> • Comunicação de informação a curtas distâncias (Transmissão de sinais; Som; Microfone e Altifalante). • Comunicação de informação a longas distâncias - A radiação eletromagnética na comunicação.
COMENTÁRIOS	
A análise dos conteúdos apresentados anteriormente permite concluir que não existe qualquer referência a assuntos relacionados com a radioatividade.	A análise dos conteúdos apresentados anteriormente permite concluir que, tal como para a componente de química, na componente de física, não existe qualquer referência a assuntos relacionados com a radioatividade.

12º ano	
QUÍMICA	FÍSICA
<u>Unidade 1: Metais e Ligas Metálicas</u> • Metais e Ligas Metálicas, a importância dos metais na sociedade atual • Degradação dos metais • Metais, Ambiente e Vida <u>Unidade 2: Combustíveis, Energia e Ambiente</u> • •Combustíveis fósseis: o carvão, o crude e o gás natural • •Proveniência da energia dos combustíveis (neste item é abordado a equivalência massa-energia: um assunto nuclear) <u>Unidade 3: Plásticos, Vidros e Novos Materiais</u> • Os plásticos e os estilos de vida das sociedades atuais • Os plásticos e os materiais poliméricos • Os plásticos como substitutos de vidros • Os polímeros sintéticos e a indústria dos polímeros • Novos materiais: os biomateriais, os compósitos e os materiais de base sustentada. Verifica-se a existência de assuntos relacionados com a radioatividade na Unidade 2 – Combustíveis, Energia e Ambiente, item “Equivalência massa-energia: um assunto nuclear”. Neste ponto são abordados assuntos tais como: • Energia de ligação nuclear e estabilidade dos núcleos • A estabilidade/instabilidade nuclear e o decaimento radioativo • Emissões radioativas: partículas alfa e beta e radiações gama • Período de decaimento ou tempo de meia vida • Fontes naturais e artificiais de radioatividade • Datação e radioatividade • Medidores (detetores) de radioatividade • Reações nucleares: a fusão e a fissão (cisão) nuclear • Equivalência massa-energia e as reacções nucleares	<u>Unidade 1: Mecânica</u> • Mecânica da partícula • Movimentos oscilatórios • Centro de massa e momento linear de um sistema de partículas • Mecânica de fluidos • Gravitação <u>Unidade 2: Eletricidade e Magnetismo</u> • Campo e potencial elétrico • Circuitos elétricos • Ação de campos magnéticos sobre cargas em movimento e correntes <u>Unidade 3: Física Moderna</u> • Relatividade • Introdução à física quântica • Núcleos atômicos e radioatividade Como se pode verificar foi introduzida uma unidade de ensino dedicada à Física Moderna (Unidade 3). No item “Introdução à física quântica”, da Unidade 3 são abordados os conteúdos: • A quantização da energia de Planck • A teoria dos fótons de Einstein • Dualidade onda-corpúsculo para a luz • Radiação ionizante e não ionizante • Interação da radiação: efeito fotoelétrico, efeito de Compton, produção de pares e aniquilação de pares • Raios X • Dualidade onda-corpúsculo para a matéria. Relação de DeBroglie • Princípio da Incerteza e Mecânica Quântica • Física em ação No item “Núcleos atômicos e radioatividade” (unidade 3) são abordados os assuntos: • Energia de ligação nuclear e estabilidade dos núcleos • Processos de estabilidade dos núcleos: decaimento radioativo • Propriedades das emissões radioativas (alfa, beta e gama) • Lei do decaimento radioativo • Período de decaimento (tempo médio de vida) • Atividade de uma amostra radioativa • Fontes naturais e artificiais de radioatividade • Efeitos biológicos da radioatividade • Dose de radiação absorvida e dose equivalente biológica • Detetores de radiação ionizante .Aplicações da radiação ionizante • Reações nucleares: a fusão e a fissão (cisão) nuclear • Física em ação

COMENTÁRIOS	
No documento Programa de Química do 12º ano, é referido “Devido à inexorável extinção dos recursos naturais e aos problemas ambientais suscitados pelo seu uso desmesurado, a ciência e a tecnologia investem em combustíveis alternativos como (...) as energias nuclear, eólica, das marés e geotérmica, na busca de um futuro sustentável para a espécie humana. Este contexto revela-se, assim, adequado ao estudo de tópicos de Química como os que respeitam à energia envolvida nas reacções químicas e nas reacções nucleares ...”Ministério da Educação. (2004). Neste âmbito, justifica-se a realização de recursos didácticos de carácter teórico e prático.	Tendo em conta os programas curriculares de Física e de Química do Ensino Básico e Secundário conclui-se que o tema radioatividade pode ser introduzido no ensino básico, mais concretamente no 9º ano, aquando da lecionação da <i>Unidade 3: Classificação dos materiais</i> (Propriedades dos materiais e tabela periódica dos elementos; Estrutura atómica; Ligação química), no 10.º ano quando se aborda a <i>Unidade 1: Das Estrelas ao Átomo - A estabilidade dos átomos</i> e desenvolvido no 12.º ano, nas disciplinas de Física e de Química. Por outro lado, a análise preliminar dos conteúdos abordados na disciplina de Física do 12º ano, permite concluir que esta disciplina é indubitavelmente aquela onde o tema da radioatividade melhor e mais consistentemente se aplica. Esta constatação permite ainda questionar se os docentes estão cientificamente preparados para a abordagem deste tema, uma vez que, como se sabe, ele não é convenientemente abordado desde 1974. Esta reflexão, embora importante e de extrema necessidade, reúne matéria para uma nova dissertação, pelo que fica apenas a sugestão de que ela é de facto indispensável.

APÊNDICE II – TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS



GOVERNO DE
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA

TESTE



DRELV
Direção Regional de
Educação de Lisboa e Vale do Tejo

LAVRAS

DATA: ____/____/2014



Escola Secundária de
MARIA LAMAS
Torres Novas

NOME: _____

TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS

No quadro seguinte estão mencionados alguns conceitos relacionados com a Física e a Química. Pretende-se que a cada um desses conceitos associe palavras que, na sua opinião, se relacionam com cada um desses estímulos.

PALAVRA / ESTÍMULO	ASSOCIAÇÃO
	
RÁDIO	
CURIE	
ÁTOMO	
URÂNIO	
ACIDENTE NUCLEAR	
RADIOATIVO	
RADIOATIVIDADE	
RADIAÇÃO	
MEDICINA NUCLEAR	
CENTRAL NUCLEAR	

APÊNDICE III – PROTOCOLOS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS (Adapatado de Oliveira, 2006).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA



DRELVT
Direcção Regional de
Educação de Lisboa e Vale do Tejo



Escola Secundária de
Maria Lamas
Torres Novas

TRABALHO LABORATORIAL – RADIAÇÃO DE FUNDO



OBJETIVO

- Investigar a radiação de fundo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Todos nós estamos constantemente expostos a uma grande variedade de radiações naturais. Estas radiações provêm do espaço exterior à Terra (radiação cósmica) e dos átomos radioativos que existem um pouco por todo o lado, por exemplo, no solo que pisamos, nos materiais de construção das nossas casas, no nosso próprio corpo. Nesta experiência, vamos avaliar a radiação de fundo natural com um detetor Geiger-Müller.

MATERIAL E EQUIPAMENTO

- Detetor Geiger-Müller (GM)
- Cronómetro

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- Ligue o detetor Geiger-Müller (GM), certificando-se de que não existe qualquer fonte radioativa nas proximidades.
- Selecione no detetor GM um intervalo de tempo Δt de 10 minutos e a opção de radiação γ .
- Inicie a contagem, cronometrando o tempo de minuto a minuto.
- Registe os resultados obtidos na tabela 1.
- Repita o procedimento nas opções de radiações $\alpha+\beta+\gamma$ e $\beta+\gamma$.

REGISTO DOS RESULTADOS

Tabela 1

Tempo (min)	Contagens Fundo		
	γ	$\beta+\gamma$	$+\beta+\gamma$

TRATAMENTO DOS DADOS

- Calcule o valor médio do número de contagens do fundo para as radiações α , β e γ e registe o resultado na tabela 2.

Tabela 2

Valor médio das contagens por minuto do fundo		
α	β	γ

QUESTÕES

1. O número total de contagens durante um minuto varia ao longo do tempo. Porquê?
2. Que conclusão pode tirar quanto ao número de contagens por minuto? Parece-lhe elevado ou pequeno?
3. Compare e comente os resultados obtidos nos diferentes tipos de radiação.

TRABALHO LABORATORIAL – RADIOATIVIDADE DO POTÁSSIO (^{40}K)



OBJETIVOS

- Detetar experimentalmente a radioactividade do potássio (^{40}K).
- Alertar os alunos para o facto de que alguns alimentos que comemos contêm nuclídeos radioativos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Uma parte significativa da radiação natural de fundo que recebemos é originária do isótopo ^{40}K . A radioatividade do potássio é proveniente do radioisótopo ^{40}K . A sua meia-vida é de $1,26 \times 10^9$ anos, decaindo por emissão beta para um nuclídeo estável.

O potássio é um elemento muito comum em solos, minerais e, consequentemente, nos alimentos. O ^{40}K constitui cerca de 0,0117% de todo o potássio natural abundante na Terra logo a sua contribuição para a radioatividade natural é significativa

MATERIAL E EQUIPAMENTO

- Balança
- Cloreto de potássio
- Bananas
- Detector Geiger-Müller (GM)
- Vidros de relógio
- Almofariz
- Régua

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- Ligue o detetor Geiger-Müller (GM), certificando-se de que não existe qualquer fonte radioativa nas proximidades.
- Selecione no detetor GM um intervalo de tempo Δt de 10 minutos e a opção de radiação γ .

- Inicie a contagem, cronometrando o tempo de minuto a minuto.
- Repita o procedimento nas opções de radiações $\alpha+\beta+\gamma$ e $\beta+\gamma$.
- Registe os resultados obtidos na tabela 1.
- Coloque a amostra de cloreto de potássio a cerca de 5 cm de distância do detetor GM e repita a aquisição de contagens durante igual intervalo de tempo e nos mesmos tipos de radiação.
- Repita o procedimento para uma amálgama de bananas
- Registe os resultados obtidos na tabela 2.

REGISTO DOS RESULTADOS

Tabela 1

Tempo (min)	Contagens Fundo		
	γ	$\beta+\gamma$	$\alpha+\beta+\gamma$

Tabela 2

Tempo (min)	Contagens Fundo		
	γ	$\beta+\gamma$	$\alpha+\beta+\gamma$

TRATAMENTO DOS DADOS

- Calcule o valor médio do número de contagens do fundo para as radiações α , β e γ registre o resultado na tabela 3.
- Calcule o valor do número de contagens do cloreto de potássio e das amálgama de bananas na gama de radiações α , β e γ registre os resultados na tabela 4.

Tabela 3

Valor médio das contagens por minuto do fundo		
α	β	γ

Tabela 4

Valor médio das contagens por minuto					
Cloreto de potássio			Bananas		
α	β	γ	α	β	γ

QUESTÕES

1. Que conclusões pode tirar a partir dos resultados obtidos?
2. Faça uma pesquisa sobre os alimentos que contêm potássio.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA



DRELVT
Direção Regional de
Educação de Lisboa e Vale do Tejo



Escola Secundária de
Maria Lamas
Torres Novas

TRABALHO LABORATORIAL – RADIOATIVIDADE EM ROCHAS



OBJETIVOS:

- Investigar a existência de fontes naturais de radiação ionizante.
- Detetar a existência de radiação emitida por uma rocha radioativa, controlando duas variáveis:
 - a distância;
 - “barreira” constituída por diferentes elementos químicos (alumínio e chumbo).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os núclídeos radioativos de longa-vida estão presentes normalmente em pequenas concentrações nos materiais que nos rodeiam, nomeadamente, nas rochas que se formaram com a terra há $4,5 \times 10^9$ anos. A radioactividade depende do tipo de núclídeos presentes nas rochas sendo em regra mais elevada nas rochas graníticas do que nas sedimentares.

É possível detectar as radiações emitidas pelas “rochas radioactivas” utilizando um simples contador Geiger-Müller.

MATERIAL E EQUIPAMENTO

- Detetor Geiger-Müller (GM)
- Cronómetro
- Rocha radioativa
- Folha de alumínio
- Folha de chumbo
- Régua

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

- Ligue o detetor Geiger-Müller (GM), certificando-se de que não existe qualquer fonte radioativa nas proximidades.
- Selecione no detetor GM um intervalo de tempo Δt de 10 minutos e a opção de radiação γ .

- Inicie a contagem, cronometrando o tempo de minuto a minuto.
- Repita o procedimento nas opções de radiações $\alpha+\beta+\gamma$ e $\beta+\gamma$.
- Registe os resultados obtidos na tabela 1.
- Coloque a rocha radioativa cerca de 5 cm de distância do detetor GM e repita a aquisição de contagens durante igual intervalo de tempo e nos mesmos tipos de radiação.
- Repita o procedimento para distâncias de 10 e 15 cm, usando folhas de alumínio e de chumbo.
- Registe os resultados obtidos na tabela 2.

REGISTO DOS RESULTADOS

Tabela 1

Tempo (min)	Contagens Fundo		
	γ	$\beta+\gamma$	$\alpha+\beta+\gamma$

Tabela 2

Tempo (min)	Contagens da Rocha																										
	Y									β+γ									α+β+γ								
	5 cm			10 cm			15 cm			5 cm			10 cm			15 cm			5 cm			10 cm			15 cm		
	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb

TRATAMENTO DOS DADOS

- Calcule o valor médio do número de contagens do fundo para as radiações α , β e γ e registe o resultado na tabela 3.
- Calcule o valor do número de contagens da rocha radioativa para as radiações α , β e γ e registe o resultado na tabela 4.

Tabela 3

Valor médio das contagens por minuto do fundo		
α	β	γ

Tabela 4

Valor médio das contagens por minuto do Fundo																										
α =									β =									γ =								
Valor médio das contagens por minuto da Rocha																										
α									β									γ								
5 cm			10 cm			15 cm			5 cm			10 cm			15 cm			5 cm			10 cm			15 cm		
-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb	-	Al	Pb

QUESTÕES

1. Compare os valores obtidos experimentalmente nas diferentes variáveis (distância e “barreira” utilizada) e comente-os.
2. O que pode concluir sobre a radioatividade da rocha utilizada?
3. A rocha em estudo poderia trazer alguns problemas em termos de saúde caso fosse utilizada como matéria-prima de materiais de construção?

APÊNDICE IV – PLANIFICAÇÃO DA INTERVENÇÃO TEÓRICA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
E CIÊNCIA



DRELVT
Direção Regional de
Educação de Lisboa e Vale do Tejo

2013/2014



Escola Secundária de
Maria Lamas
Torres Novas

PLANIFICAÇÃO DE INTERVENÇÃO TEÓRICA – *HISTÓRIAS À VOLTA DA RADIOATIVIDADE*

DATA: 24/03/2014

Conteúdos	Objetivos	Estratégias	Recursos	Avaliação
Conceito de radioatividade	- Definir Radioatividade - Perceber que existem várias fontes de radiação	- Através do método de pergunta resposta, induzir os alunos a: - Perceber que a radioatividade está presente no nosso dia-a-dia (D1 e D2) - Definir radioatividade (D3) - Utilização do método expositivo para apresentar a evolução história de conceitos que envolvem a radioatividade, tais como: - Raios X, Radiação α, β e γ (D4 a D8) - Cientistas como Rontgen, Becquerel, Curie e Villard (D4 a D8) - Definir / Relembrar reações nucleares de fusão e de fissão (D10). - Através do método de pergunta resposta, induzir os alunos a: - Perceber que existem fontes de radiação artificiais e naturais, tais como alimentos (D12) - Mostrar que os efeitos da radiação são estocásticos e determinísticos (D12 a D14). - Revelar algumas curiosidades sobre as aplicações da Radioatividade até meados do séc XX (D16)	- Computador - Powerpoint – <i>Histórias à volta da radioatividade</i> (15 diapositivos D1 a D18)	TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS

APÊNDICE V – DIAPOSITIVOS APRESENTADOS

DIAPOSITIVO 1



DIAPOSITIVO 2



DIAPOSITIVO 3

RADIOATIVIDADE 

“A radioatividade é um fenómeno físico e químico através do qual os núcleos atómicos de alguns elementos químicos sofrem transformações e emitem radiações, podendo, nesse processo, formar-se novos elementos químicos.”
Roberto Martins, Universidade de São Paulo

MISTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 3

DIAPOSITIVO 4

RADIOATIVIDADE 

O INÍCIO

- Nos finais do século XIX iniciou-se uma “nova era” na Física e também na Química.
- Na origem desta “nova era” estiveram três descobertas realizadas em anos sucessivos :
- Raios X- 1895 - Röntgen (1845-1923)
- Radioatividade - 1896 - Becquerel (1852-1908)
- Elétrão - 1897 - J.J. Thomson (1856-1940).

MISTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 4

DIAPOSITIVO 5

RADIOATIVIDADE 

RAIOS X

1895 - Röntgen descobre os Raios X



7158/7166





WILHELM CONRAD RÖNTGEN
Prémio Nobel de Física em 1901

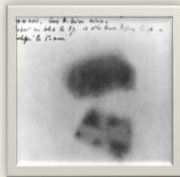
MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 5

DIAPOSITIVO 6

RADIOATIVIDADE 

RADIOATIVIDADE

1896 - Becquerel descobre os “Raios de Urânio”





Um pedacinho de um sal de urânio,
uns dias sem sol e uma chapa
fotográfica
na gaveta...

Antoine Henri BECQUEREL
Prémio Nobel da Física
em 1908, com Pierre e Marie Curie

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 6

DIAPOSITIVO 7

RADIOATIVIDADE 

RAIOS α , β

1900 - Rutherford e P. Curie ? - partículas α e β





E. RUTHERFORD
Prémio Nobel da Química
em 1908

P. CURIE
Prémio Nobel da Física
em 1908

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 7

DIAPOSITIVO 8

RADIOATIVIDADE 

RAIOS γ

1900 - Paul Villard - raios γ



P. VILLARD
Prémio Nobel da Química
em 1908

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 8

DIAPOSITIVO 9

RADIOATIVIDADE



1913 - Soddy, Russel e Fajans - *Lei do Deslocamento*

$\alpha \rightarrow$ duas casas à esquerda da TP

$\beta \rightarrow$ uma casa à direita na TP

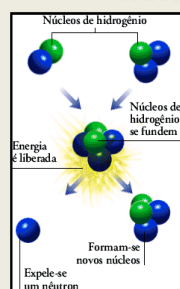
Mesma posição = Isótopos

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

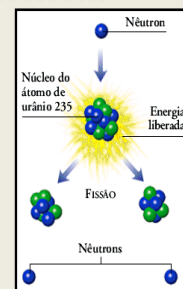
9

DIAPOSITIVO 10

RADIOATIVIDADE



REAÇÃO DE FUSÃO NUCLEAR



REAÇÃO DE FISSÃO NUCLEAR

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

10

DIAPOSITIVO 11

RADIOATIVIDADE



RADIAÇÃO IONIZANTE - RAIOS γ



MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

11

DIAPOSITIVO 12

RADIOATIVIDADE



FONTES DE RADIAÇÃO

NATURAIS:

- TERRESTRE;
- CÔSMICA;
- ALIMENTOS



ARTIFICIAIS

- EXPLOSÕES NUCLEARES
- ACIDENTES EM REATORES
- TRATAMENTO DE RESÍDUOS (POR EX. LAMAS)
- QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS
- MEDICINA



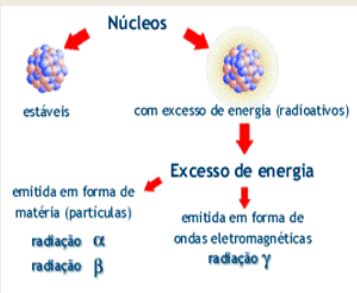
MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

12

DIAPOSITIVO 13

RADIOATIVIDADE

RAIOS α , β e γ



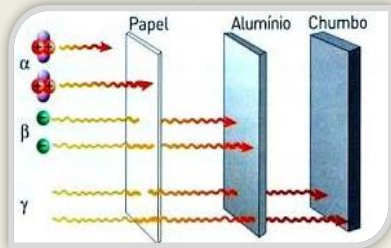
MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

13

DIAPOSITIVO 14

RADIOATIVIDADE

Poder de penetração das radiações ionizantes:
partículas α < partículas β (elétrons e pósitrons) < γ e X (fotões) < neutrões



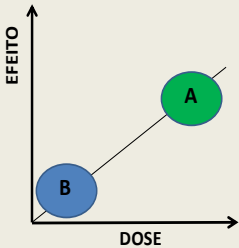
MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

14

DIAPOSITIVO 15

RADIOATIVIDADE

EFEITOS ESTOCÁSTICOS (B) E DETERMINÍSTICOS (A)



MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

15

DIAPOSITIVO 16

RADIOATIVIDADE

CURIOSIDADES

- CURAS RADIOATIVAS:
- ÁGUAS TERMAIS RADIOATIVAS
- COSMÉTICOS, ALIMENTOS, BEBIDAS ENERGÉTICAS
- EBAN BAYERS - MILIONÁRIO DO AÇO



MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS

16

DIAPOSITIVO 17

RADIOATIVIDADE 

VANTAGENS?

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 17

DIAPOSITIVO 18

RADIOATIVIDADE 

DÚVIDAS?

OBRIGADA PELA ATENÇÃO DISPENSADA!

MESTADO EM ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA – PAULA MARTINS 18

APÊNDICE VI – GRÁFICOS COMPARATIVOS PARA O GRUPO ESCOLAR

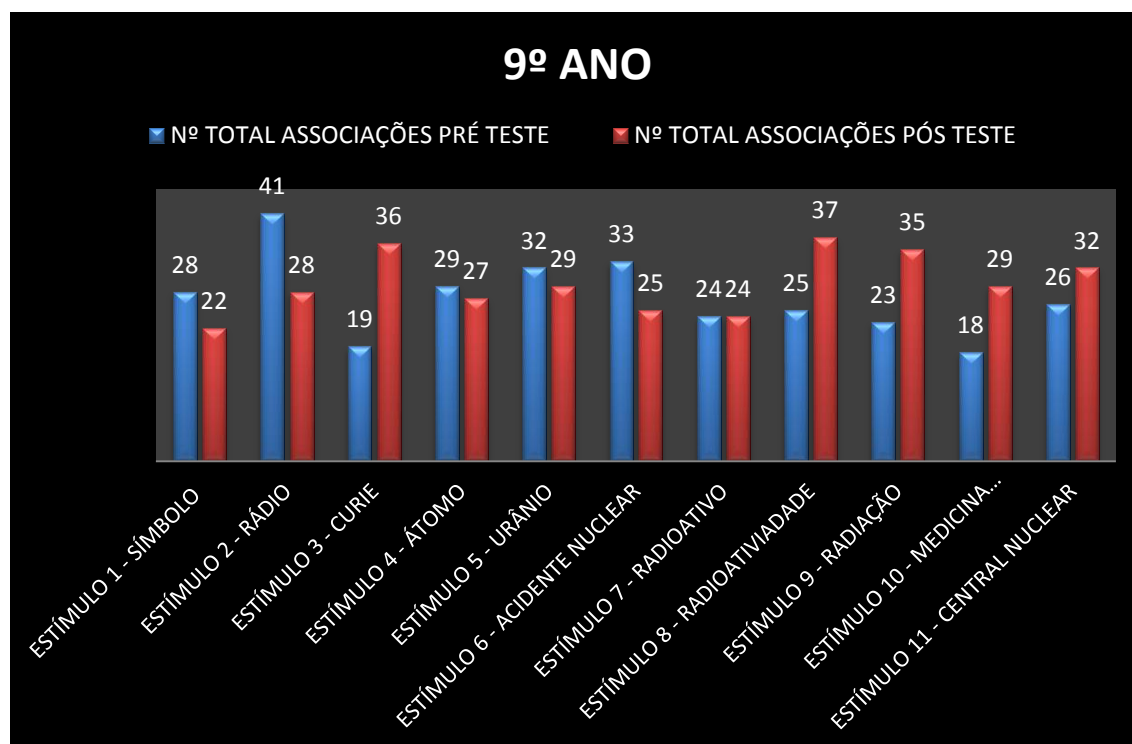


Figura 28 – Comparação entre o nº total de associações obtidas no pré-teste e no pós teste para o 9º ano

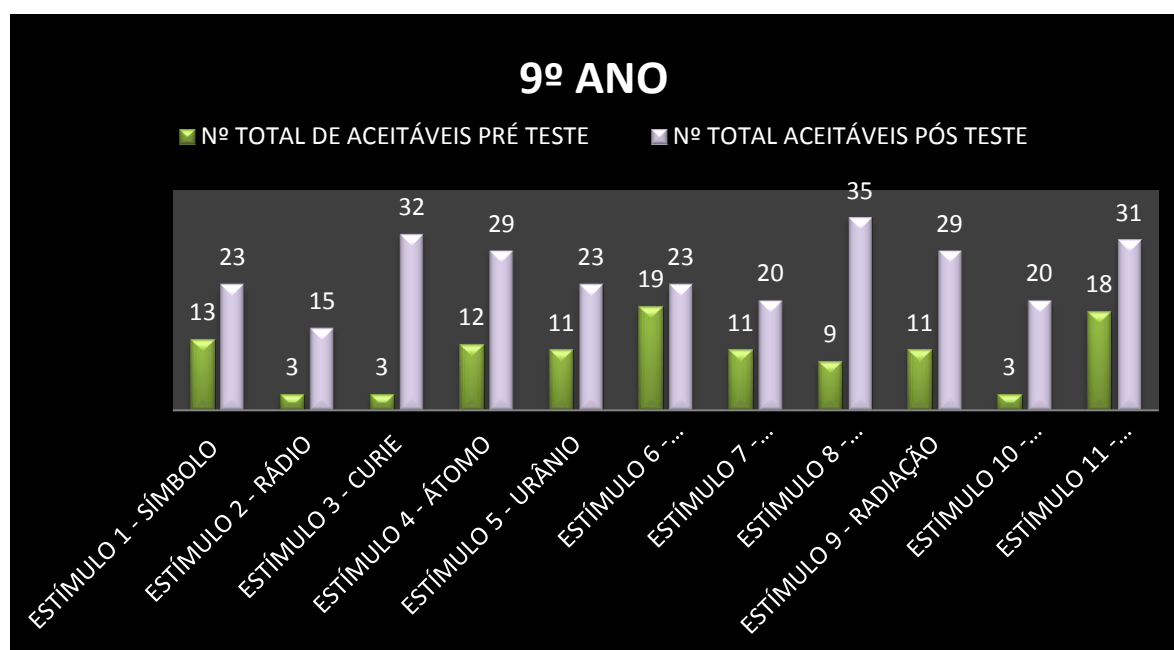


Figura 29– Comparação entre o nº total de associações aceitáveis obtidas no pré-teste e no pós teste para o 9º ano

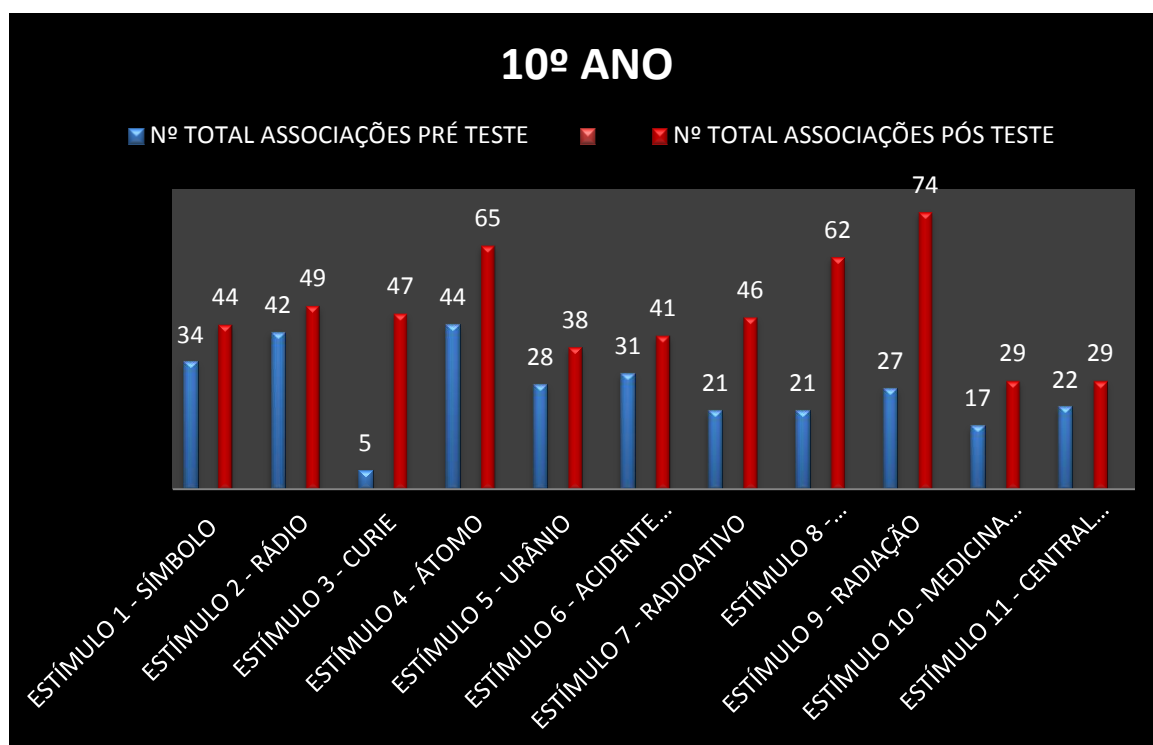


Figura 30 – Comparação entre o nº total de associações obtidas no pré-teste e no pós teste para o 10º ano

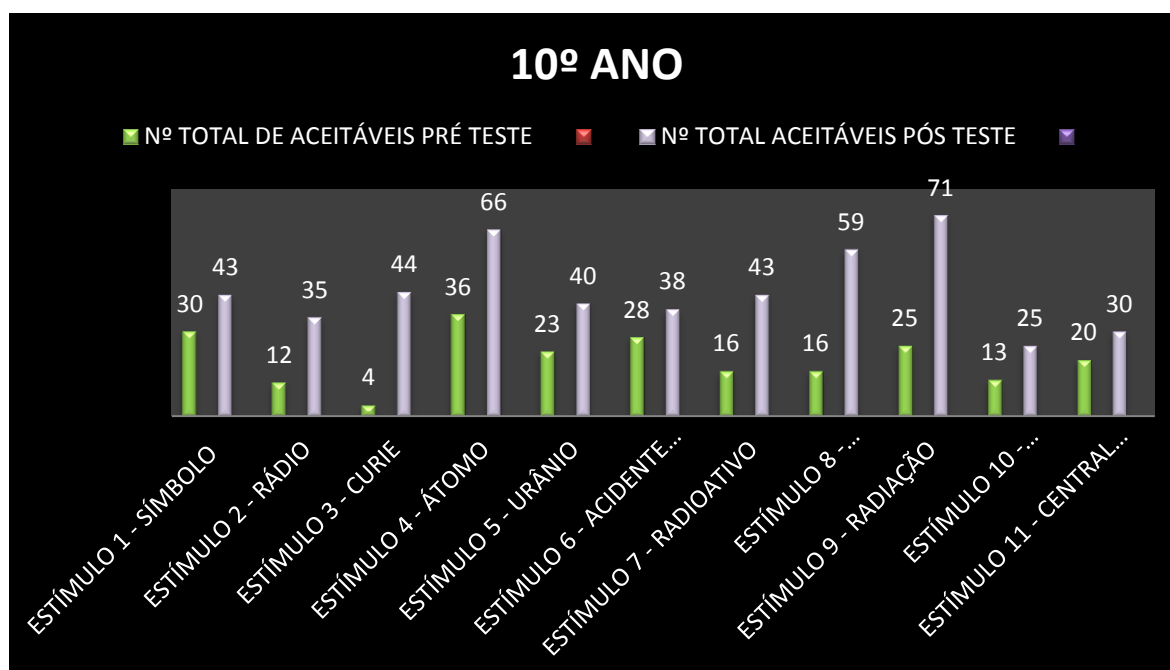


Figura 31– Comparação entre o nº total de associações aceitáveis obtidas no pré-teste e no pós teste para o 10º ano.

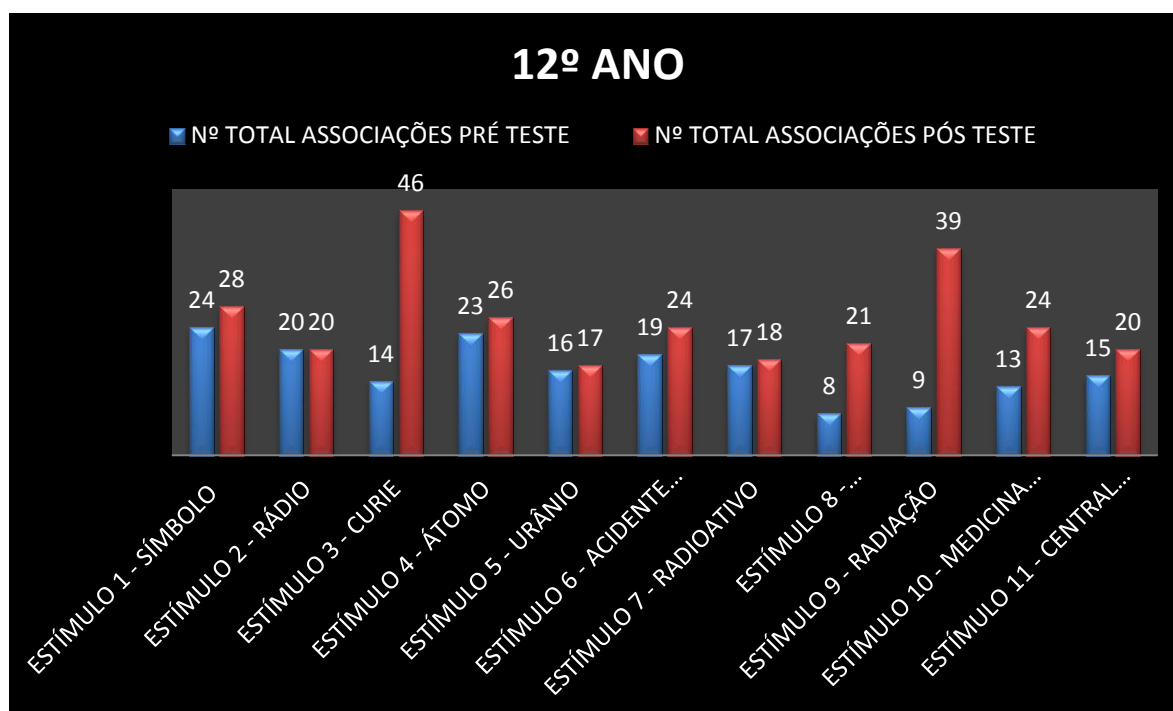


Figura 32 – Comparação entre o nº total de associações obtidas no pré-teste e no pós teste para o 12º ano

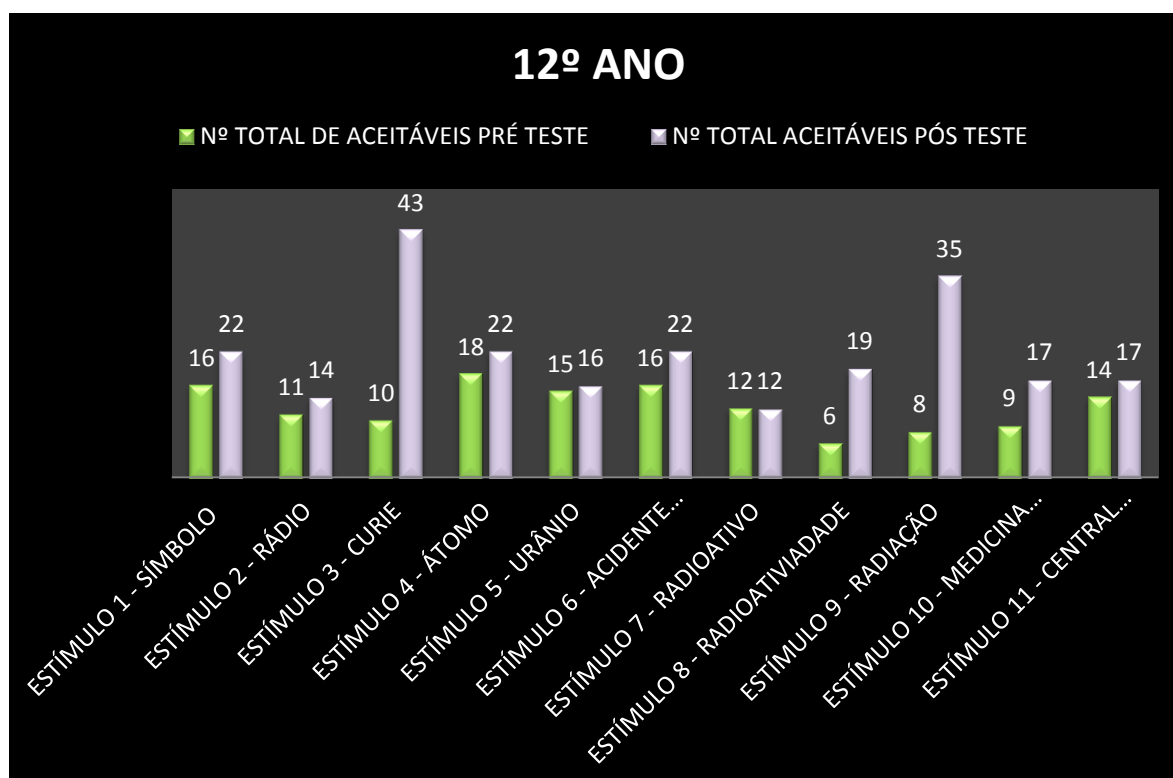


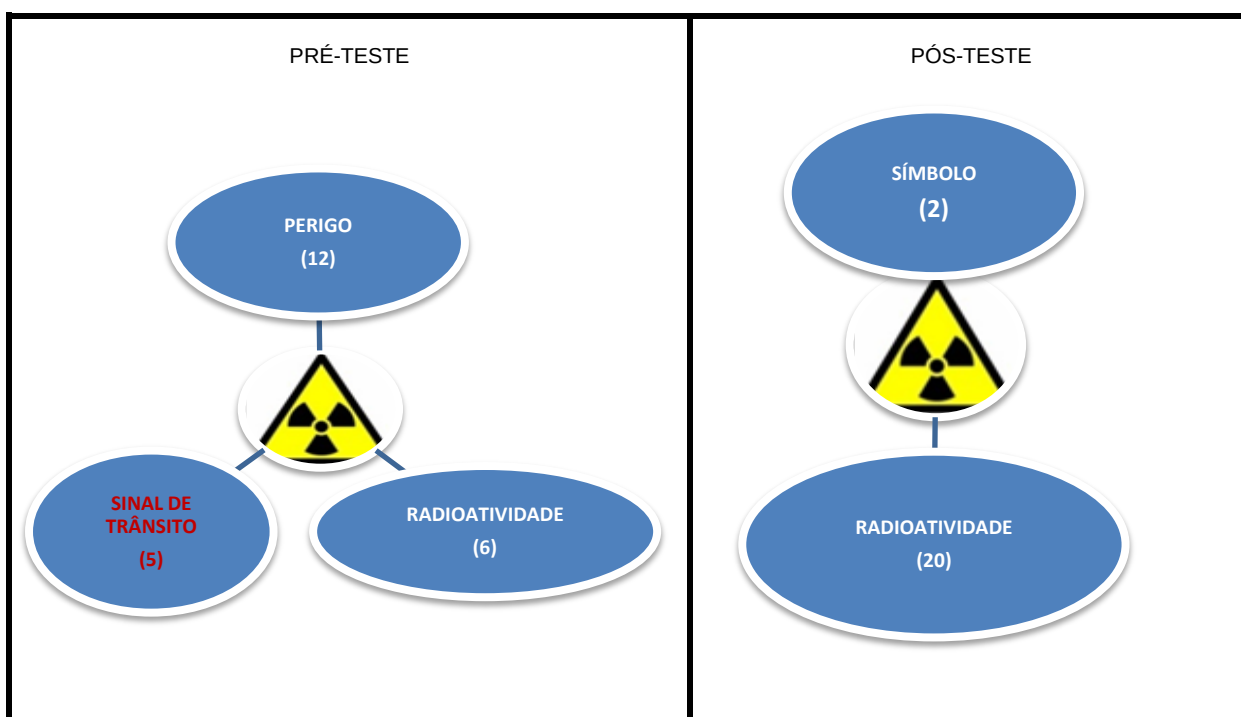
Figura 33– Comparação entre o nº total de associações aceitáveis obtidas no pré-teste e no pós teste para o 12º ano.

APÊNDICE VII – MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O GRUPO ESCOLAR

CATEGORIZAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES OBTIDAS NO 9º ANO NAS RESPOSTAS DADAS AO TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS (N=20)

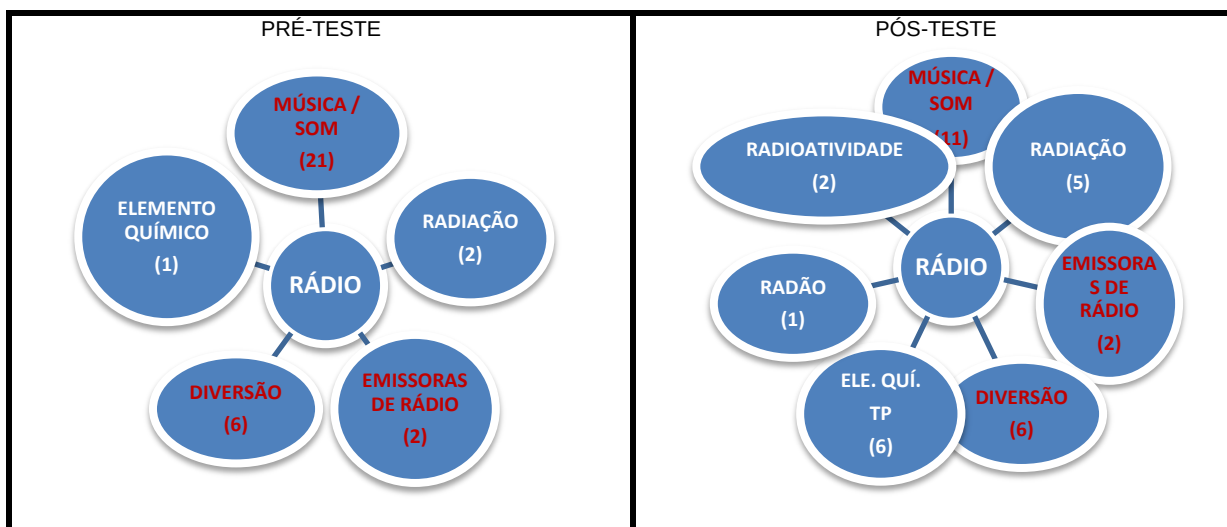
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
	PRÉ TESTE		Tóxico Medo Perigo Cancro Míssil Morte	1 1 5 1 1 3
		RADIOATIVIDADE	Radioatividade	6
		CONFUSÃO COM SINAL DE TRÂNSITO	Travões	1
			Raios	1
			Luzes	1
			Vento	1
			Sinal de trânsito	1
	PÓS TESTE	RADIOATIVIDADE	Radioatividade	20
		SINAL / AVISO	Símbolo	2

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO 1



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RÁDIO	PRÉ-TESTE	MÚSICA / SOM	<i>Música Sons Barulho</i>	13 7 1
		RADIAÇÃO	<i>Ondas</i>	2
		ESTAÇÕES DE RÁDIO	<i>RFM</i>	2
		DIVERSÃO	<i>Ouvir música Dança SevenClub⁴ Night⁵</i>	2 1 2 1
		ELEMENTO QUÍMICO	<i>Elemento Químico</i>	1
		OUTROS	<i>Pedra Media Pai</i>	1 1 1
	PÓS-TESTE	MÚSICA / SOM	<i>Música Sons</i>	7 4
		RADIAÇÃO	<i>Ondas</i>	5
		ESTAÇÕES DE RÁDIO	<i>RFM Comercial</i>	1 1
		ELEMENTO QUÍMICO / TABELA PERIÓDICA	<i>Elemento químico Tabela Periódica</i>	4 2
		CONFUSÃO COM RADÃO	<i>Radion</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade Curie</i>	2 1
		OUTROS	<i>Automóvel</i>	1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RÁDIO

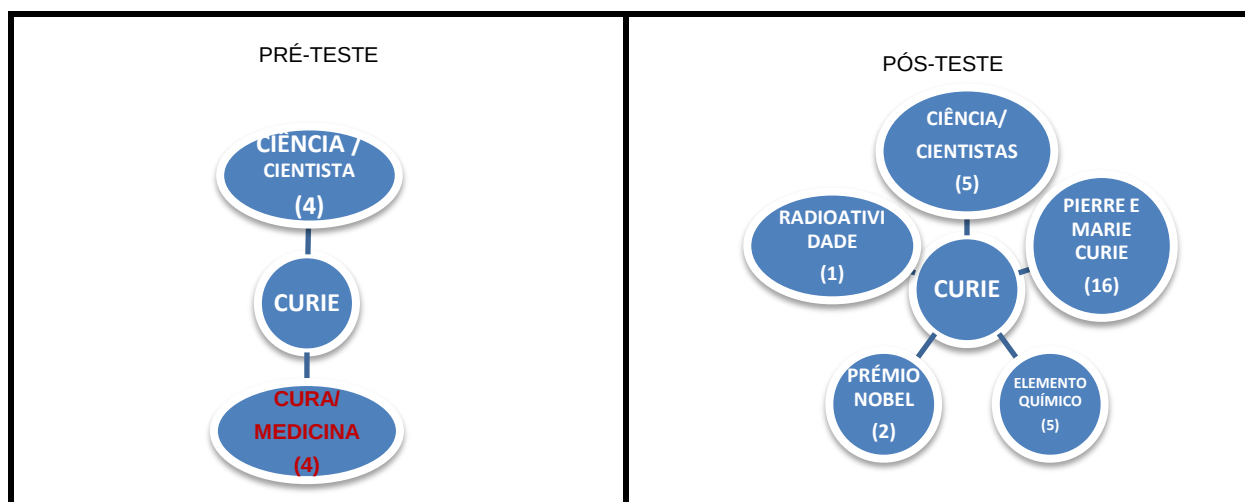


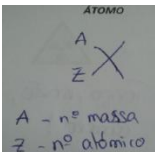
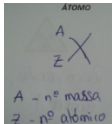
⁴SevenClub – Discoteca situada em Torres Novas

⁵Night palavra inglesa utilizada como vocábulo que designa diversão noturna

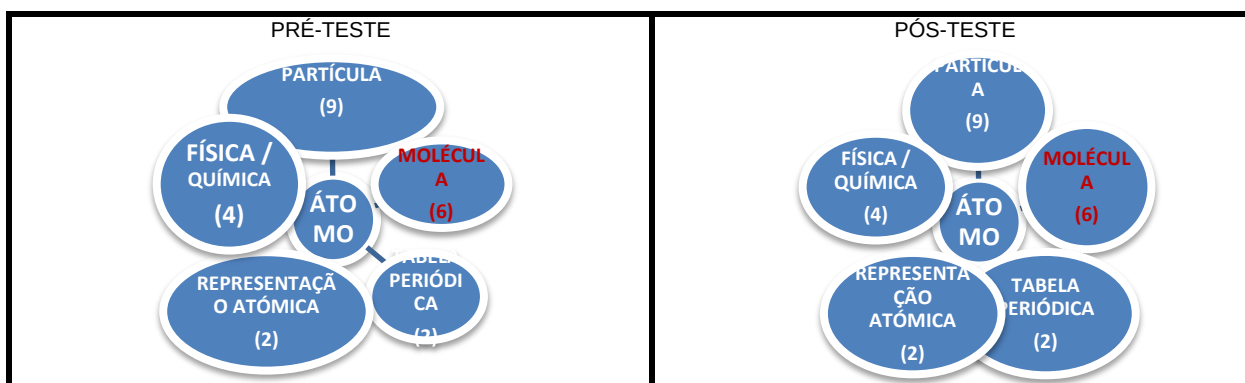
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
CURIE	PRÉ-TESTE	CONFUSÃO COM CURA /MEDICINA	<i>Cura / curou</i>	3/1
			<i>Cirurgia</i>	1
			<i>Hospital</i>	1
			<i>Cheiro a hospital</i>	1
	PÓS-TESTE	CIÊNCIA / CIENTISTA	<i>Ciência</i>	1
			<i>Casal de Cientistas</i>	2
			<i>Pessoa</i>	1
		CIÊNCIA / CIENTISTA	<i>Ciência</i>	1
			<i>Cientistas</i>	4
		PIERRE E MARIE CURIE	<i>Casal de Cientistas</i>	6
			<i>França</i>	1
			<i>Polónia</i>	3
			<i>Morte</i>	3
			<i>Maria</i>	2
			<i>Cancro</i>	1
		ELEMENTO QUÍMICO	<i>Polónio</i>	4
		PRÉMIO NOBEL	<i>Nobel</i>	2
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	3
			<i>Raios Becquerel</i>	1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO CURIE



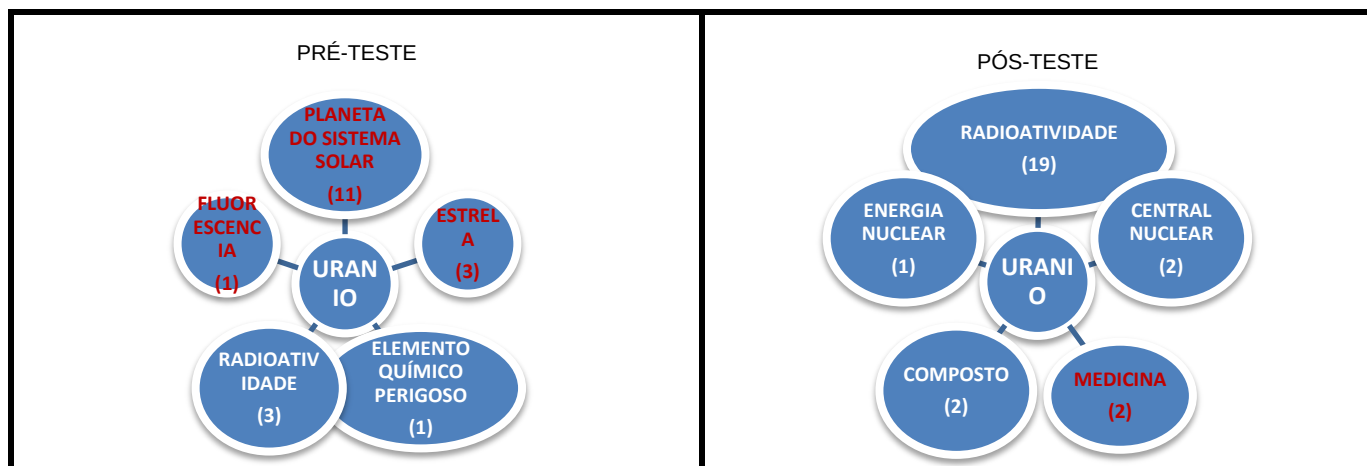
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
ÁTOMO	PRÉ-TESTE	PARTÍCULA / MOLÉCULA /	Partícula	6
			Muito pequeno	1
			Atómico	1
			Molécula	1
			Oxigénio	2
			Água	1
			Sal	1
			Hidrogénio	1
			Gás	1
		TABELA PERIÓDICA	Tabela Periódica	2
		REPRESENTAÇÃO ATÓMICA		2
		FÍSICA / QUÍMICA	Física	1
			Química	1
			Experiências	2
	PÓS-TESTE	PARTÍCULA / ELEMENTO QUÍMICO	Eletrão	1
			Protão	1
			Neutrão	1
			Partícula	1
			Oxigénio	2
			Hélio	1
			Elemento químico	4
		REPRESENTAÇÃO ATÓMICA	 Núcleo	2
		MODELO ATÓMICO	Bolo/Pudim de Passas	2
			Rutherford	2
		RADIOATIVIDADE	Becquerel	1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO ÁTOMO



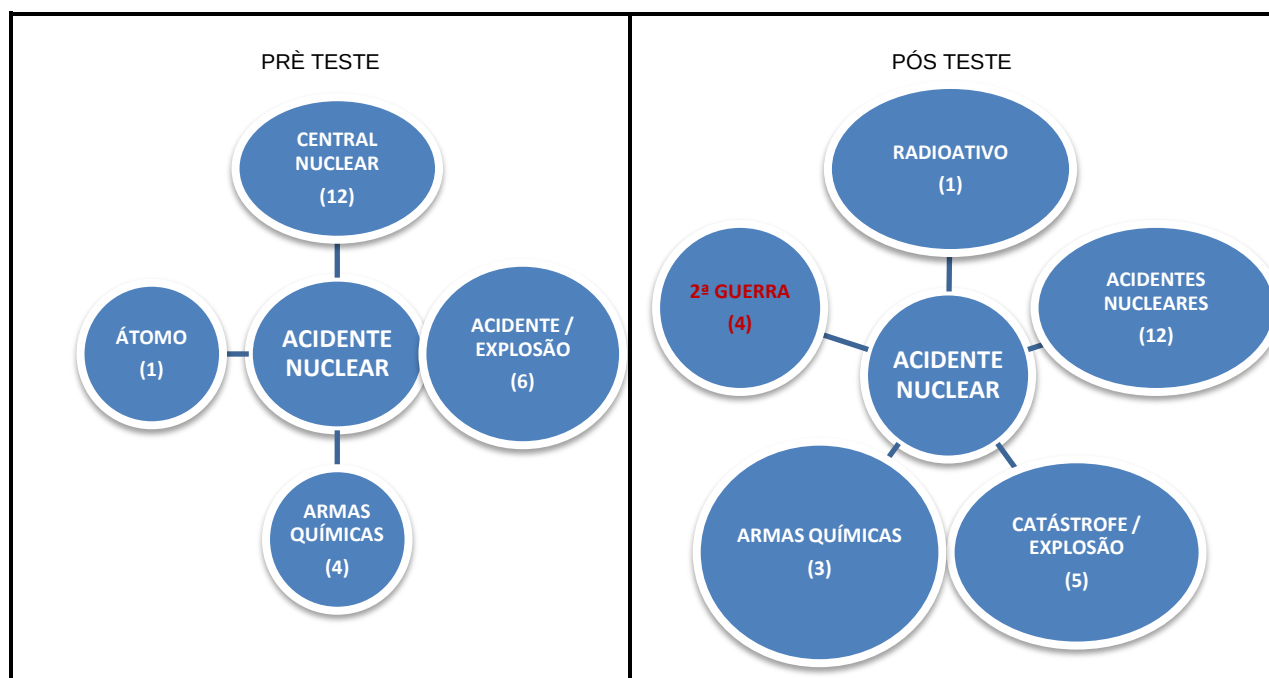
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇ
URÂNIO	PRÉ TESTE	PLANETA DO SISTEMA SOLAR / ESTRELA	<i>Planeta</i> <i>Centro</i> <i>Sol</i>	10 1 3
		MINÉRIO	<i>Minério</i> <i>Minerar</i> <i>Minas</i>	1 1 1
		FÍSICA / QUÍMICA	<i>Química</i>	2
		ELEMENTO QUÍMICO PERIGOSO	<i>Elemento Químico</i> <i>perigoso</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i> <i>Radioativo</i>	2 1
		CONFUSÃO COM FLUORESCÊNCIA	<i>Verde fluorescente</i>	1
	PÓS TESTE	RADIOATIVIDADE	<i>Becquerel</i> <i>Elemento Radioativo</i> <i>Rico</i> <i>Pobre</i> <i>Radioatividade</i> <i>Descoberta</i>	6 1 1 1 1 8 1
			<i>Chernobil</i> <i>Fukushima</i>	1 1
			<i>Raios x</i> <i>Radiografia</i>	1 1
			<i>Composto</i> <i>Sais de urânio</i>	1 1
			<i>Energia Nuclear</i>	1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO URÂNIO



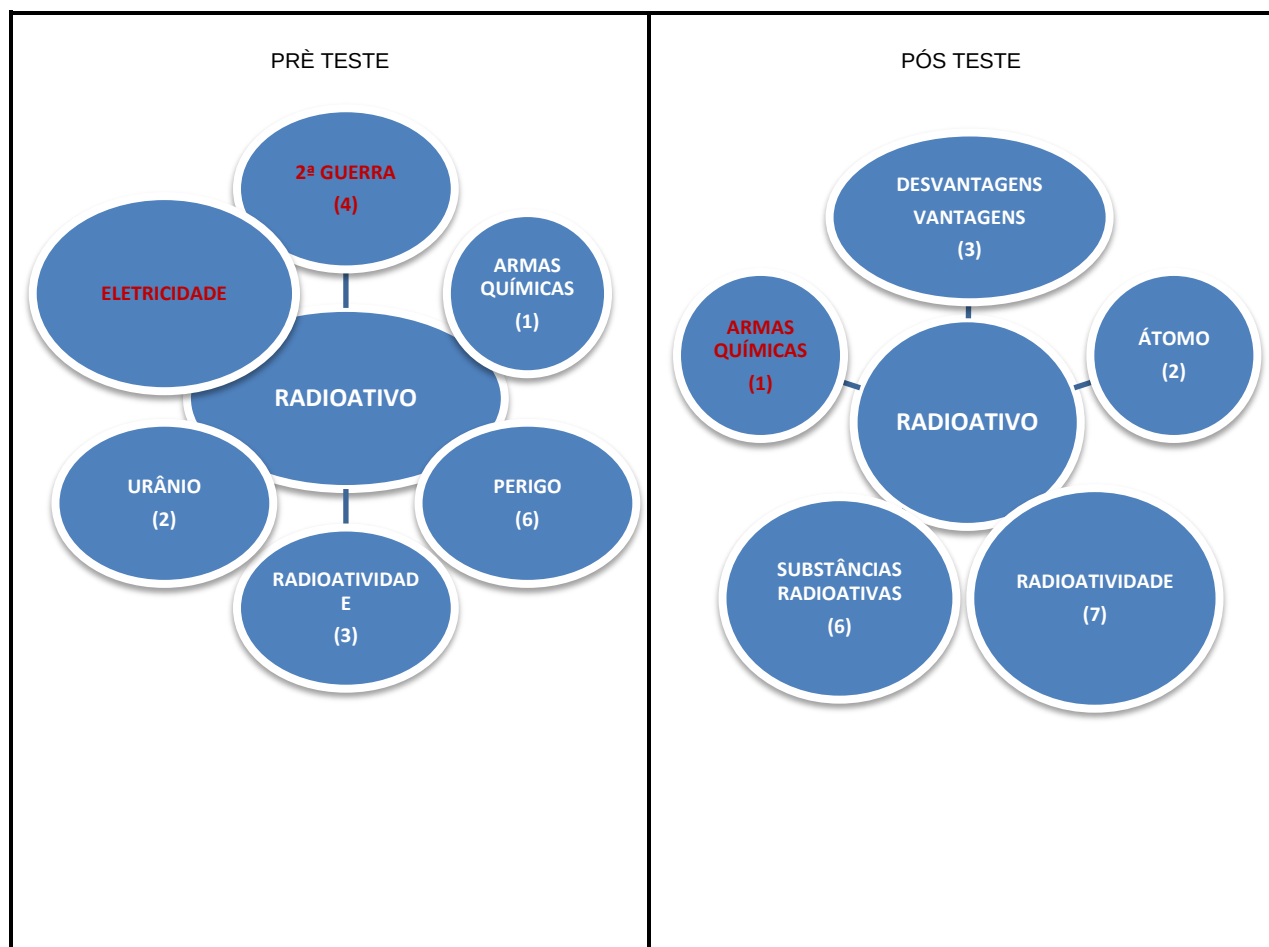
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
ACIDENTE NUCLEAR	PRÉ TESTE	ACIDENTES NUCLEARES/ CENTRAL NUCLEAR	<i>Ucrânia Chernobil Fukushima Central Nuclear</i>	3 5 3 1
		ACIDENTE / EXPLOÇÃO	<i>Explosão Mortes</i>	3 3
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bombas Hiroshima</i>	3 1
		ÁTOMO	<i>Núcleos</i>	1
	PÓS TESTE	ACIDENTES NUCLEARES	<i>Ucrânia Chernobil Fukushima Japão</i>	2 6 2 2
		CATÁSTROFE / EXPLOÇÃO	<i>Explosão Morte Perigo</i>	2 1 2
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bombas</i>	3
		RADIOATIVO	<i>Com energia a mais</i>	1
		2ª GUERRA	<i>Hitler Alemanha Guerra</i>	1 1 2

MAPAS CONCRETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO ACIDENTE NUCLEAR



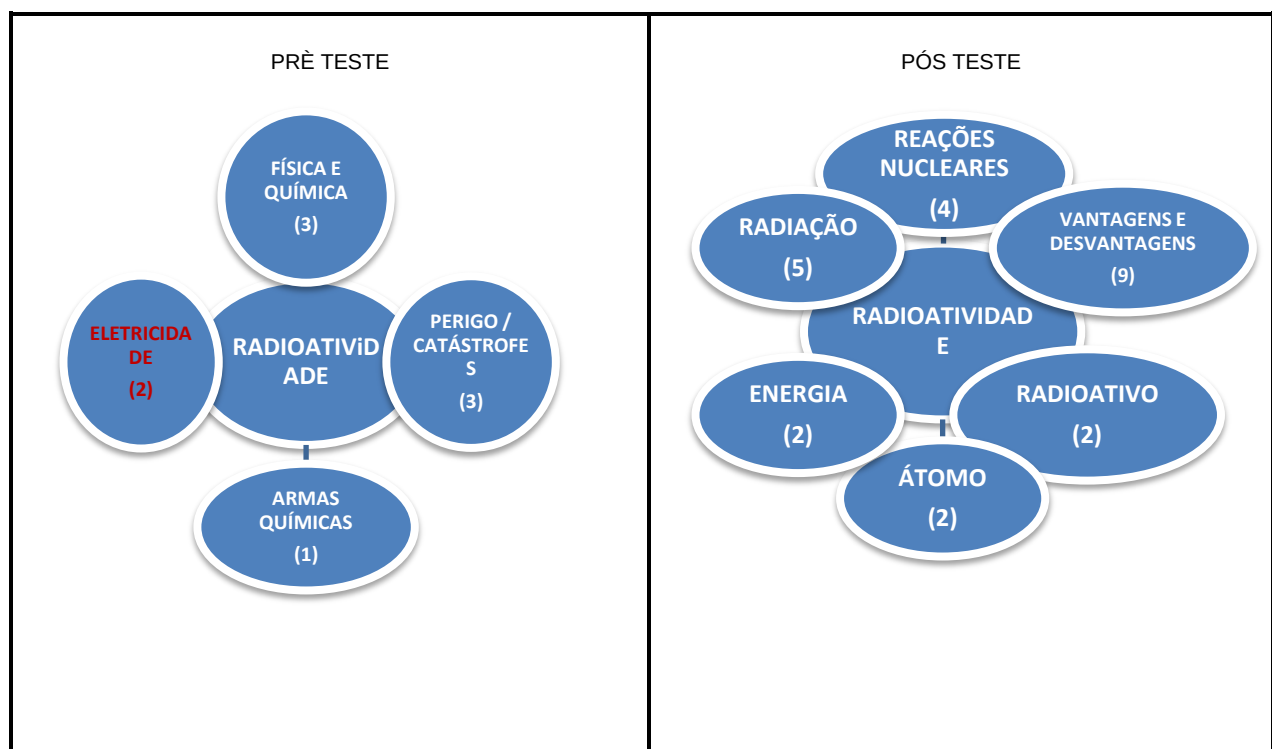
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIOATIVO	PRÉ TESTE	PERIGO	<i>Morte</i>	3
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bomba</i>	2
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	3
		URÂNIO	<i>Urânio</i>	2
		CONFUSÃO COM ELÉTRICO	<i>Elettricidade</i> <i>Contador da luz</i>	1 1
	PÓS TESTE	DESvantagens	<i>Perigoso</i>	1
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bomba</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	5
		SUBSTÂNCIAS	<i>Urânio</i>	5
		ÁTOMO	<i>Átomo instável</i>	1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIOATIVO



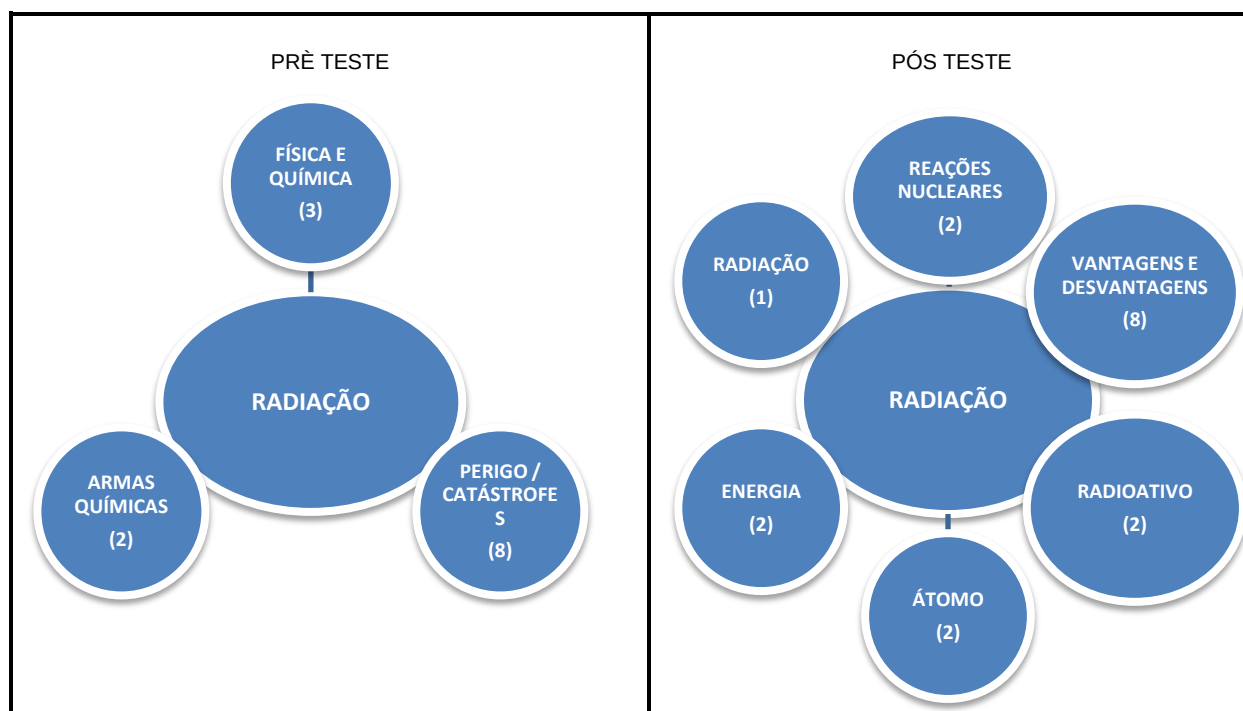
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIOATIVIDADE	PRÉ TESTE	FÍSICA E QUÍMICA	<i>Física</i> <i>Química</i>	1 2
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bomba atômica</i>	1
		PERIGO / CATÁSTROFES	<i>Perigo</i> <i>Doenças</i> <i>Explosões</i>	1 1 1
		CONFUSÃO COM ELETRICIDADE	<i>Energia (alta tensão)</i> <i>Automóveis elétricos</i>	1 1
	PÓS TESTE	REAÇÕES NUCLEARES	<i>Fusão nuclear</i> <i>A+B = C</i>	2 2
		VANTAGENS E DESVANTAGENS	<i>Vantagens e desvantagens</i> <i>Acidente nuclear</i> <i>Perigo</i>	3 / 4 2
		RADIOATIVO	<i>Urânio</i>	2
		ÁTOMO	<i>Átomo</i>	2
		ENERGIA	<i>Energia</i> <i>Libertação de energia</i>	2
		RADIAÇÃO	<i>Espetro, α, β, γ</i> <i>Radiação</i>	1 1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIOATIVIDADE



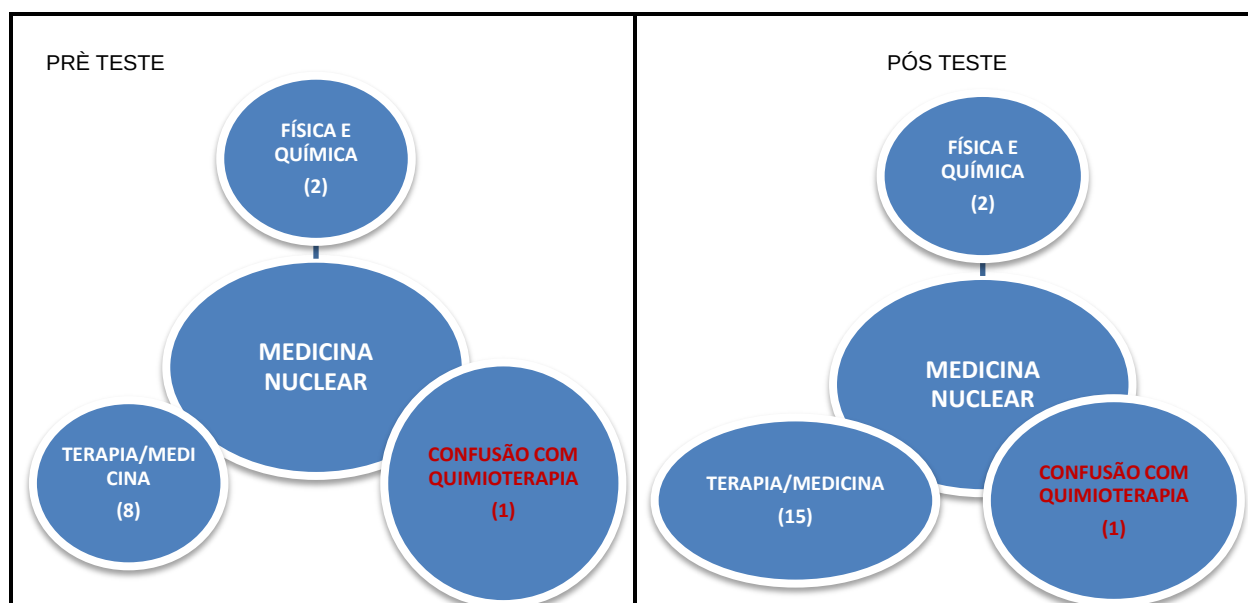
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIAÇÃO	PRÉ TESTE	FÍSICA E QUÍMICA	<i>Física</i> <i>Química</i>	1 2
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bomba atómica</i>	2
		PERIGO / CATÁSTROFES	<i>Perigo</i> <i>Doenças</i> <i>Explosões</i>	3 2 1
	PÓS TESTE	REAÇÕES NUCLEARES	<i>Fusão nuclear</i>	2
		VANTAGENS E DESVANTAGENS	<i>Vantagens e desvantagens</i>	3/4
		RADIOATIVO	<i>Urânio</i>	2
		ÁTOMO	<i>Átomo</i>	2
		ENERGIA	<i>Energia</i> <i>Libertação de energia</i>	2
		RADIAÇÃO	<i>Radiação</i>	1 1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIAÇÃO



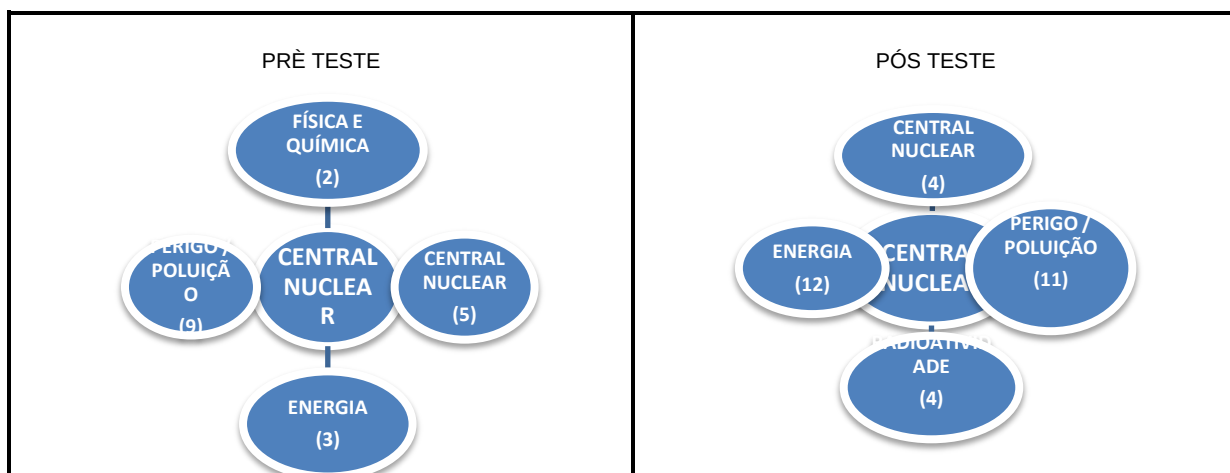
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
MEDICINA NUCLEAR	PRÉ TESTE	FÍSICA E QUÍMICA	<i>Física</i> <i>Química</i>	1 1
		CONFUSÃO COM QUIMIOTERAPIA	<i>Quimioterapia</i>	1
		TERAPIA / MEDICINA COMPLEXA	<i>Radioterapia</i>	1
			<i>Curas</i>	1
			<i>Doença</i>	4
			<i>Medicina Avançada</i>	1
			<i>Médicos</i>	1
	PÓS TESTE	CONFUSÃO COM QUIMIOTERAPIA	<i>Quimioterapia</i>	1
		TERAPIA / MEDICINA	<i>Cancro</i>	10
			<i>Quimioterapia</i>	1
			<i>Radiografia</i>	2
			<i>Raios X</i>	1
			<i>TAQ</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Medicina Perigosa</i>	1
			<i>Curas através de águas</i>	4
			<i>Radioatividade</i>	2
			<i>Termas</i>	1
		PERIGO	<i>Medicina perigosa</i>	1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *MEDICINA NUCLEAR*



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
CENTRAL NUCLEAR	PRÉ TESTE	FÍSICA E QUÍMICA	<i>Física</i>	1
			<i>Química</i>	1
		CENTRAL NUCLEAR	<i>Fábrica</i>	3
			<i>Fukushima</i>	1
			<i>Chernobil</i>	1
		ENERGIA	<i>Energia</i>	3
		PERIGO / POLUIÇÃO	<i>Morte</i>	1
			<i>Perigo</i>	3
			<i>Explosão</i>	1
			<i>Fumo</i>	2
			<i>Destroços</i>	1
			<i>Mau cheiro</i>	1
	PÓS TESTES	CENTRAL NUCLEAR	<i>Fábrica</i>	2
			<i>Chernobil</i>	1
			<i>Reator</i>	1
		PERIGO / POLUIÇÃO	<i>Explosão</i>	2
			<i>Poluição</i>	1
			<i>Perigo</i>	7
			<i>Fumo</i>	1
		ENERGIA	<i>Crise energética</i>	1
			<i>Energia</i>	10
			<i>Carvão</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Chumbo nas paredes</i>	1
			<i>Radioatividade</i>	2
				1

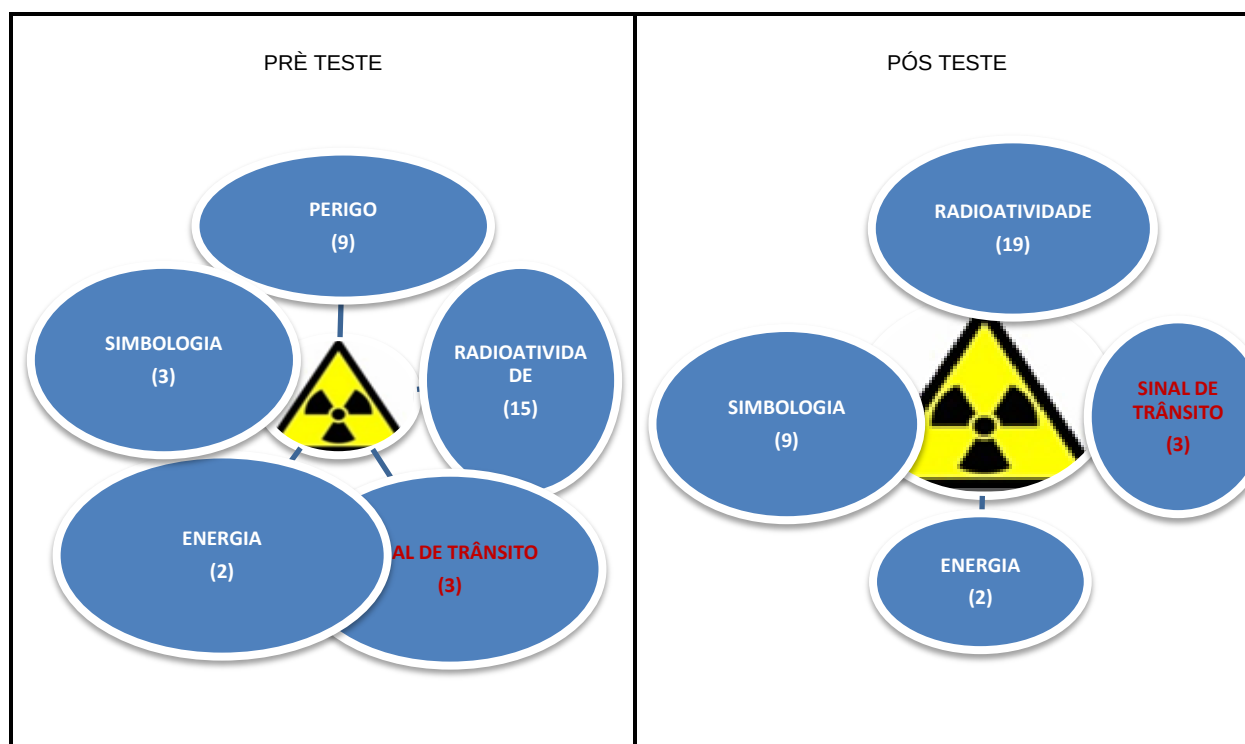
MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *CENTRAL NUCLEAR*



CATEGORIZAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES OBTIDAS NO 10º ANO NAS RESPOSTAS DADAS AO TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS (N=20)

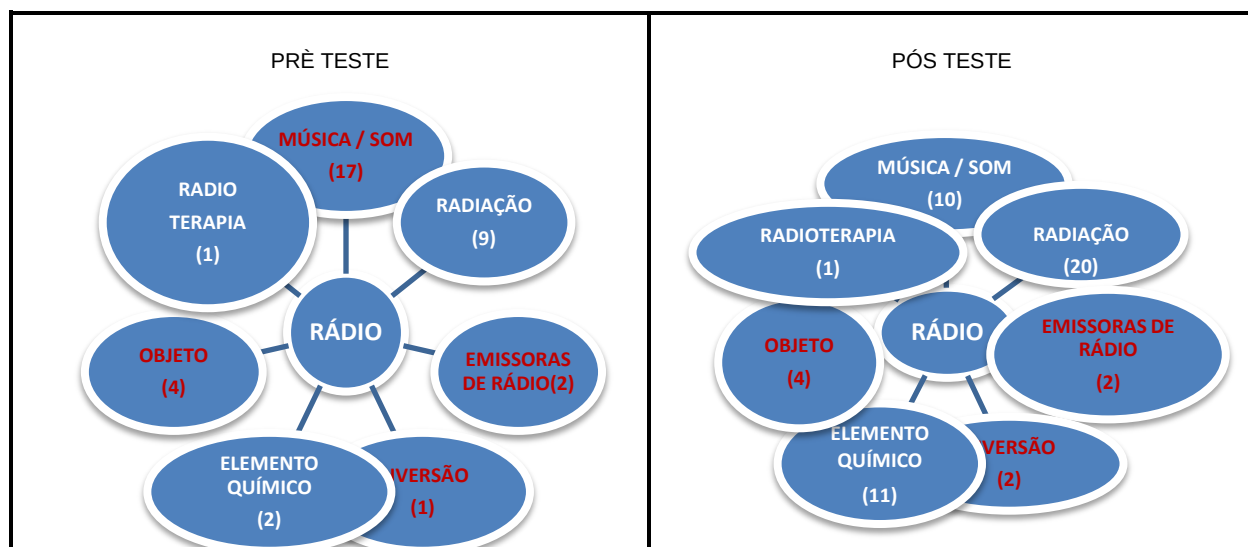
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
	PRÉ TESTE	PERIGO	<i>Perigo</i>	7
			<i>Tóxico</i>	1
			<i>Morte</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	15
		SÍMBOLOGIA	<i>Símbolo</i>	5
		CONFUSÃO COM SINAL DE PERIGO	<i>Não entrar</i>	1
		ENERGIA	<i>Energia</i>	1
		CENTRAL NUCLEAR	<i>Chernobil</i>	1
	PÓS TESTE	PERIGO	<i>Perigo</i>	9
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	19
		SÍMBOLOGIA SINAL / AVISO	<i>Símbolo</i>	9
			<i>Sinal</i>	2
			<i>Triângulo</i>	1
			<i>Aviso</i>	1
		ENERGIA	<i>Energia</i>	1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO 1



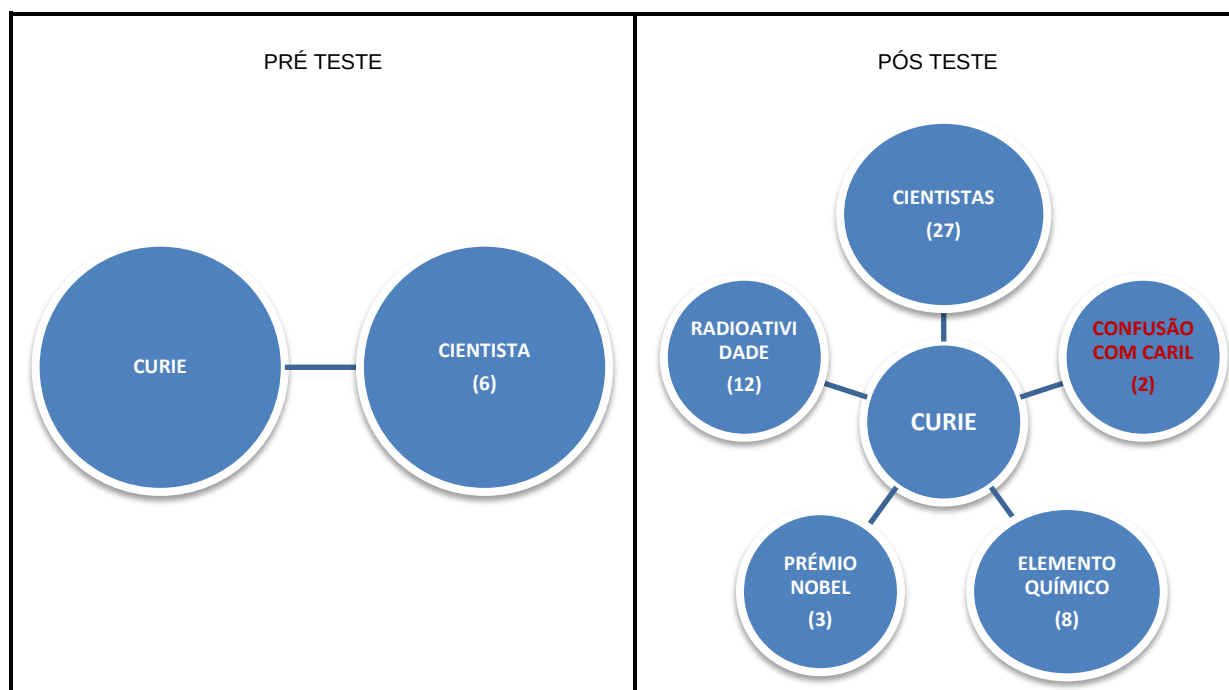
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RÁDIO	PRÉ TESTE	MÚSICA / SOM	Música Sons	9 8
		RADIAÇÃO	Ondas Emissão Espectro	7 1 1
		ESTAÇÕES DE RÁDIO	RFM	2
		DIVERSÃO	SevenClub	1
		ELEMENTO QUÍMICO / PARTÍCULA	Elemento Químico Partícula	1 1
		OBJETO	Aparelho de som Aparelho de diagnóstico Computador	2 1 1
		RADIOTERAPIA	Tratamento de cancro	1
		OUTROS	Osso Redes sociais Telecomunicações	2 1 1
	PÓS TESTE	MÚSICA / SOM	Música Sons	6 4
		RADIAÇÃO	Ondas Emissão Absorção Radiação	13 1 1 5
		ESTAÇÕES DE RÁDIO	RFM	2
		DIVERSÃO	SevenClub	1
		ELEMENTO QUÍMICO / RADIOATIVO	Elemento Químico Radioativo	11 1
		RADIOATIVIDADE	Radioatividade Curie	5 1
		OBJETO	Antena de rádio	1
		ENERGIA	Energia	1
		OUTROS	Osso Redes sociais Telecomunicações	2

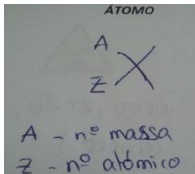
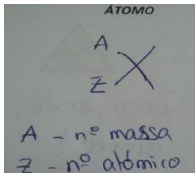
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RÁDIO



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
CURIE	PRÉ TESTE	CIENTISTA	Marie Curie	1
			Casal de Cientistas	3
			Francês Inteligentes	1
				1
	PÓS TESTE	CASAL DE CIENTISTAS	Casal de Cientistas	17
			Marie Curie	1
			Pierre e Marie	3
			Francês	3
				2
				1
		ELEMENTO QUÍMICO	Polónio	8
		PRÉMIO NOBEL		3
		RADIOATIVIDADE	Nobel da Física	
			Radioatividade	10
		PERIGO	Raios Urânio	2
			Morte	2
		CONFUSÃO COM CARIL	Especiaria	1
			Caril	1

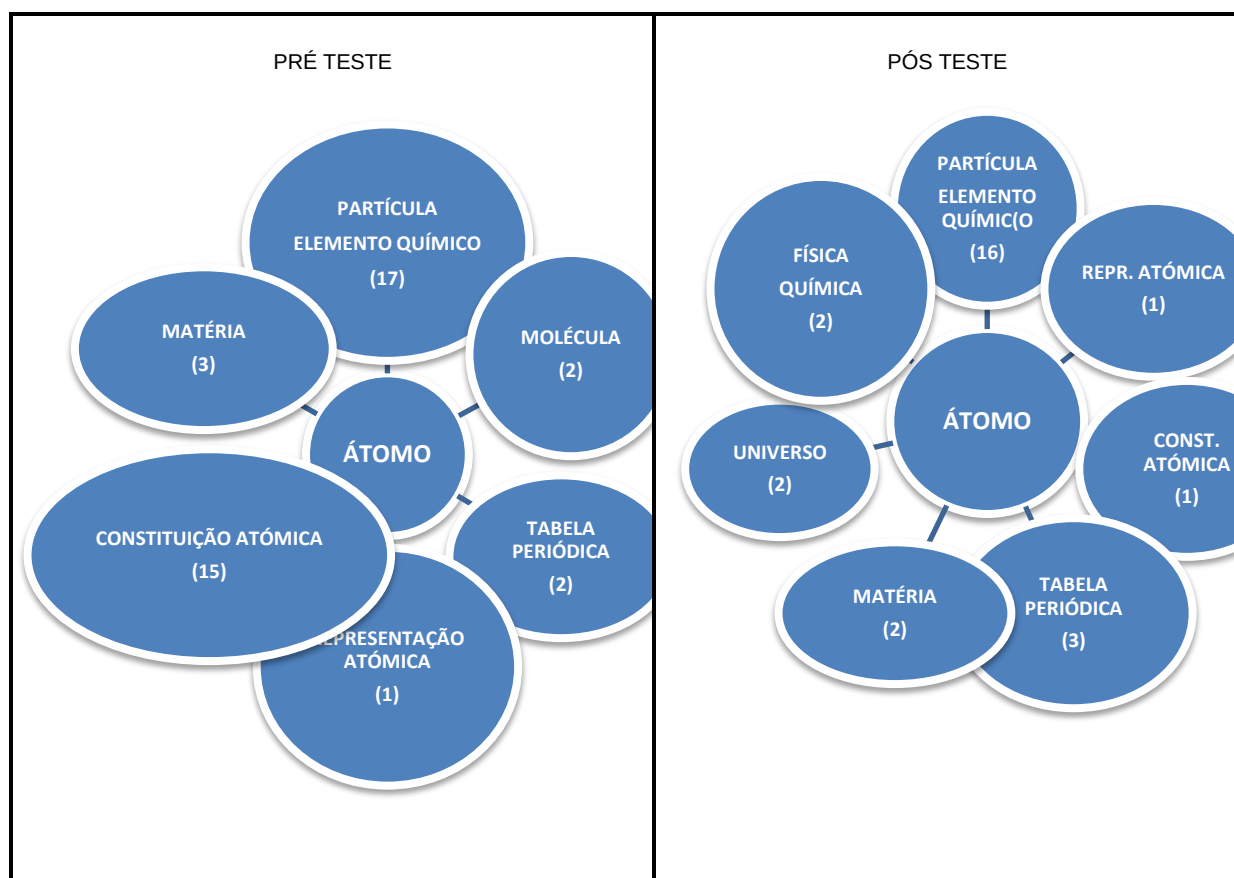
MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO CURIE



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
ÁTOMO	PRÉ TESTE	PARTÍCULA MOLÉCULA /	Partícula Muito pequeno Oxigénio Água	14 1 1 1
		TABELA PERIÓDICA	Tabela Periódica	2
		REPRESENTAÇÃO ATÓMICA		1
		FÍSICA / QUÍMICA	Física Química	1 1
		CONSTITUIÇÃO ATÓMICA / ELEMENTO QUÍMICO	Elétrão Protão Neutrão Elemento químico Núcleo	5 4 4 1 1
		MATÉRIA	Matéria	3
		OUTROS	Fotossíntese	1
			Gregos Divisível	1 1
	PÓS TESTE	PARTÍCULA MOLÉCULA /	Partícula Muito pequeno Oxigénio Água Molécula	12 1 1 1 1
		TABELA PERIÓDICA	Tabela Periódica	3
		REPRESENTAÇÃO ATÓMICA		1
		CONSTITUIÇÃO ATÓMICA / MODELO ATÓMICO	Elétrão Protão Neutrão Núcleo Nuvem eletrónica Modelo atômico	9 10 10 3 1 1
		ELEMENTO QUÍMICO	Elemento químico	2

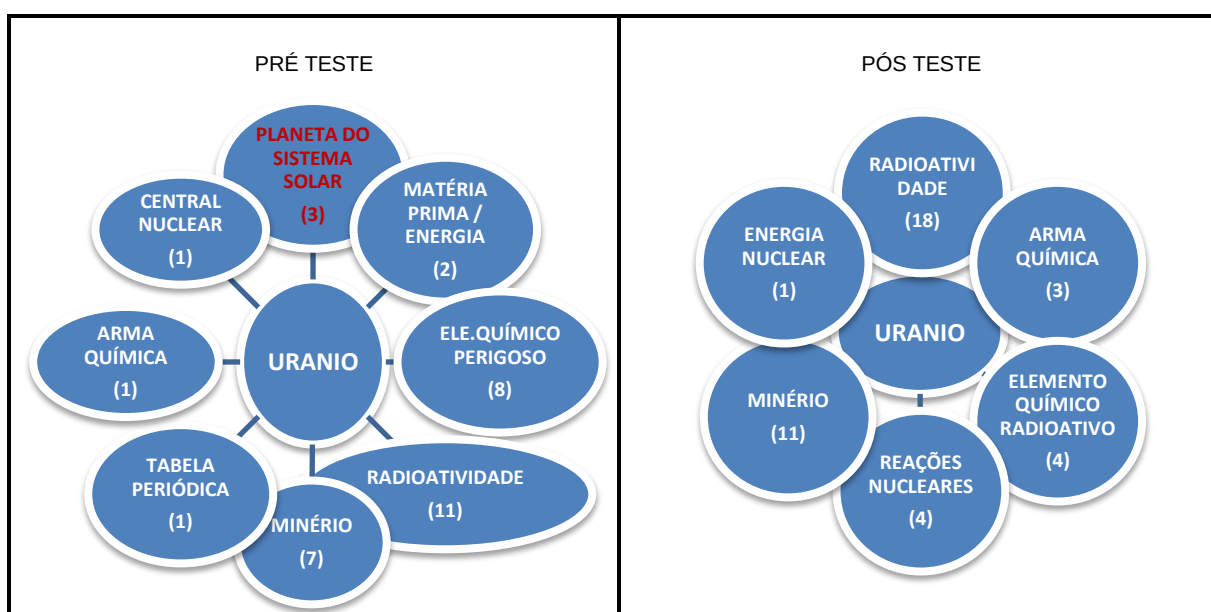
		MATÉRIA	<i>Matéria</i>	2
		UNIVERSO	<i>Universo Cosmos</i>	1 1
		FÍSICA E QUÍMICA	<i>Física Química</i>	1 1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO ÁTOMO



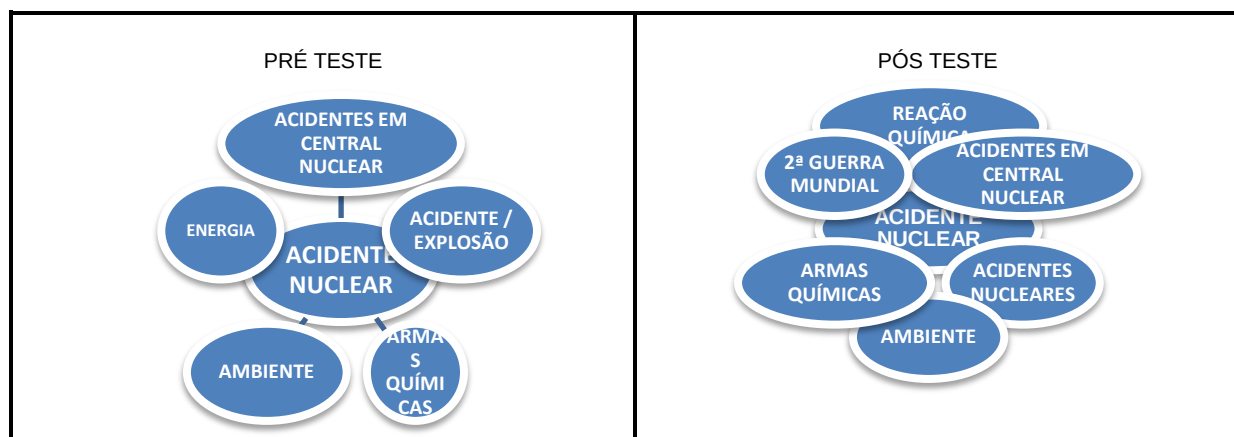
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
URÂNIO	PRÉ TESTE	PLANETA DO SISTEMA SOLAR	<i>Planeta</i>	3
		MATÉRIA PRIMA / ENERGIA	<i>Matéria prima para gerar energia nuclear</i>	2
		MINÉRIO	<i>Mineral Perigoso Mineral Rocha</i>	1 2 2
		CENTRAL NUCLEAR	<i>Central nuclear</i>	1
		ELEMENTO QUÍMICO PERIGOSO	<i>Elemento Químico perigoso Perigo</i>	8 1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade Radioativo Becquerel</i>	2 1 8
		ARMA QUÍMICA	<i>Armamento</i>	1
		TABELA PERIÓDICA	<i>Tabela Periódica</i>	1
	PÓS TESTE	ENERGIA	<i>Energia</i>	1
		MINÉRIO	<i>Mineral Perigoso Urânio pobre Urânio rico</i>	2 3 3
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Nuclear Decaimento</i>	3 1
		ELEMENTO QUÍMICO RADIOATIVO	<i>Partícula Elemento Elemento radioativo</i>	1 2 1
		ARMA QUÍMICA / DOENÇAS	<i>Bomba Doença Mutação</i>	1 1 1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade Becquerel</i>	10 8

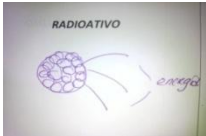
MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO URÂNIO



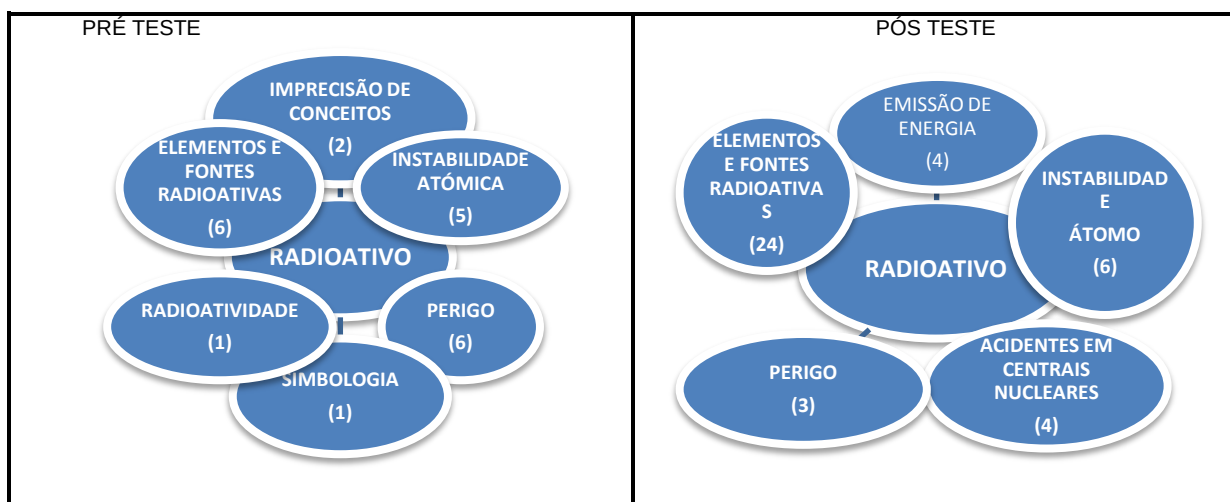
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
ACIDENTE NUCLEAR	PRÉ TESTE	ACIDENTES NUCLEARES/ CENTRAL NUCLEAR	<i>Chernobil</i> <i>Fukushima</i> <i>Japão</i>	8 3 2
		ACIDENTE / EXPLOSÃO	<i>Explosão</i> <i>Mortes</i> <i>Catástrofe</i>	8 1 1
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bombas</i> <i>Hiroshima Guerra</i> <i>Japão</i>	2 8 1 1
		AMBIENTE	<i>Grave</i> <i>Ambiente</i> <i>Mutação</i>	1 1 1
		ENERGIA	<i>Energia</i>	1
	PÓS TESTE	ACIDENTES NUCLEARES/ CENTRAL NUCLEAR	<i>Chernobil</i> <i>Fukushima</i> <i>Explosão</i> <i>Rebentamento</i>	14 9 5 1
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bombas</i> <i>Hiroshima</i>	3 1
		ENERGIA	<i>Libertação de radiação</i>	3
		AMBIENTE	<i>Catástrofe ambiental</i> <i>Morte</i>	1 2
		2ª GUERRA	<i>Hitler</i>	1
		REAÇÃO QUÍMICA	<i>Reação química</i>	1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO ACIDENTE NUCLEAR



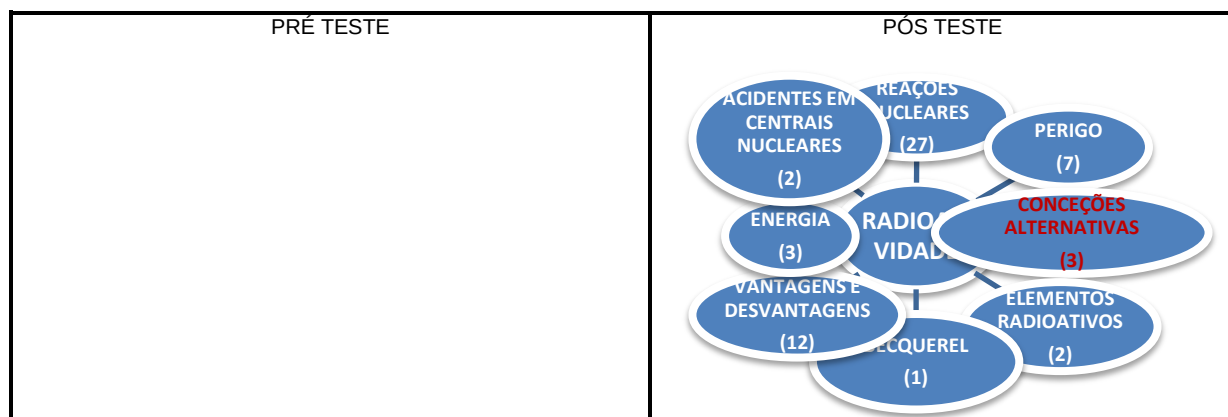
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIOATIVO	PRÉ TESTE	PERIGO	<i>Perigoso</i> <i>Fonte perigosa</i>	6 1
		SIMBOLOGIA		1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	1
		ELEMENTOS E FONTES RADIOATIVAS	<i>Urânio</i> <i>Polónio</i> <i>Banana</i>	3 2 1
		INSTABILIDADE ATÓMICA	<i>Quente</i> <i>Núcleo Instável</i>	1 4
		IMPRECISÃO DE CONCEITOS	<i>Com rádio</i>	2
	PÓS TESTE	ELEMENTOS E FONTES RADIOATIVAS	<i>Banana</i> <i>Urânio</i> <i>Potássio</i> <i>Polónio</i>	8 9 6
		EMIÇÃO DE ENERGIA	 <i>Emite Radiação</i> <i>Emite eletrões</i>	1 2 1
		INSTABILIDADE ÁTOMO	<i>Super Quente</i> <i>Núcleo Instável</i> <i>Isótopos</i>	1 4 1
		ACIDENTES EM CENTRAIS NUCLEARES	<i>Chernobil</i> <i>Fukushima</i> <i>Chumbo</i>	1 1 2
		PERIGO	<i>Perigoso</i> <i>Morte</i> <i>Contagioso</i>	1 1 1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIOATIVO



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIOATIVIDADE	PRÉ TESTE	ENERGIA	<i>Energia</i>	3
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Reações nucleares</i>	6
		PERIGO / CONSEQUENCIAS	<i>Queimaduras Morte Doenças</i>	1 1 1
		CONFUSÃO COM SUBSTÂNCIA	<i>Substância Invisível Perigosa Símbolo químico</i>	1
		CONCEPÇÃO ALTERNATIVA	<i>Mito Ignorância</i>	1 1
		SIMBOLOGIA		1
	PÓS TESTE	BECQUEREL	<i>Becquerel</i>	1
		ELEMENTOS RADIOATIVOS	<i>Urânio Polónio</i>	1 1
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Reações de fusão Reações de fissão Formação de novos</i>	11 11
		ENERGIA	<i>Libertação de energia Fenómeno natural de emissão de radiação</i>	2 1
		VANTAGENS/ DESVANTAGENS	<i>Energia renovável Vantagens Desvantagens</i>	8 2 2
		ACIDENTES EM CENTRAIS NUCLEARES	<i>Chernobil Fukushima</i>	1 1
		PERIGO	<i>Perigo Doenças Mutação</i>	3 3 1
		CONCEPÇÃO ALTERNATIVA	<i>Mito Alquimia</i>	1 2

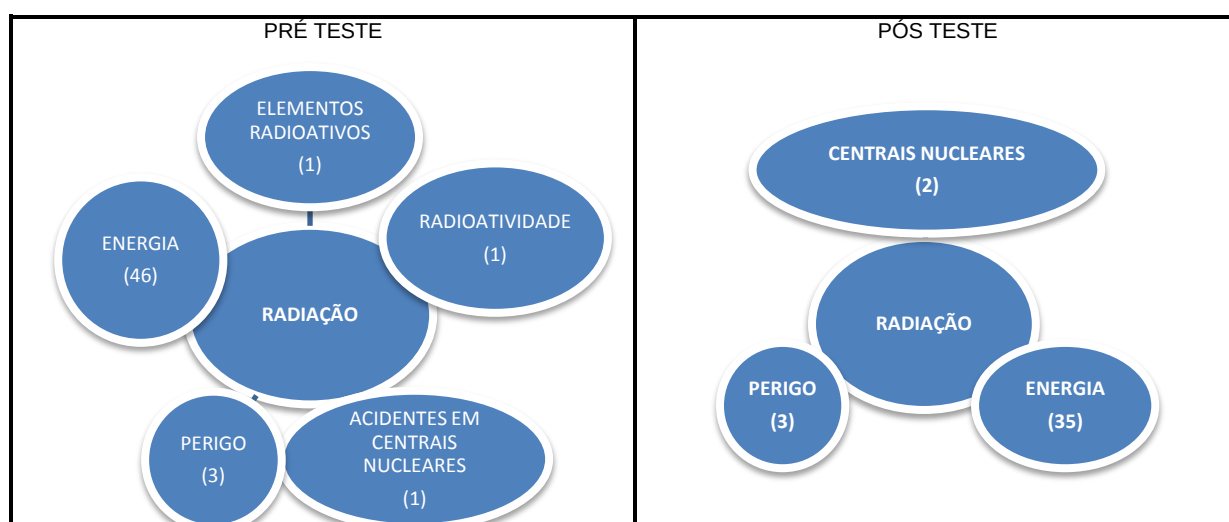
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIOATIVIDADE



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIAÇÃO	PRÉ TESTE	ELEMENTOS RADIOATIVOS	<i>Elementos</i>	1
		ENERGIA / RADIAÇÃO	<i>Emissão</i>	2
			<i>Radiação:</i>	11
			α	10
			β	9
			γ	6
			X	2
		RADIOATIVIDADE	<i>Absorção Radiação</i>	1
			<i>Espetroeletromagnético:</i>	1
			<i>IV</i>	1
			<i>UV</i>	1
			<i>Vis</i>	1
			<i>Ondas</i>	1
			<i>Frequência</i>	1
	PÓS TESTE	CONSEQUENCIAS NEGATIVAS	<i>Radioatividade</i>	1
		PERIGO	<i>Queimaduras</i>	1
			<i>Tóxico</i>	2
		ENERGIA	<i>Contagioso</i>	1
			<i>Emissão</i>	2
			<i>Energia</i>	1
			<i>Radiação:</i>	1
			α	3
			β	3
			γ	4
			X	3
			<i>IV</i>	2
			<i>UV</i>	2
			<i>Vis</i>	1
			<i>Espetro</i>	8

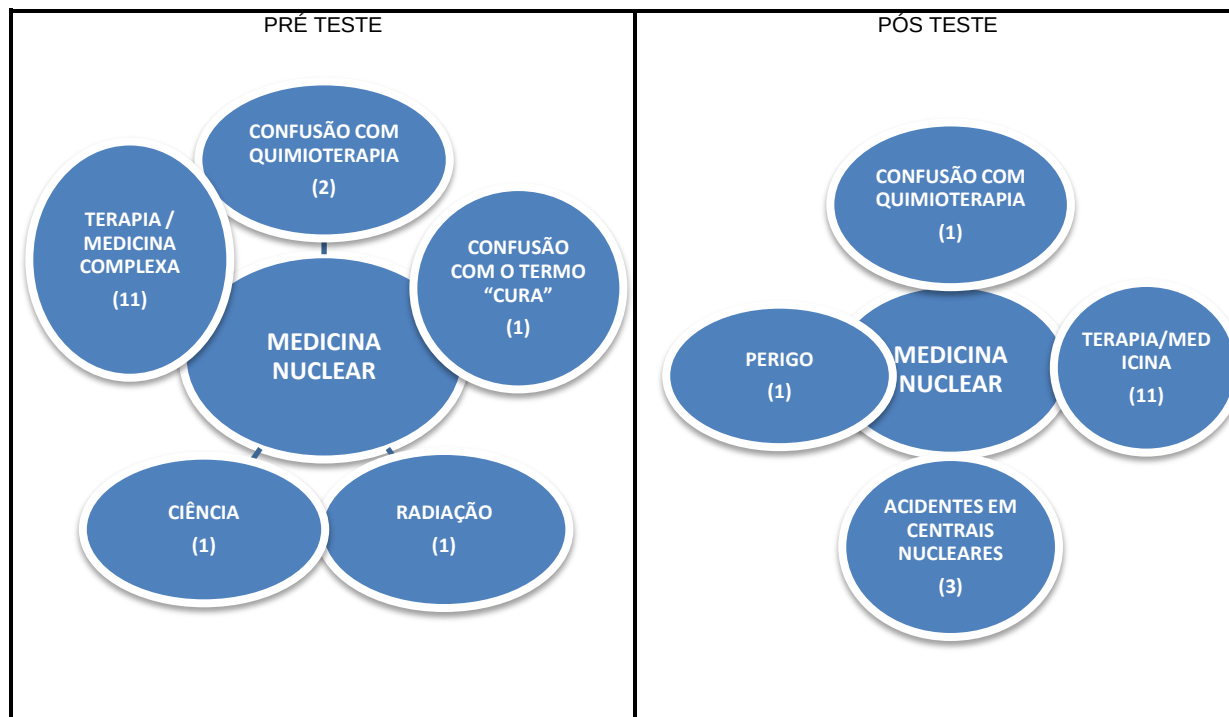
			<i>Radiação saudável</i>	1
			<i>Exposição ao Sol</i>	4
		PERIGO	<i>Perigo</i>	3
		CENTRAIS NUCLEARES	<i>Chernobil</i> <i>Fukushima</i>	1 1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *RADIAÇÃO*



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
MEDICINA NUCLEAR	PRÉ TESTE	CONFUSÃO COM QUIMIOTERAPIA	<i>Curas com Químicos</i>	2
		CONFUSÃO COM O TERMO “CURA”	<i>Curie</i>	1
		RADIAÇÃO	<i>Efeitos</i>	1
		CIÊNCIA	<i>Investigação</i>	1
		TERAPIA / MEDICINA COMPLEXA	<i>Radiologia Doença Medicina Nova Medicina dos núcleos Radioterapia Curas</i>	1 2 1 1 3 3
	PÓS TESTE	CONFUSÃO COM QUIMIOTERAPIA	<i>Curas com Químicos</i>	1
		RADIAÇÃO	<i>Radiação X</i>	2
		TERAPIA / MEDICINA	<i>Cancro Radioterapia</i>	11 10
		ACIDENTES EM CENTRAIS NUCLEARES	<i>Chernobil Fukushima</i>	1 2
		PERIGO	<i>Medicina perigosa</i>	1

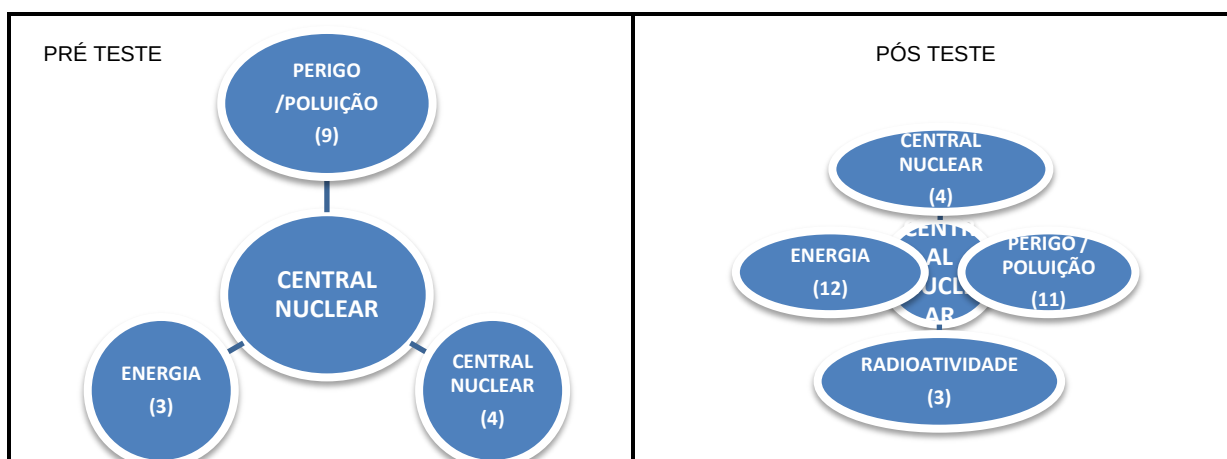
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *MEDICINA NUCLEAR*



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
CENTRAL NUCLEAR	PRÉ TESTE	CENTRAL NUCLEAR	Fábrica Fukushima Chernobil	3 1 1
		ENERGIA	Energia	3
		PERIGO / POLUIÇÃO	Morte Perigo Explosão Fumo Destroços Mau cheiro	1 3 1 2 1 1
	PÓS TESTES	CENTRAL NUCLEAR	Fábrica Chernobil Reator	2 1 1
		PERIGO / POLUIÇÃO	Explosão Poluição Perigo Fumo	2 1 7 1
		ENERGIA	Crise energética	1

			Energia	10
			Carvão	1
		RADIOATIVIDADE	Chumbo nas paredes	1
			Radioatividade	2

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *MEDICINA NUCLEAR*

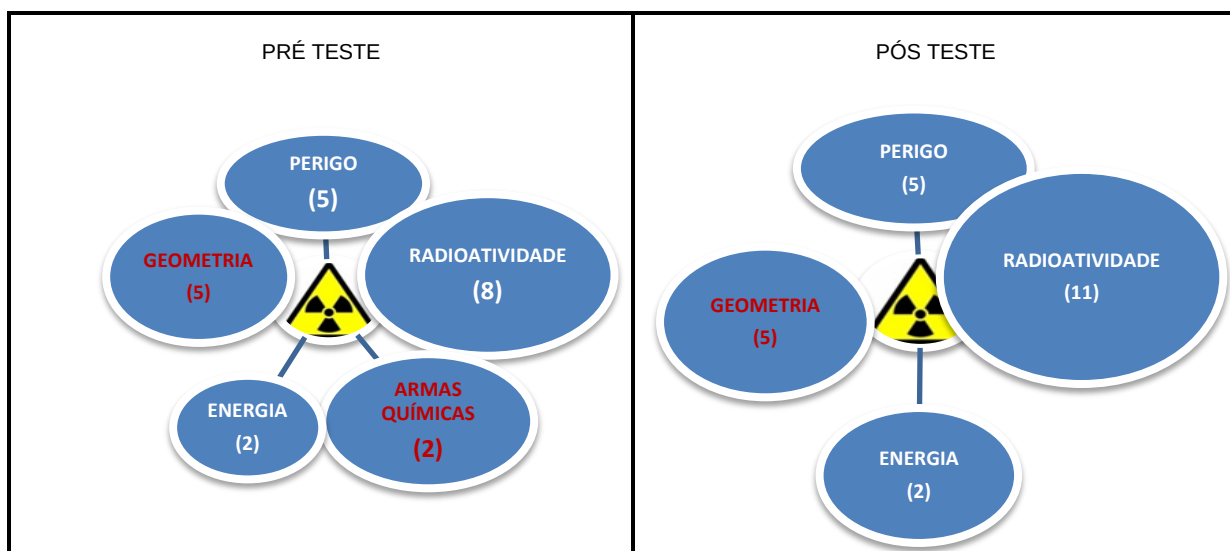


CATEGORIZAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES OBTIDAS NO 12º ANO NAS RESPOSTAS DADAS AO TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS (N=14)

ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
	PRÉ TESTE	PERIGO	<i>Perigo</i> <i>Tóxico</i>	4 1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i> <i>Radiação nuclear</i> <i>Radioatividade elevada</i>	5 1 2
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bomba</i> <i>Guerra Fria</i>	1 1
		ENERGIA	<i>Energia</i> <i>Nuclear</i>	1
		GEOMETRIA	<i>Triângulo</i> <i>Cosseno</i> <i>Seno</i> <i>Tangente</i> <i>Circunferência</i>	1 1 1 1 1
	PÓS TESTE	PERIGO	<i>Perigo</i> <i>Toxico</i>	4 1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i> <i>Radiatividade elevada</i>	10 1
		ENERGIA	<i>Energia</i>	2

			Nuclear Radiação	1
		GEOMETRIA / TRIGONOMETRIA	Triângulo Cosseno Seno Tangente Circunferência	1 1 1 1 1

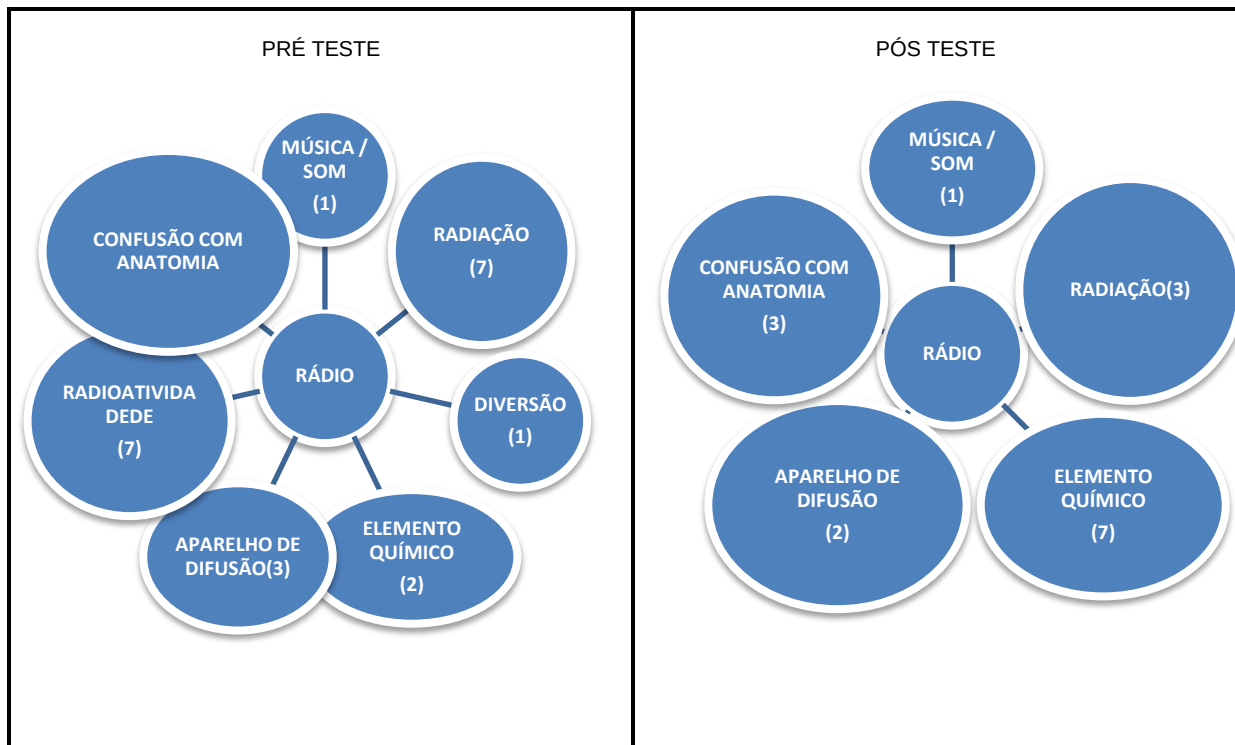
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO 1



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RÁDIO	PRÉ TESTE	MÚSICA / SOM	Música	1
		RADIAÇÃO	Ondas Banda do espetroeletr magnético Frequência	2 4 1
		DIVERSÃO	Divertimento	1
		ELEMENTO QUÍMICO / TABELA PERIÓDICA	Elemento Químico Elemento químico da tabela periódica	1 1
		APARELHO DE DIFUSÃO	Informação Antena Coluna	1 1 1
		RADIOATIVIDADE	Elemento Radioativo	1
		CONFUSÃO COM ANATOMIA	Osso Cúbito	2 1 1
	PÓS TESTE	MÚSICA / SOM	Música	1
		RADIAÇÃO	Banda do espetroeletr magnético	3
		ELEMENTO QUÍMICO / RADIOATIVO	Elemento Químico Radioativo descoberto por Curie	2 5
		CONFUSÃO COM	Osso	2

		ANATOMIA	<i>Cúbito</i>	1
		APARELHO DE DIFUSÃO	<i>Antena</i> <i>Coluna</i>	1 1

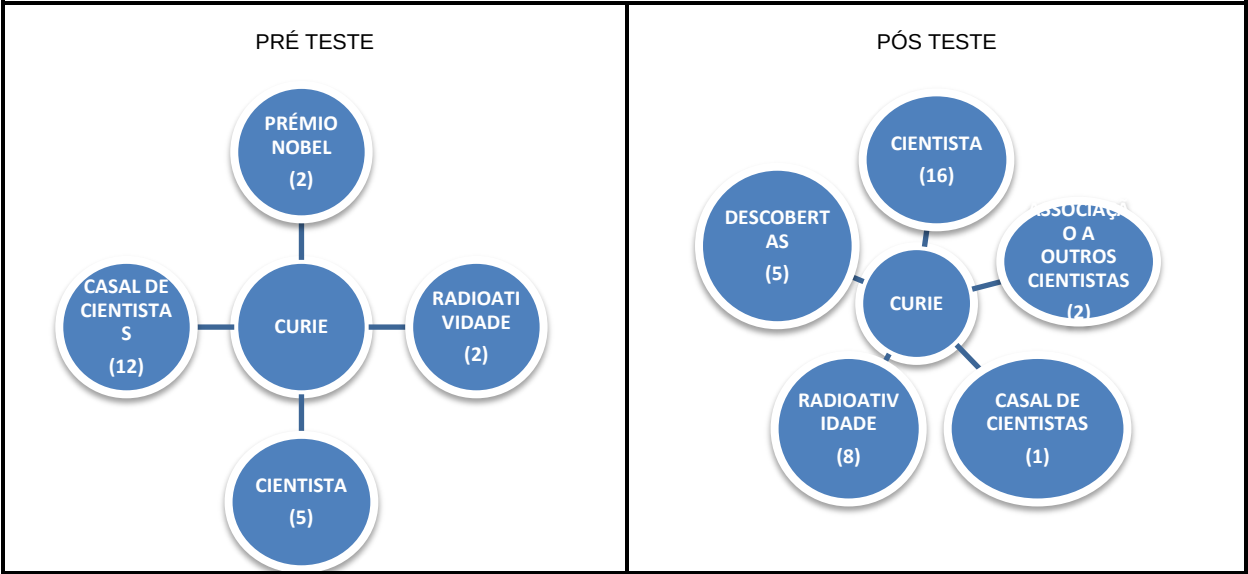
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *RÁDIO*



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
CURIE	PRÉ TESTE	CIENTISTA	<i>Marie Curie</i> <i>Cientista e químico</i>	4 1
		CASAL DE CIENTISTAS	<i>Casal de Cientistas</i> <i>Marie Curie</i> <i>Pierre Curie</i>	6 4 2
		PRÉMIO NOBEL	<i>Nobel</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Estudo da Radioatividade</i>	2
	PÓS TESTE	CIENTISTA	<i>Marie Curie</i> <i>Pierre Curie</i>	9 7
		ASSOCIAÇÃO A OUTROS CIENTISTAS	<i>Becquerel</i> <i>Rutherford</i>	1 1
		PRÉMIO NOBEL	<i>Nobel</i>	1

		CASAL DE CIENTISTAS	<i>Casal de Cientistas</i>	1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade Estudo da radioatividade</i>	2 6
		DESCOBERTAS	<i>Rádio, Tório, Polónio Radioatividade</i>	4 1

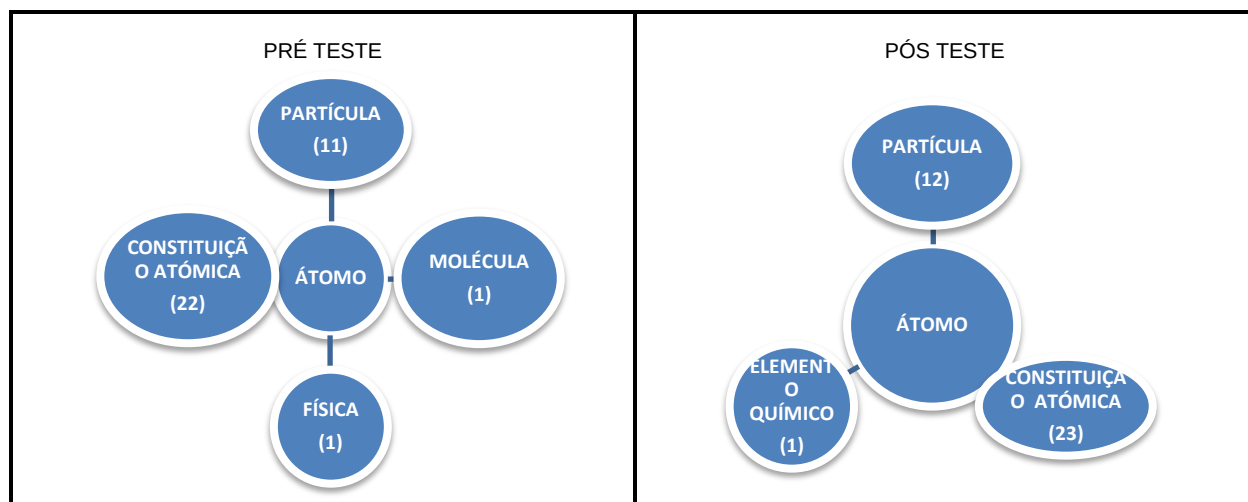
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO CURIE



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
ÁTOMO	PRÉ TESTE	PARTÍCULA	<i>Partícula indivisível</i>	4
			<i>Partícula elementar</i>	4
			<i>Unidade elementar</i>	3
		MOLÉCULAS	<i>Constitui moléculas</i>	1
		FÍSICA	<i>Física</i>	1
	PÓS TESTE	CONSTITUIÇÃO ATÓMICA	<i>Eletrão</i>	5
			<i>Protão</i>	4
			<i>Neutrão</i>	4
			<i>Nuvem eletrónica</i>	2
			<i>Núcleo</i>	5
				1
			<i>Partícula indivisível</i>	4
			<i>Partícula atómica</i>	2
			<i>Partícula</i>	4
			<i>Unidade elementar</i>	2

		CONSTITUIÇÃO ATÔMICA	<i>Elétron</i> <i>Protão</i> <i>Neutrão</i> <i>Núcleo</i> <i>Nuvem eletrónica</i>	5 5 5 5 3
		ELEMENTO QUÍMICO	<i>Elemento</i>	1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO ÁTOMO



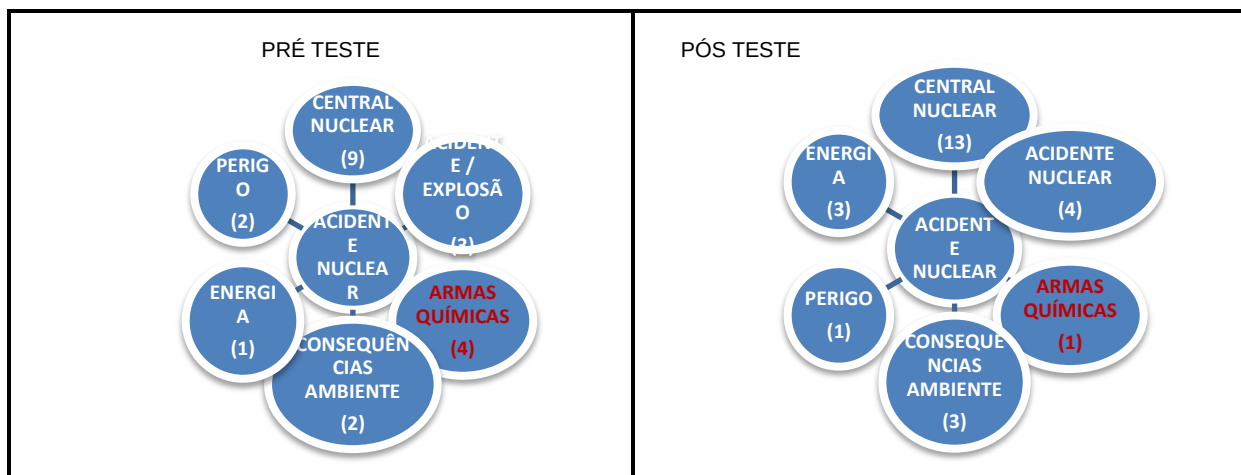
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
URÂNIO	PRÉ TESTE	MATÉRIA PRIMA / ENERGIA	<i>Fonte de energia</i>	2
		ELEMENTO QUÍMICO RADIOATIVO	<i>Elemento Químico radioativo</i>	5
			<i>Elemento Químico</i>	1
			<i>Elemento radioativo energético</i>	1
			<i>Elemento Instável</i>	3
			<i>Elemento Pesado</i>	1
			<i>Substância</i>	1
		ARMA QUÍMICA	<i>Bomba atômica</i>	1
		ENERGIA	<i>energia Nuclear</i>	3
	PÓS	MATÉRIA PRIMA / ENERGIA	<i>Fonte de energia</i> <i>Combustível</i>	2 1

	TESTE	ELEMENTO QUÍMICO RADIOATIVO	<i>Elemento Químico radioativo</i>	9
			<i>Elemento Químico</i>	2
			<i>Elemento radioativo energético</i>	1
			<i>Elemento Instável</i>	1
		ARMA QUÍMICA	<i>Bomba atômica</i>	1
		ENERGIA	<i>energia Nuclear</i>	1

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO URÂNIO

PRÉ TESTE		PÓS TESTE		
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
ACIDENTE NUCLEAR	PRÉ TESTE	CENTRAL NUCLEAR	<i>Central Nuclear Fukushima Chernobil</i>	2 2 5
		ACIDENTE / EXPLOSÃO	<i>Explosão de um reator Imprevisto</i>	2 1
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Hiroshima</i>	4
		CONSEQUÊNCIAS /AMBIENTE	<i>Doenças</i>	2
		ASSOCIAÇÃO A COLEGAS "EXPERTS"	<i>Hugo Paz</i>	1
		PERIGO	<i>Perigo</i>	2
		ENERGIA	<i>Libertação de Energia</i>	1
	PÓS	CENTRAL NUCLEAR	<i>Chernobil Fukushima</i>	9 4

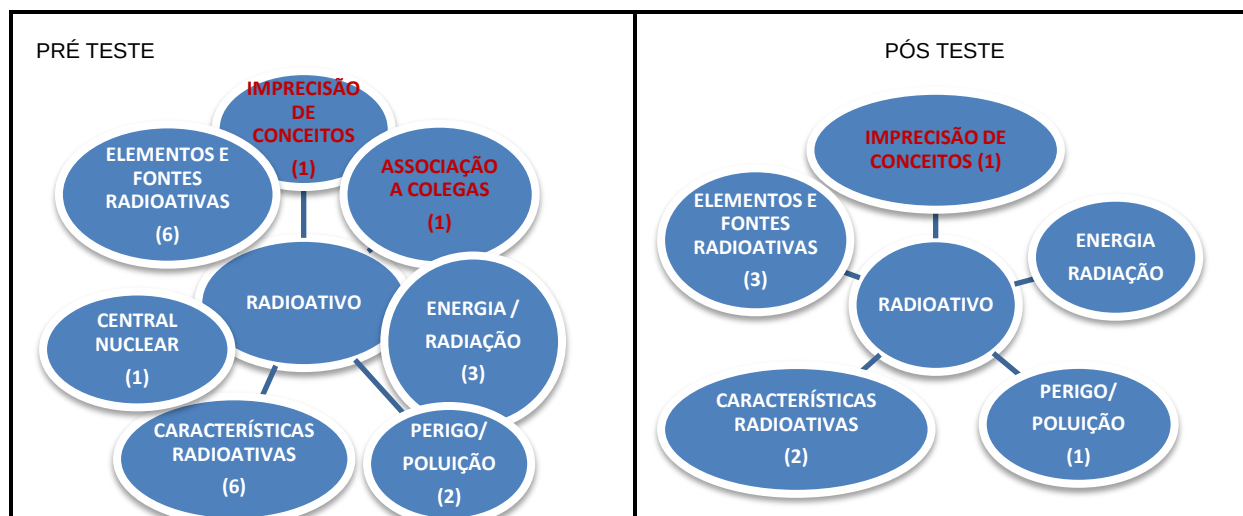
	TESTE	ACIDENTES NUCLEARES/	<i>Imprevisto Explosão de um reator</i> <i>Explosão radioativa</i> <i>Libertação de energia durante muito tempo</i> <i>Libertação de energia sob a forma de radiação</i>	1 1 1 1
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Hiroshima</i>	1
		ENERGIA	<i>Libertação de radiação</i>	3
		CONSEQUÊNCIAS AMBIENTE	<i>Graves consequências a curto e longo prazo</i> <i>Poluição</i>	1 2
		ASSOCIAÇÃO A COLEGAS "EXPERTS"	<i>Hugo Paz</i>	1
		PERIGO	<i>Perigo de radioatividade</i>	1
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES



RADIOATIVO	PRÉ TESTE	PERIGO / POLUIÇÃO	<i>Perigo</i> <i>Resíduos perigosos</i>	1 1
		ENERGIA / RADIAÇÃO	<i>Emite radiação</i>	3
		CARACTERÍSTICAS RADIOATIVAS	<i>Radioatividade</i> <i>Elemento com características radioativas</i>	1 2
		ELEMENTOS E FONTES RADIOATIVAS	<i>Urânio</i> <i>Rádion</i> <i>Plutónio</i>	4 1 1
		ASSOCIAÇÃO A COLEGAS "EXPERTS"	<i>Hugo Paz</i>	1
		CENTRAL NUCLEAR	<i>Central Nuclear</i>	1
		IMPRECISÃO DE CONCEITOS (RADIOATIVIDADE)	<i>Libertação de radioatividade</i>	1
	PÓS	PERIGO / POLUIÇÃO	<i>Perigo</i>	1

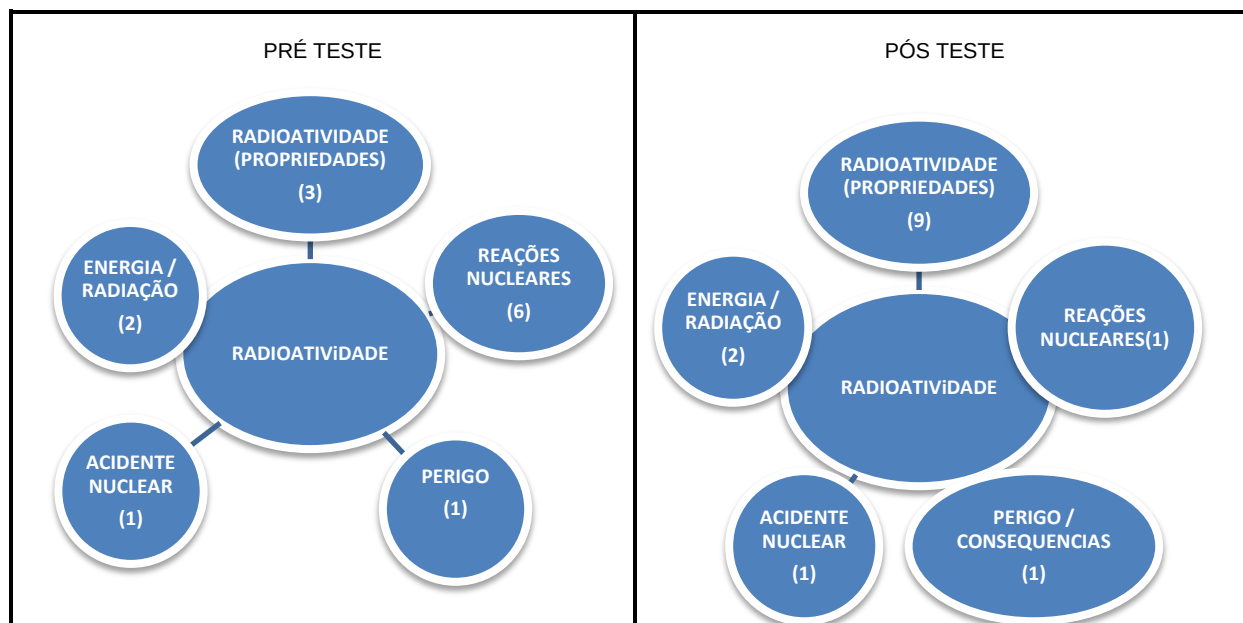
	TESTE	ENERGIA / RADIAÇÃO	<i>Emite radiação</i>	8
		CARACTERÍSTICAS RADIOATIVAS	<i>Radioatividade</i>	2
		ELEMENTOS E FONTES RADIOATIVAS	<i>Urânio Plutónio Bananas</i>	1 1 1
		IMPRECISÃO DE CONCEITOS (RADIOATIVIDADE)	<i>Possui radiação</i>	1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIOATIVO



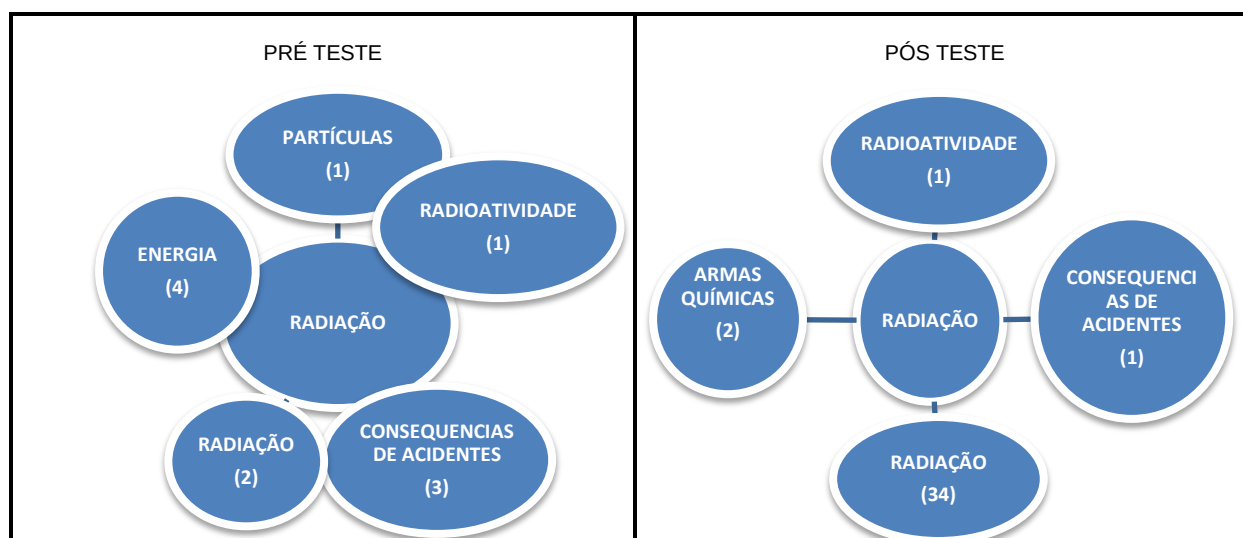
ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIOATIVO	PRÉ TESTE	RADIOATIVIDADE (propriedades)	<i>Proveniente de radiação Todas as coisas possuem radioatividade</i>	1 2
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Reações nucleares</i>	6
		PERIGO	<i>Perigo</i>	1
		ACIDENTE NUCLEAR	<i>Acidente nuclear</i>	1
		ENERGIA/ RADIAÇÃO	<i>Radiação Energia</i>	1 1
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Reações nucleares</i>	6
	PÓS TESTE	RADIOATIVIDADE (propriedades)	<i>Emissão espontânea de partículas ou radiação por núcleos instáveis Partículas instáveis reagem libertando energia sob a forma de radiação</i>	6 3
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Reações nucleares</i>	1
		CONSEQUÊNCIAS	<i>Cancro</i>	1
		ACIDENTE NUCLEAR	<i>Acidente nuclear</i>	1
		ENERGIA/ RADIAÇÃO	<i>Emissão de Radiação</i>	2

MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO RADIOATIVIDADE



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
RADIOAÇÃO	PRÉ TESTE	PARTÍCULAS	<i>Fotões</i>	1
		ENERGIA	<i>Energia Energia proveniente de elementos radioativos OndaS</i>	2 1 1
		RADIOATIVIDADE	<i>Todas as coisas têm radioatividade</i>	1
		RADIAÇÃO	<i>Forma de transferir energia Energia resultante de fissão nuclear</i>	2
		PERIGO / CONSEQUÊNCIAS	<i>Perigo Mutações genéticas</i>	2 1
	PÓS TESTE	ENERGIA / RADIAÇÃO	<i>Energia α β γ X Forma de transferir energia</i>	1 10 10 10 1 2
		RADIOATIVIDADE	<i>Todas as coisas têm radioatividade</i>	1
		CONSEQUÊNCIAS DE ACIDENTE NUCLEAR	<i>Diferenças genéticas</i>	1
		ARMAS QUÍMICAS	<i>Bomba atômica</i>	2

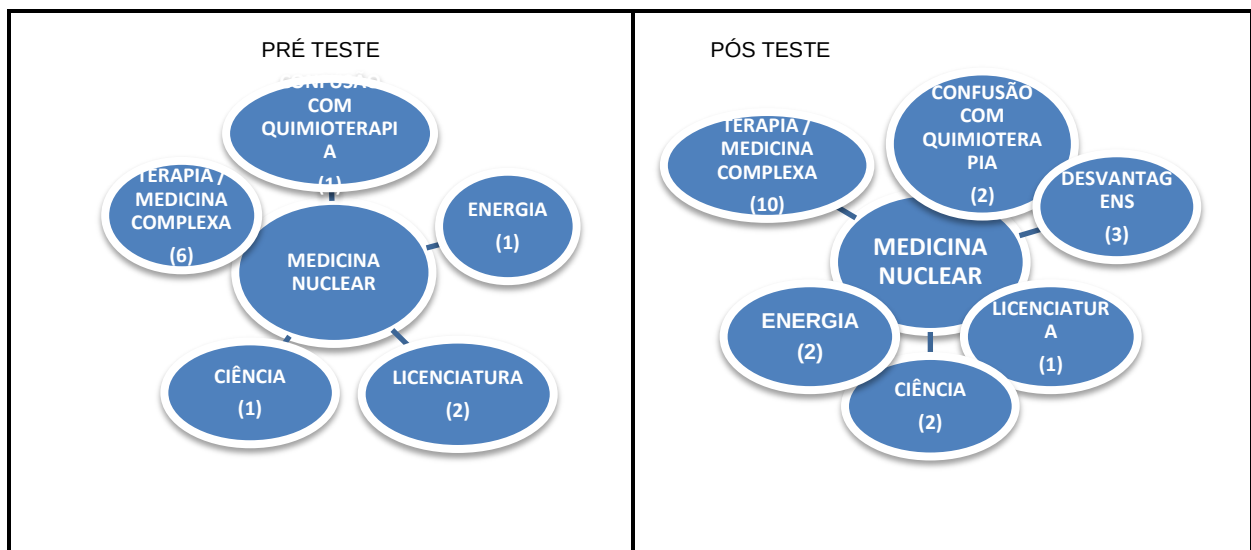
MAPAS CONCEPUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *RADIAÇÃO*



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
MEDICINA NUCLEAR	PRÉ TESTE	CONFUSÃO COM QUIMIOTERAPIA	<i>Quimioterapia</i>	1
		ENERGIA	<i>Energia</i>	1
		LICENCIATURA	<i>Curso Superior</i>	2
		CIÊNCIA	<i>Futuro</i>	1
		TERAPIA / MEDICINA NUCLEAR	<i>Radiologia Tratamento de doenças Medicina que utiliza a radioatividade Radioterapia Raios X</i>	1 1 1 1 2
	PÓS TESTE	CONFUSÃO COM QUIMIOTERAPIA	<i>Quimioterapia</i>	2
		ENERGIA	<i>Energia nuclear</i>	2
		LICENCIATURA	<i>Curso Superior</i>	1
		CIÊNCIA	<i>Futuro Presente</i>	1 1
		TERAPIA / MEDICINA COMPLEXA	<i>Radiografia Tratamento de doenças sérias Radioterapia</i>	1 1 1

			<i>Radioterapia Isótopos radioativos usados no diagnóstico e tratamento de doenças</i>	1 6
		DESVANTAGENS/CONS EQUENCIAS	<i>Mutações genéticas</i>	3

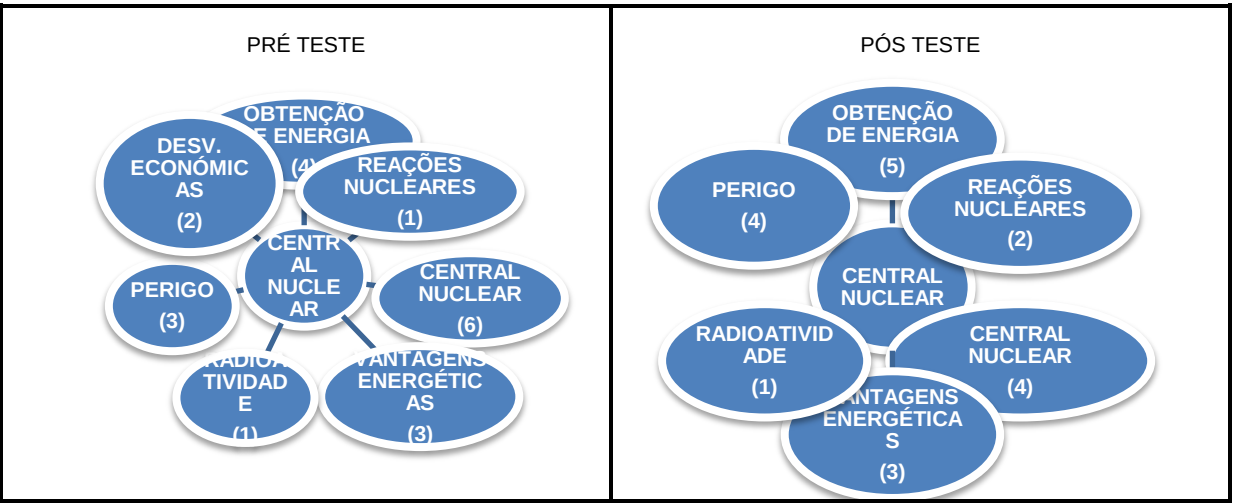
MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO *MEDICINA NUCLEAR*



ESTÍMULO	INTERVENÇÃO	CATEGORIA	ASSOCIAÇÃO	Nº DE ASSOCIAÇÕES
CENTRAL NUCLEAR	PRÉ TESTE	CENTRAL NUCLEAR	<i>Central nuclear Chernobil Central energética de fissão nuclear Japão</i>	3 1 1 1
		MECANISMO DE OBTENÇÃO DE ENERGIA	<i>Energia de fissão nuclear Produção de energia elétrica Energia produzida a partir de elementos radioativos</i>	1 2 1
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Fissão nuclear</i>	1
		VANTAGENS	<i>Energia mais eficiente</i>	3
		DESVANTAGENS ECONÓMICAS	<i>Energia dispendiosa</i>	2
		PERIGO / POLUIÇÃO	<i>Perigo</i>	3
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	1
	PÓS TESTE	CENTRAL NUCLEAR	<i>Chernobil Fukushima Central nuclear</i>	1 1 2
		MECANISMO DE OBTENÇÃO DE ENERGIA	<i>Energia de fissão nuclear Produção de energia</i>	1

			<i>elétrica</i> <i>Energia produzida a partir de elementos radioativos</i>	2
				2
		REAÇÕES NUCLEARES	<i>Decaimentos radioativos artificiais</i> <i>Fissão nuclear</i>	1 1
		VANTAGENS	<i>Energia mais eficiente</i>	3
		PERIGO / POLUIÇÃO	<i>Perigo</i> <i>Natureza morta</i>	3 1
		RADIOATIVIDADE	<i>Radioatividade</i>	1

MAPAS CONCEPTUAIS SIMPLIFICADOS PARA O ESTÍMULO CENTRAL NUCLEAR



APÊNDICE VII – MAPAS CONCETUAIS SIMPLIFICADOS PARA O GRUPO NÃO ESCOLAR

NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES OBTIDAS NO GRUPO NÃO ESCOLAR NA APLICAÇÃO DO TESTE PRELIMINAR

TRABALHADORES COM 9º ANO (N=14)

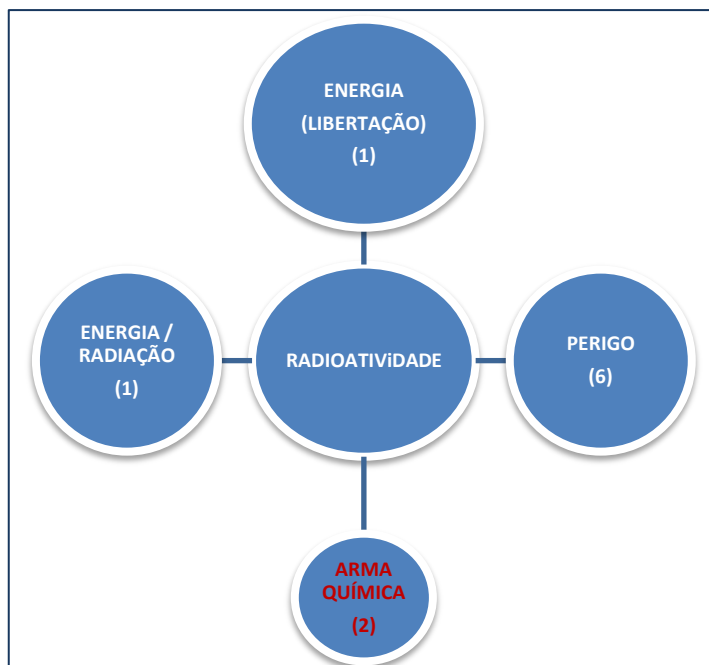
SÍMBOLO	RÁDIO	CURIE	ÁTOMO	URÂNIO	ACID. NUCLEAR	RADIOATIVO	RADIOATIVIDADE	RADIAÇÃO	MEDICINA NUCLEAR	ACIDENTE NUCLEAR
RADIOATIVIDADE (7)	MÚSICA (6)	JORNAL (1)	MOLÉCULA (1)	MINAS (2)	CHERNOBIL (3)	NOCIVO (1)	CONSEQUÊNCIAS DE UMA EXPLOÇÃO ATÓMICA (1)	RAIOS X (1)	PERIGO (2)	CHERNOBIL (1)
RADIOATIVO (1)	SOM (3)	REVISTA (1)	PEQUENO (1)	PODER (1)	BOMBA ATÓMICA (2)	CANCRO (1)	PERIGOSO (5)	PERIGO (3)	TRATAMENTO (1)	ENERGIA ELÉTRICA (5)
PERIGO (3)	RFM (5)	PERIGO (1)	UNIVERSO (1)	BOMBA (2)	DESASTRE (1)	PERIGOS (3)	HIROSHIMA (1)	DOENÇAS (1)	PREVENÇÃO (1)	PERIGO (4)
BOM (1)	CIDADE (1)		BOMBA (1)	PERIGO (3)	FUKUSHIMA (2)	ONDAS (1)	NAGASAKI (1)	SOL (1)	EVOLUÇÃO (1)	FUKUSHIMA (1)
	INFORMAÇÃO (1)		PERIGO (1)	METAL (1)	TRAGÉDIA (1)	URÂNIO (1)	MORTE (1)	HIROSHIMA (1)	RADIAÇÃO (1)	RADIAÇÃO (1)
	RADIOTERAPIA (1)		IMAGINÁRIO (1)	RADIOATIVIDADE (1)	PERIGOS (3)	ARSÉNIO (1)	RADIAÇÃO (1)	JAPÃO (1)		GUERRA (1)
	OSSO (1)		NEUTRÕES (1)	COBRE (1)	EXPLOÇÃO (2)	HIROSHIMA (1)		RADIAÇÃO (1)		
			ELETROES (1)	FONTE DE ENERGIA(1)				RADIOATIVIDADE (1)		
				RADIOATIVO (1)				NOCIVO (1)		

NÚMERO DE ASSOCIAÇÕES OBTIDAS NO GRUPO NÃO ESCOLAR NA APLICAÇÃO DO TESTE PRELIMINAR

TRABALHADORES LICENCIADOS (N=5)

SÍMBOLO	RÁDIO	CURIE	ÁTOMO	URÂNIO	ACID. NUCLEAR	RADIOATIVO	RADIOATIVIDADE	RADIAÇÃO	MEDICINA NUCLEAR	ACIDENTE NUCLEAR
RADIOATIVIDADE (5)	MÚSICA (3)	RÁDIO (1)	PARTÍCULA ÍNFINITA (3)	COMBUSTÍVEL ENERGÉTICO (2)	CHERNOBIL (2)	NOCIVO (1)	ENERGIA PRODUZIDA POR NÚCLEOS ATÔMICOS (1)	CONSEQUÊNCIA DA LIBERTAÇÃO DE ENERGIA (1)	CURA COM MARCADORES EM CÉLULAS (1)	PRODUÇÃO DE ENERGIA (2)
PERIGO (3)	TRANSMISSÃO À DISTÂNCIA (1)	CIENTISTA (1)	ENERGIA ATÔMICA (1)	ROCHA (1)	BOMBA ATÔMICA (1)	DOENÇAS (2)	DOENÇAS (1)	CENTRAIS NUCLEARES (1)	VANTAGOSA (1)	LIXO ATÔMICA (1)
	INFORMAÇÃO (1)	PERIGO (1)	ARMAS ATÔMICAS (1)	BOMBA (1)	MORTE (1)	MORTE (1)	PERIGO (1)	VANTAGENS E DESVANTAGENS (1)	PREVENÇÃO (1)	ENERGIA BARATA COM CONSEQUÊNCIAS GRAVES (1)
	COMERCIAL (1)	MORTE (1)	QUÍMICA (1)	ELEMENTO QUÍMICO (1)	FUKUSHIMA (2)	BOMBA (1)	ENERGIA (2)	RADIOATIVIDADE (1)		ENERGIA (4)
	TELEFONIA (1)	PIERRE (2)	FÍSICA (2)		TRAGÉDIA (1)	MINÉRIOS (1)	MORTE (1)	LUZ (1)		
	ONDAS ELETROMAGNÉTICAS (1)	MARIE (2)	TABELA PERIÓDICA (1)		PERIGO (3)	MEDO (1)	RADIAÇÃO (2)	LAZER (1)		
	PROPAGAÇÃO DE RADIAÇÃO	PRÉMIO NOBEL (1)	NEUTRÕES (1)		RADIOATIVIDADE (1)	ENERGIA (1)				
			ELETROES (1)		NATUREZA ABALADA (1)					
			NEUTRÕES (1)							
			PROTÕES (1)							

**MAPA CONCEPTUAL SIMPLIFICADO PARA O ESTÍMULO
RADIOATIVIDADE OBTIDO PARA OS TRABALHADORES COM O
9º ANO DE ESCOLARIDADE**



**MAPA CONCEPTUAL SIMPLIFICADO PARA O ESTÍMULO
RADIOATIVIDADE OBTIDO PARA OS TRABALHADORES
LICENCIADOS**

