



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**Instituto de Ciências Biológicas**

**Instituto de Física**

**Instituto de Química**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências**

**Mestrado Profissional em Ensino de Ciências**

**Introdução de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino  
Médio por Meio do Estudo de Ondas Eletromagnéticas**

Mirele Sousa Soares

**Brasília – DF  
Março de 2009**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**Instituto de Ciências Biológicas**

**Instituto de Física**

**Instituto de Química**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências**

**Mestrado Profissional em Ensino de Ciências**

**Introdução de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino  
Médio por Meio do Estudo de Ondas Eletromagnéticas**

Mirele Sousa Soares

Dissertação realizada sob a orientação da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria de Fátima da Silva Verdeaux e co-orientação da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Célia Maria Soares Gomes de Sousa e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências - área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências pela Universidade de Brasília.

**Brasília – DF  
Março de 2009**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Maria Cândida e Manoel, que são meu porto seguro e sempre me apóiam em todas as tarefas que me proponho a realizar.

Ao meu amado esposo, Milton, meu companheiro e amigo de todos os momentos, meu grande amor.

Aos meus irmãos, Marcos Fabrício e Manuela, amigos inseparáveis e presentes especiais que Deus me deu.

Aos meus amados filhos, João Victor e Paulo Henrique, fontes de vida, amor e felicidade.

À minha orientadora, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria de Fátima da Silva Verdeaux, e à minha co-orientadora, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Célia Maria Soares Gomes de Sousa, fontes de inspiração e sabedoria, que tanto me ajudaram e incentivaram na minha busca pelo saber.

Aos meus colegas e professores do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, da Universidade de Brasília, que muito contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus alunos, razão do meu trabalho.

**Mirele Sousa Soares**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela presença forte e constante em minha vida e pela família maravilhosa que me deu, pois, sem ela eu nada seria.

À minha mãe, Maria Cândida, ao grande amor que tem por mim, pelo apoio incondicional que sempre me deu e por ser meu grande exemplo de luta e perseverança.

Ao meu esposo, Milton, pelo apoio, companheirismo, paciência e compreensão nos momentos em que mais precisei.

À minha sogra, D. Alcides, à minha mãe, Maria Cândida, à amiga, Cirlene e minha sobrinha Júlia, pela ajuda com as crianças, pois, sozinha não teria conseguido cumprir minha jornada de mãe e pesquisadora.

À amiga Valéria, pelos momentos de estudo, descontração e muito apoio nessa jornada tão difícil.

À amiga Sandra Coimbra pela ajuda, me cedendo suas turmas para a aplicação do projeto e pelos vários momentos de troca e reflexão.

À Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, por ter me fornecido condições, com o afastamento remunerado para estudo, para a conclusão desse mestrado.

À CAPES pela ajuda financeira para realização desse projeto de pesquisa.

À minha orientadora, Fatima, uma amiga que Deus colocou em minha vida e que tanto me ensinou. E à minha co-orientadora, Célia, exemplo de sabedoria e competência.

**Mirele Sousa Soares**

## RESUMO

Nos dias atuais faz-se necessário, de forma urgente e inevitável, a introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nas escolas brasileiras. É inadmissível que em pleno século XXI, nossos estudantes, no auge do uso das tecnologias promovidas pela Física Moderna, não tenham conhecimento dessa área tão vasta e fascinante da física.

Neste trabalho de pesquisa propomos a introdução de alguns tópicos de Física Quântica, que estão presentes no cotidiano de nossos estudantes, com o intuito de lhes proporcionar subsídios para compreender os princípios científicos ao seu redor e vivenciar sua cidadania de forma crítica.

Para o desenvolvimento do nosso estudo usamos como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Propomos uma reorganização do tópico Ondas Eletromagnéticas com o intuito de trabalharmos temas como: modelo atômico de Bohr, caráter dual da luz, raios X e efeito fotoelétrico.

O projeto de pesquisa foi desenvolvido com duas turmas do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal, onde, em uma delas, para o grupo experimental, foi aplicado o material por nós produzido, envolvendo tópicos de Física Moderna, e na segunda turma, desenvolvemos o mesmo tópico, Ondas Eletromagnéticas, mas somente sob a visão da Física Clássica.

A partir da análise do desenvolvimento do grupo experimental, acreditamos poder afirmar que os estudantes que participaram do projeto conseguiram aprender significativamente tanto os conteúdos Clássicos como os conteúdos da Física Moderna e Contemporânea por nós propostos.

Faz parte desta dissertação um manual para uso do professor contendo os objetivos de cada aula proposta, a carga horária necessária para seu desenvolvimento, slides utilizados nas aulas, roteiros de laboratórios e atividades de avaliação.

Palavras-chave: Tópicos de Física Moderna e Contemporânea, Aprendizagem Significativa, Ondas Eletromagnéticas.



## **ABSTRACT**

Nowadays it is necessary, urgent and inevitable, to introduce topics on modern and contemporary Physics in Brazilian schools. It is unacceptable that in the 21<sup>st</sup> century, our students, in the highlight of the use of technology promoted by modern Physics, have no background of this fascinating and wide area of Physics.

In this research we propose the introduction of some Quantum Physics topics, which are present in the daily life of our students, to give them subsidies to understand the scientific principles around them and experience their citizenship in a more critic way.

For the development of our study we used as theoretical reference the David Ausubel's Meaningful Learning Theory. We propose a reorganization of the topic Electromagnetic Waves in order to work issues such as: the Bohr atomic model, dual nature of light, X-rays and photoelectric effect.

The research project was o arried out using two classes of second year of high school from the public system of Distrito Federal where in one of the classes, the experimental group, the material produced by us was applied, involving topics of Modern Physics and in the second class was developed the same topic, Electromagnetic Waves, but only under the approach of Classical Physics.

From the analysis of the outcomes of the experimental group we can conclude that students who participated in the project managed to learn significantly both contents, the Classical as well as the Modern and Contemporary Physics suggested by us.

A manual for teachers' use is part of this dissertation with the aims of each class proposed, the hours required for their development, slides used in classes, laboratories' guides and evaluation activities.

Keywords: Modern and Contemporary Physics topics, significant learning, Electromagnetic Waves.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b>	Esquema representativo do processo de assimilação. ....	47
<b>Figura 2:</b>	Representação gráfica do delineamento experimental. ....	51
<b>Figura 3:</b>	Representação gráfica de onda transversal e onda longitudinal. ...	56
<b>Figura 4:</b>	Representação gráfica da montagem do experimento - cuba de ondas. ....	57
<b>Figura 5:</b>	Representação da formação de um pulso reto. ....	58
<b>Figura 6:</b>	Representação de ondas circulares na água. ....	58
<b>Figura 7:</b>	Representação da reflexão de pulsos retos em uma barreira retilínea. ....	59
<b>Figura 8:</b>	Representação de ondas circulares refletidas em uma barreira retilínea. ....	59
<b>Figura 9:</b>	Imagem da reflexão de ondas em uma barreira curvilínea. ....	60
<b>Figura 10:</b>	Representação da refração na cuba de água na parte funda e na parte rasa. ....	60
<b>Figura 11:</b>	Representação da difração de uma onda plana. ....	61
<b>Figura 12:</b>	Representação de duas fontes pontuais em uma cuba de ondas gerando pulsos circulares. ....	61
<b>Figura 13:</b>	Slides 1 a 4. ....	63
<b>Figura 14:</b>	Slides 5 a 8. ....	63
<b>Figura 15:</b>	Slides 9 e 10. ....	64
<b>Figura 16:</b>	Slides 11 a 18. ....	65
<b>Figura 17:</b>	Slides 19 a 26. ....	66
<b>Figura 18:</b>	Slides 27 a 30. ....	67
<b>Figura 19:</b>	Slides 31 a 33. ....	68
<b>Figura 20:</b>	Slides 34 a 39. ....	69
<b>Figura 21:</b>	Slide 40. ....	70
<b>Figura 22:</b>	Slides 41 e 42. ....	70
<b>Figura 23:</b>	Slide 43 a 45. ....	71
<b>Figura 24:</b>	Página inicial do site “Entendendo o átomo”. ....	72
<b>Figura 25:</b>	Página “Um olhar dentro do átomo”. ....	72
<b>Figura 26:</b>	Página “A radiação eletromagnética. ....	73

<b>Figura 27:</b>	Página “O modelo atômico de Bohr”.	73
<b>Figura 28:</b>	Slides 46 e 47.	74
<b>Figura 29:</b>	Slides 48 e 49.	75
<b>Figura 30:</b>	Slides 50 e 51.	75
<b>Figura 31:</b>	Slides 52 a 54.	76
<b>Figura 32:</b>	Slides 55 e 56.	76
<b>Figura 33:</b>	Slide 57.	77
<b>Figura 34:</b>	Slides 58 e 59.	77
<b>Figura 35:</b>	Página inicial do Applet “Efeito fotoelétrico”.	78
<b>Figura 36:</b>	Slide 60.	78
<b>Figura 37:</b>	Folder sobre a natureza da luz.	79
<b>Figura 38:</b>	Folder sobre a natureza da luz.	80
<b>Figura 39:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 01.	84
<b>Figura 40:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 01.	84
<b>Figura 41:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 02.	85
<b>Figura 42:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 02.	85
<b>Figura 43:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 03.	86
<b>Figura 44:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 03.	86
<b>Figura 45:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 04.	87
<b>Figura 46:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 04.	87
<b>Figura 47:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 05.	88
<b>Figura 48:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 05.	88
<b>Figura 49:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 06.	89
<b>Figura 50:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 06.	89
<b>Figura 51:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 07.	90
<b>Figura 52:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 07.	90
<b>Figura 53:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 08.	91
<b>Figura 54:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 08.	91
<b>Figura 55:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 09.	92
<b>Figura 56:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 09.	92
<b>Figura 57:</b>	Respostas dos testes – grupo controle – Questão 10.	93
<b>Figura 58:</b>	Respostas dos testes – grupo experimental – Questão 10.	93
<b>Figura 59:</b>	Gráfico com o desempenho geral no pré e pós-teste – grupo	

	controle. ....	94
<b>Figura 60:</b>	Gráfico com o desempenho geral no pré e pós-teste – grupo experimental.....	94
<b>Figura 61:</b>	Respostas obtidas na questão 01 do estudo dirigido. ....	96
<b>Figura 62:</b>	Respostas obtidas na questão 02 do estudo dirigido. ....	96
<b>Figura 63:</b>	Respostas obtidas na questão 03 do estudo dirigido. ....	97
<b>Figura 64:</b>	Respostas obtidas na questão 04 do estudo dirigido. ....	97
<b>Figura 65:</b>	Respostas obtidas na questão 05 do estudo dirigido. ....	98
<b>Figura 66:</b>	Respostas obtidas na questão 06 do estudo dirigido. ....	99
<b>Figura 67:</b>	Respostas obtidas na questão 07 do estudo dirigido. ....	100
<b>Figura 68:</b>	Respostas obtidas na questão 08 do estudo dirigido. ....	101
<b>Figura 69:</b>	Respostas obtidas na questão 09 do estudo dirigido. ....	101
<b>Figura 70:</b>	Respostas obtidas na questão 10 do estudo dirigido. ....	102
<b>Figura 71:</b>	Respostas da prova bimestral – Questão 01. ....	103
<b>Figura 72:</b>	Respostas da prova bimestral – Questão 02. ....	103
<b>Figura 73:</b>	Respostas da prova bimestral – Questão 03. ....	104
<b>Figura 74:</b>	Respostas da prova bimestral – Questão 04. ....	105
<b>Figura 75:</b>	Respostas da prova bimestral – Questão 05. ....	106
<b>Figura 76:</b>	Respostas da prova bimestral – Questão 06. ....	107
<b>Figura 77:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 01. ....	108
<b>Figura 78:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 02. ....	108
<b>Figura 79:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 03. ....	109
<b>Figura 80:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 04. ....	109
<b>Figura 81:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 05. ....	109
<b>Figura 82:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 06. ....	110
<b>Figura 83:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 07. ....	110
<b>Figura 84:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 08. ....	110
<b>Figura 85:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 09. ....	111
<b>Figura 86:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 10. ....	111
<b>Figura 87:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 11. ....	111
<b>Figura 88:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 12. ....	112
<b>Figura 89:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 13. ....	112
<b>Figura 90:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 14. ....	112

<b>Figura 91:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 15. ....	113
<b>Figura 92:</b>	Respostas do questionário opinativo – questão 16. ....	113
<b>Figura 93:</b>	Gráfico do desvio padrão para o pós-teste GC e GE. ....	121
<b>Figura 94:</b>	Resultado do teste $t$ obtido através do programa BioStat 4.0. ....	123

## SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO. ....	17
1.1 – O ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. ....	18
1.2 – O que diz os PCN <sub>s</sub> <sup>+</sup> sobre o tema 5: Matéria e Radiação. ....	20
Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. ....	24
2.1 – Categoria 1 – Possibilidades e sugestões de inserção de FMC no EM. ....	25
2.2 – Categoria 2 – O uso da experimentação no ensino de FMC. ....	30
2.3 – Categoria 3 – A formação de professores e o ensino de FMC. ....	32
2.4 – Categoria 4 - O ensino de FMC e a formação cidadã. ....	34
2.5 – Categoria 5 – Perspectivas dos estudantes quanto à inserção de FMC no EM.....	35
2.6 – Categoria 6 – Analogias para os modelos atômicos. ....	36
2.7 – Categoria 7 – A inserção de FMC no EM. ....	37
Capítulo 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA. ....	43
Capítulo 4 – METODOLOGIA. ....	51
Capítulo 5 – DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO. ....	55
Capítulo 6 – RESULTADOS OBTIDOS. ....	83
6.1 – O pré e o pós-testes. ....	84
6.2 – Estudo dirigido. ....	95
6.3 – Prova bimestral. ....	102
6.4 – Questionário opinativo. ....	107
Capítulo 7 – ANÁLISE DOS RESULTADOS. ....	115
7.1 – Análise estatística dos dados obtidos. ....	120
7.1.1 – Desvio padrão. ....	120
7.1.2 – Teste <i>t</i> . ....	121
7.1.2.1 – Teste <i>t</i> para nossas amostras. ....	122
Capítulo 8 – CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS. ....	125
Capítulo 9 – PRODUTO EDUCACIONAL. ....	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	129
APÊNDICE A – Pré e pós-teste. ....	132
APÊNDICE B – Texto: Movimento corpuscular x movimento ondulatório. ....	136
APÊNDICE C – Apostila 01 – Ondas. ....	138
APÊNDICE D – Estudo dirigido 01. ....	156

APÊNDICE E – Apostila 02 – A radiação eletromagnética. ....	158
APÊNDICE F – Roteiro laboratório de Informática. ....	183
APÊNDICE G – Roteiro laboratório de Física – Usando o espectrômetro de mão. ....	185
APÊNDICE H – Estudo dirigido 02. ....	188
APÊNDICE I – Exercício de revisão. ....	193
APÊNDICE J – Prova bimestral. ....	197
APÊNDICE K – Questionário opinativo. ....	200
APÊNDICE L – CD-ROM – Proposição Didática.....	202
ANEXO I – Folders produzidos pelos estudantes. ....	203



## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) Lei 9.394/96 (BRASIL, 1996) estabelece que o ensino médio faz parte da educação básica e “tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (Art.22, Lei nº 9.394/96), explicita que o Ensino Médio é a “etapa final da educação básica” (Art.36), o que concorre para a construção de sua identidade. Assim o Ensino Médio passa a ter a característica da terminalidade, tendo como finalidade assegurar a todos os cidadãos a oportunidade de consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental; aprimorar o educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; possibilitar o prosseguimento de estudos; garantir a preparação básica para o trabalho e a cidadania; dotar o educando dos instrumentos que o permitam “continuar aprendendo”, tendo em vista o desenvolvimento da compreensão dos “fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos” (Art.35, incisos I a IV).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacional (PCNs) (BRASIL,1999) para o Ensino Médio a formação do educando deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação. Propõe o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização. Referente à área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, os PCNs ressaltam que a finalidade da área é possibilitar a aprendizagem de concepções científicas atualizadas no mundo físico e natural e o desenvolvimento de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas, que é indispensável considerar as

ciências e as tecnologias como construções humanas situadas historicamente e que é preciso compreender os princípios científicos presentes nas tecnologias, associá-los aos problemas que se propõe solucionar e resolvê-los de forma contextualizada, aplicando os princípios científicos a situações reais ou simuladas.

Analisando o nosso contexto escolar atual, o que propõe a LDB e os PCNs, percebemos que o ensino de física está distanciado de seu propósito. O que vemos na grande maioria de nossas escolas é um ensino de física desarticulado das descobertas científicas realizadas nos séculos XIX e XX, a seleção de conteúdos a serem trabalhados sendo determinada por vestibulares e livros didáticos, uma grande ênfase à resolução de problemas recheados de cálculos, os conceitos sendo trabalhados de forma estanques, apresentação de fórmulas e leis distante do mundo dos estudantes e vazios de significado. Apresenta o conhecimento como um produto acabado fazendo com que os educandos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a ser resolvido.

Diante do exposto como é possível atingir as principais proposições da LDB e dos PCNs no ensino de física? Para amenizar tal problema propomos a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, algo já estabelecido pelos PCNs.

### **1.1 - O Ensino de Física Moderna e Contemporânea<sup>1</sup> no Ensino Médio**

Ao se propor o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio a primeira pergunta que deve ser feita é: Por que ensiná-la? Isso se faz necessário diante de toda evolução científico-tecnológica na qual estamos imersos e o grande precipício que há entre ela e o conteúdo desenvolvido nas nossas escolas onde o conteúdo está baseado na física

---

<sup>1</sup> Ao se falar de Física Moderna e Contemporânea nos referimos aos conhecimentos físicos desenvolvidos no final do século XIX e no século XX.

desenvolvida entre o século XVII e meado do século XIX. Como podemos atingir o objetivo primeiro da Educação Básica de formar cidadãos críticos e conscientes se negamos aos nossos estudantes meios de avaliar os avanços tecnológicos com os quais convive na sociedade atual?

Terrazzan, (apud, OLIVEIRA e VIANNA, 2004) justifica o ensino de FMC no ensino médio:

“...a tendência de atualizar o currículo de física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo crítico pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo”.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) afirmam que a física no Ensino Médio deve resgatar o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita, que ao ensiná-la devemos estimular o educando a perguntar e não somente a dar respostas idealizadas, que ela deve ser entendida como cultura, como um processo de construção histórica cujas contribuições vêm impulsionado o desenvolvimento de diferentes tecnologias a serviço da sociedade e como possibilidade de compreensão do mundo. Acreditamos que isso só se torna possível dando ao educando uma visão da física desenvolvida até os dias atuais.

Segundo os PCNs<sup>+</sup> (BRASIL, 2002) a física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permita perceber como lidar com os fenômenos naturais e tecnologias, presentes no cotidiano, de forma contextualizada, em articulação com competências de outras áreas, de forma a mostrar que o conhecimento proporcionado por ela possa se transformar em uma ferramenta nas formas de pensar e agir. Nessa perspectiva se torna indispensável o ensino de FMC para permitir aos jovens uma compreensão mais abrangente do mundo em que vivem, uma vez que o uso correto dos produtos de novas tecnologias é imprescindível para uma melhor qualidade de vida para todos.

Os PCNs<sup>+</sup> apresentam as principais competências a serem desenvolvidas no Ensino Médio e para o desenvolvimento das competências e habilidades por eles delineados, sugerem 6 temas estruturadores a serem desenvolvidos durante todo o Ensino Médio.

Nosso trabalho de pesquisa apresenta ações que foram realizadas no intuito de aplicação do tema estruturador 5 (cinco): matéria e radiação, que apresenta competências relacionadas à compreensão de tópicos de FMC.

### **1.2 - O que diz os PCNs<sup>+</sup> sobre o tema 5: matéria e radiação**

No tema estruturador 5 os PCNs<sup>+</sup> propõe uma subdivisão em unidades com 4 subtemas: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática.

Segundo os PCNs<sup>+</sup> o cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações e nos avanços na área da microtecnologia. Para eles a introdução de assuntos como esses no ensino médio possibilita a promoção nos jovens de competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática. Defende um duplo enfoque: por um lado, discutindo os modelos de constituição da matéria, incluindo o núcleo atômico e seus constituintes; por outro, caracterizando as radiações que compõem o espectro eletromagnético, por suas diferentes formas de interagir com a matéria.

LOBATO e GRECA (2005) em seu trabalho de pesquisa comprovaram que a necessidade da inserção de tópicos de FMC é um consenso entre físicos e professores de todo o mundo, o que nos resta é saber como pôr em prática essa inserção. Segundo MENEZES (2000) é preciso que sejamos cautelosos ao propormos a inclusão desses novos conteúdos, uma vez que encontramos em nossas escolas professores despreparados e textos escolares desguarnecidos, para ele ainda é preciso algum tempo para que seja compreendida a necessidade da inclusão e que ela seja aceita.

MEDEIROS (2007) nos apresenta uma contra-argumentação aos que são contrários à inserção da FM (física moderna) que expressa bem nossa opinião sobre o assunto. Ele cita que os argumentos usados por essa vertente de professores vão “desde a dificuldade causada pelo caráter abstrato da física moderna, da profunda matematização de seus conteúdos até a situação vexatória em que se encontra atualmente o próprio ensino de física clássica nas escolas”. Ele refuta estes argumentos com a defesa de que o caráter abstrato e o corte com o senso comum também está presente na FC (física clássica), porém não é tão bem notada porque nos acostumamos com ela ao ponto de acharmos simplista. Quanto ao segundo argumento afirma que o que se pretende introduzir da FM não deve ser sua matematização e sim o caráter revolucionário de seus conceitos e leis. Quanto ao terceiro argumento para ele é notório que o ensino clássico da física vai mal, mas o que é necessário para mudá-lo, tanto na visão Clássica como Moderna, é que esse seja pautado pelo bom senso, por uma adequação dos conteúdos lecionados ao nível de compreensão dos estudantes.

Para MEDEIROS (2007) a solução para tal problema seria que, nós professores, perdêssemos o medo de lecionar determinados conteúdos que não estamos familiarizados ou que por vários motivos não queremos estudar, pois só assim cumpriríamos nossa responsabilidade social de lecionar conteúdos mais modernos para que nossos estudantes

possam interpretar criticamente o mundo ao seu redor, mundo esse repleto de ciência e tecnologia.

Diante do que expusemos temos como proposta construir um programa de aulas para pôr em prática a aplicação do tema estruturador 5, matéria e radiação, repleto de temas de Física Quântica, no 2º ano do Ensino Médio, de forma que os estudantes aprendam significativamente tanto os conteúdos clássicos como modernos. Apresentamos a seguir o estudo que foi desenvolvido para atingir tal objetivo.

O estudo foi estruturado da seguinte forma:

*Revisão bibliográfica:* para a revisão foi feito o levantamento de artigos sobre o tema, publicados no período de 1996 a 2006 nos periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física (Brasil), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Brasil), Investigações em Ensino de Ciências - eletrônica (Brasil), Enseñanza de las Ciencias (Espanha) e Ciência & Educação (Brasil), além da tese de doutorado de Eduardo Terrazzan (1994).

*Fundamentação teórica:* o marco teórico por nós utilizado foi a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que, segundo ele, é um processo em que uma nova informação se relaciona de forma não literal e arbitrária a um aspecto relevante na estrutura cognitiva do aprendiz, chamado de conceito subsunçor. Para Ausubel para que a aprendizagem significativa ocorra é necessária a presença de três elementos: o subsunçor na estrutura cognitiva do aprendiz, a predisposição do mesmo em aprender e o uso de um material didático potencialmente significativo.

*Metodologia:* no decorrer do 2º semestre de 2007 foram ministradas as aulas planejadas de forma a possibilitar a aprendizagem significativa de tópicos de FMC procurando estabelecer uma ligação entre a FMC e aspectos do cotidiano.

*Desenvolvimento do estudo:* descreve a condição de realização do estudo no Centro de Ensino Médio Ave Branca de Taguatinga - DF e a preparação do material aplicado em sala de aula. Caracteriza as turmas na qual o estudo é realizado e a maneira como o material foi aplicado nas turmas em questão. Apresentamos todas as etapas e atividades pedagógicas que fizeram parte do nosso projeto de pesquisa.

*Resultados obtidos:* nesta etapa do trabalho apresentamos os dados levantados através do pré e pós-teste nas turmas onde foi realizado o estudo em questão, os resultados obtidos na realização de um estudo dirigido e na prova bimestral, aplicados no grupo experimental com o objetivo de confirmar os dados obtidos e um questionário opinativo, aplicado no mesmo grupo, com o intuito de colher as impressões dos estudantes sobre o estudo realizado.

*Análise dos dados e Discussão:* apresenta os comentários e análise estatística sobre os resultados obtidos a partir dos dados coletados durante o estudo.

*Conclusão:* são comentados os resultados obtidos, considerando o contexto do desenvolvimento do trabalho e feitas considerações sobre a possibilidade de implementação da proposta, principalmente nas escolas da rede pública de ensino do Distrito Federal.

*O produto educacional:* material de uso do professor, contendo slides abordando os temas centrais de FMC aplicados ao estudo de ondas, roteiros propondo atividades no laboratório de ciências e atividades virtuais no laboratório de informática e texto de apoio ao estudante contendo os conteúdos abordados.

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para realizarmos a revisão bibliográfica pesquisamos artigos no período de 1996 a 2006 nos seguintes periódicos: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Investigações em Ensino de Ciências (eletrônica), Enseñanza de las Ciencias, Física na Escola, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e Ciência & Educação. Além dos artigos desse período analisamos a tese de doutorado de Eduardo Terrazzam (1994) devido à suas grandes contribuições para a inserção de tópicos de Física Moderna Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) e atas do 3º, 4º e 5º ENPEC (Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências) e do VIII e IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências.

Nesses periódicos encontramos 18 artigos que abordam temas relevantes à nossa pesquisa. Dentre eles fizemos uma catalogação de acordo com o assunto abordado pelo(s) autor(es), assim chegamos a sete categorias.

As categorias estabelecidas são:

1. Possibilidades e sugestões de inserção de FMC no EM (5 artigos);
2. O uso da experimentação no ensino de FMC (5 artigos);
3. A formação de professores e o ensino de FMC (2 artigos);
4. O ensino de FMC e a formação cidadã (1 artigo);
5. Perspectiva dos estudantes quanto à inserção de FMC no EM (1 artigo);
6. Analogias para os modelos atômicos (1 artigo).
7. Revisão bibliográfica sobre a inserção de FMC no EM (3 artigos);



## **2.1- Categoria 1 - Possibilidades e sugestões de inserção de FMC no EM**

PINTO e ZANETIC (1999) apresentam algumas reflexões sobre uma experiência educacional aplicada em turmas do 2º ano do EM em uma escola da rede pública de ensino do estado de São Paulo, do turno noturno, com o intuito de investigar a possibilidade de inserção de tópicos de Física Quântica (FQ) no EM, analisando a utilização de diferentes interpretações e da História e Filosofia da Ciência como estratégia de ensino. Eles realizaram uma experiência de introdução cultural e conceitual do tema ‘caráter dual da luz’ e um esboço de análise preliminar de investigação de perfis epistemológicos com base nos estudos de Gaston Bachelar. Para tanto elaboraram um teste para tentar esboçar o perfil epistemológico dos estudantes com o objetivo de levantar suas tendências filosóficas e construíram um gráfico para cada um deles que foi utilizado no decorrer das aulas.

Para a intervenção os autores preparam um mini-curso, nas aulas regulares, desenvolvido em doze aulas abordando diversas formas do conhecimento físico: a descrição histórica da luz, o aspecto filosófico, atividades experimentais e atividades lúdicas. Ao final de cada aula o professor-pesquisador fez anotações em um diário relatando o desenvolvimento da mesma. Como meio de avaliação os autores optaram por um sistema mais aberto constituído de ‘perfil epistemológico’, trabalhos culturais e relatório de curso.

Para PINTO e ZANETIC (1999) este trabalho reforça que a História e a Filosofia da Ciência podem facilitar a construção conceitual e cultural da física a ser trabalhada no EM.

Ao final desta experiência os autores, apesar de notarem muitas falhas no teste utilizado, concluíram que a mesma permite que os estudantes interajam com uma física associada a outras produções culturais contemporâneas e que o esboço do perfil epistemológico permite apresentá-los um referencial histórico e filosófico para as novas concepções da natureza da luz.

O trabalho dos autores buscou principalmente aproximar o conhecimento da FM do estudante do EM, notaram que a produção de trabalhos culturais para a divulgação da FQ mostrou-se uma forma de resgatar o interesse pelo estudo da física e que apesar da maioria deles terem tido contato com pouca FQ houve a compensação pelo fato de não terminarem o século sem terem sido apresentados à física nele desenvolvida. Com essa experiência eles acreditam ainda mais na possibilidade de inserção de FQ no EM.

LOBATO e GRECCA (2005) apresentam a pesquisa por elas realizada com o objetivo de saber acerca do currículo de física para o ensino secundário (ES), sobretudo no que diz respeito à teoria quântica (TQ). As autoras fizeram um levantamento do currículo das escolas de ES de vários países: Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá, Austrália e Portugal e analisaram a maneira como os conteúdos de TQ estão sendo introduzidos no ES, como se articulam com outros conceitos mais clássicos e a relevância que lhes é dada.

LOBATO e GRECCA (2005) concluíram que os assuntos: dualidade, níveis de energia, experiência da dupla fenda, efeito fotoelétrico e princípio da incerteza são abordados em todos os currículos e que os mesmos incluem aplicações tanto teóricas como tecnológicas da TQ. Elas defendem a necessidade de se realizarem pesquisas para saber se os conteúdos escolhidos e as novas propostas de trabalho conseguem contribuir para que os estudantes entendam melhor o mundo microscópico, ao invés de usar a abordagem tradicional, e ressaltam a necessidade de trabalhos de investigação com o objetivo de melhor preparação científica dos professores que venham a se dedicar ao ensino da TQ.

BROCKINGTON e PIETROCOLA (2005) analisaram os requisitos necessários para a inserção de Mecânica Quântica (MQ) no Ensino Médio (EM). Segundo eles, se o professor compreender melhor como a produção científica migra da comunidade acadêmica para a sala de aula ele estará mais capacitado para propor alternativas que garantam uma inserção efetiva dos conceitos de Física Moderna para o EM. Apresentam a idéia da transposição didática,

proposta por Chevallard e a visão de outros autores, como Alves filho, Ofugi, Altolfi, entre outros sobre essa idéia.

A partir das análises das idéias da transposição didática e sua relação com o ensino de FMC os autores concluem que para sua inserção no EM é necessário a supressão de alguns conteúdos/ênfases em benefícios de outros, que a introdução desses conteúdos deve ser feita através de uma transposição didática centrada em atividades que tenha maior ênfase na argumentação de cunho filosófico, privilegiando o debate e as características mais qualitativas do conhecimento, o que seria capaz de contornar os obstáculos gerados pelas representações probabilísticas e pelo formalismo matemático presente nos temas a serem desenvolvidos.

MARQUES e CALUZI (2005) abordam em seu artigo o papel da História da Ciência no ensino de Ciências e como ela pode contribuir para o ensino de tópicos de FMC. Os autores apresentam as principais contribuições para o seu uso, mostrando argumentos favoráveis e contrários ao seu uso. Defendem a necessidade de inserção de tópicos de FMC no EM e apresentam como a História da Ciência pode contribuir para que isso se efetive, sobretudo na temática modelo atômico de Bohr.

Para eles a História da Ciência deve servir como apoio aos conteúdos abordados, porém, para isso é preciso que o professor tenha um bom preparo acadêmico para saber promover e fundamentar as contextualizações da Ciência com seus estudantes.

PAULO e MOREIRA (2004) apresentam o resultado de uma pesquisa com estudantes com o objetivo de saber se a ondulatória clássica constitui um obstáculo epistemológico para a construção do modelo onda-partícula.

A pesquisa foi realizada em 2 etapas: em 2001 foi incluído o tópico experimento da dupla fenda em três turmas da 1<sup>a</sup> série do EM onde, anterior à abordagem, foram ministradas aulas sobre mecânica ondulatória, dando ênfase aos fenômenos de difração, interferência, construção histórica dos modelos sobre a natureza da luz; em 2003 foi refeita com turma de

2º ano, porém sem que tenham sido ministradas, anteriormente, aulas sobre mecânica ondulatória.

Através da análise das respostas dos estudantes em avaliações escritas e usando a técnica de análise fenomenológica os autores concluíram que as evidências sugerem que eles aprenderam estruturando conceitos importantes para a compreensão do mundo quântico; que após a aplicação da metodologia pareceram adquirir a consciência de que a ciência não é constituída por verdades absolutas; que a abordagem com aulas introdutórias sobre mecânica ondulatória pareceu não influenciar criticamente a compreensão e construção dos conceitos quânticos já que os resultados nas duas etapas foram bastante similares: eles parecem não se interessarem pelo conhecimento científico se não lhes é mostrado uma ponte entre este e o mundo ao seu redor; se não houver orientação por parte do educador, a relação ente a FC e a MQ pode produzir extrapolações de maneira errônea gerando uma aprendizagem que pode ser significativa, mas inadequada; deve-se repensar a formação dos professores que atuam nas escolas da educação básica e a teoria educacional proposta precisa de aplicabilidade.

TERRAZZAN (1994) em sua tese de doutorado defende uma reformulação no currículo de física na escola de nível médio para corrigir a desatualização dos currículos nas áreas de Ciências Naturais e para isso propõe o seu ensino articulado com as outras ciências, de forma que a escola possa cumprir o seu papel de formar cidadãos ativos com informações científicas básicas para que o estudante saiba avaliar e opinar sobre as várias questões de cunho científico envoltas no nosso cotidiano.

Segundo TERRAZZAN (1994) os conteúdos de FMC são uma necessidade vital de nossos currículos, devido à sua grande importância na constituição da física e uma vez que não se pode discutir o seu papel na sociedade atual sem o mínimo entendimento dos temas relativos à produção científica na atualidade.

A principal questão levantada pelo autor é como deve se dar a inserção desses conteúdos se atualmente “poucos professores estão ou se sentem preparados adequadamente para o exercício profissional num sistema escolar, com as peculiaridades do nosso”(p. 40) e é grande a falta de material didático-pedagógico produzido.

Segundo ele outro fator que deve ser levado em conta é a seleção dos conteúdos a serem trabalhados. Para tentar solucionar essa questão ele fez um levantamento metodológico na área de ensino de física e identificou três vertentes representativas de todo o conjunto. São elas: exploração dos limites dos modelos clássicos; evitar referências aos modelos semiclássicos e a escolha de tópicos essenciais. Para ele a melhor postura diante dessas três opções é uma “abertura para adoção de metodologia mais adequada ao desenvolvimento de cada área temática, e não uma exclusividade metodológica para desenvolver todo e qualquer tópico” (p. 82).

TERRAZZAN (1994) defende que apesar de existirem dificuldades na inserção de tópicos de FMC no EM elas não são maiores do que a aprendizagem de vários conceitos da Física Clássica, assim o problema se transfere para a questão da postura pedagógica do professor se fazendo necessário que ele tenha uma visão mais ampla sobre a política educacional; tenha um domínio razoável e amplo sobre o conteúdo específico da física e sobre as abordagens metodológicas possíveis para o tratamento destes conteúdos, assim como o discernimento sobre as alternativas epistemológicas que possam sustentar novas posturas pedagógicas e novos enfoques didáticos.

Os artigos analisados nesta categoria comprovam a necessidade de inserção de tópicos de FMC no EM de forma a possibilitar ao estudante uma melhor compreensão do mundo em que vive e que para isso o professor pode utilizar estratégias de ensino que o auxiliem. Porém, ao mesmo tempo, nos mostram que essa não é uma tarefa fácil. Os autores deixam claro que para alcançar o sucesso nessa empreitada é necessário que o professor tenha em mente a busca

constante do conhecimento e de estratégias que possam auxiliá-lo nessa tarefa que há muito se faz necessária.

## **2.2 -Categoria 2 - O uso da experimentação no ensino de FMC**

VALADARES e MOREIRA (1998) apresentam sugestões de experimentos simples e acessíveis sobre efeito fotoelétrico, o laser e a emissão do corpo negro para apresentar aos estudantes do EM conceitos básicos de FM e a física do cotidiano.

CAVALCANTE et. al (1999, a) apresentam uma proposta experimental para estudar fenômenos de interferência, difração e abordar a espectroscopia utilizando material caseiro. Os autores justificam a escolha do tema baseado na necessidade de inserção de FMC no EM que justifica-se pela necessidade de compreensão dos fatos, equipamentos e a tecnologia envolta no cotidiano dos estudantes.

Descrevem as etapas de construção de espectroscópio utilizando laser, CD e garrafa PET. Segundo os autores através desse experimento é possível tratar de assuntos dentro da FMC como difração de elétrons em cristais, dualidade de fótons e elétrons, holografias, espectros, etc., porém não apresentam os resultados de aplicação dos experimentos com estudantes do EM.

CAVALCANTE e TAVOLARO (2001) apresentam o projeto por elas desenvolvido, com a pretensão de dar algumas opções de como inserir FMC no EM. Elas optaram por uma maior atenção ao estudo do comportamento dual, trabalharam com a FMC como complementação à FC trabalhando no limite da óptica geométrica e a óptica física. A oficina por elas apresentada é sistematicamente oferecida pela Escola do Futuro da Universidade de São Paulo (USP). Um dos objetivos da oficina é mostrar o nascimento da Mecânica Quântica e sua importância para o homem moderno. O trabalho por elas desenvolvido inicia-se pela diferenciação do movimento corpuscular e ondulatório, num segundo momento discutem os

tipos de ondas e em particular as ondas eletromagnéticas, trabalham com os fenômenos de interferência e difração usando transparências, laser e cílios postiços para demonstrar o fenômeno da difração. Na terceira etapa propõem a análise de espectros contínuos e discretos numa rede de difração de um CD, analisam o comportamento dual da luz usando o efeito fotoelétrico (experimento com célula fotoelétrica e “applet”) e o comportamento dual da matéria (Louis de Broglie) usando a simulação do experimento de Thomson.

As autoras concluíram que é possível garantir uma inserção gradativa dos estudantes, de qualquer área do conhecimento, no estudo das inovações tecnológicas do século XX e suas interferências no cotidiano do homem moderno.

CATELLI e PEZZINI (2002) propõem a construção de um espectroscópio utilizando CD e caixa de creme dental para trabalhar o modelo atômico de Bohr. Os autores descrevem uma proposta de utilização do material, mas não apresentam resultados de aplicação prática do mesmo.

CAVALCANTE et. al (2001, b) propõem uma metodologia na abordagem da descoberta do núcleo atômico utilizando recursos computacionais disponíveis na internet e apresentam um experimento realizado em um tabuleiro onde são analisadas as interações entre um projétil e o tabuleiro para se fazer um estudo sobre as leis de conservação da energia e momento, e sugerem alguns experimentos virtuais, tais como: o espalhamento de Rutherford e a simulação do experimento de Geiger-Marsden.

Segundo os autores os principais objetivos do estudo por eles desenvolvidos são: a) fazer uma interligação direta entre o experimento proposto sobre colisões e a descoberta do núcleo atômico feita por Rutherford; b) contornar algumas dificuldades dos estudantes no entendimento da representação gráfica da curva de espalhamento e c) a identificação e inserção da física desenvolvida no século XX, porém não trazem dados da aplicação da proposta no EM.

Os artigos dessa categoria apresentam experimentos simples, com materiais acessíveis à grande maioria das escolas de EM do nosso país. Apesar de não apresentarem dados estatísticos de aplicações práticas dos mesmos, acreditamos que é possível a utilização de experimentos reais e virtuais para demonstrar aos nossos educandos, na prática, a física produzida a partir do século XX, uma vez que é possível construí-los com materiais de baixo custo e através de simulações computacionais, sem a necessidade de equipamentos sofisticados, e na grande maioria das vezes, longe do alcance de professores e estudantes do EM. Porém, notamos que são vários os autores que propõem o uso de experimentação, mas não apresentam resultados da aplicação prática em sala de aula em classes de EM, assim cabe a nós a tarefa de verificar a viabilidade e a receptividade dos estudantes frente a uma proposta de experimentação, tanto real como virtual.

### **2.3- Categoria 3 - A formação de professores e o ensino de FMC**

OSTERMANN e RICCI (2005) relatam a experiência de introdução da disciplina “Tópicos de FMC I” na 2ª turma de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde foram trabalhados conceitos centrais da Física Quântica (FQ) com uma abordagem qualitativa, enfatizando aspectos conceituais e filosóficos e o uso de “softwares” livres. Os autores concluíram que é necessária a introdução de tópicos de FMC no EM, porém que são discretas as iniciativas de formação do professor. Acreditam na possibilidade da transposição didática de FQ para o EM sem necessidade de apelo a analogias semi-clássicas da “antiga” (grifo das autoras) FQ e que a utilização de “softwares” é fundamental para que o professor desempenhe o papel de articulador, instigando o estudante a explorar todas as possibilidades oferecidas pelo recurso. Eles justificam o uso desses “softwares” devido à natureza dos experimentos abordados, pois



os mesmos necessitam de experimentos sofisticados e de difícil implementação para fins meramente didáticos.

TERRAZAN (2002) apresenta algumas reflexões sobre um projeto/experiência que procura contribuir para os processos de colaboração/parceria entre a universidade e a escola básica, trata-se do GTPF (Grupo de Trabalho de Professores de Física) em parceria com o Núcleo de Educação em Ciências (NEC) do Centro de Educação (CE) da UFSM. Seu objetivo principal é implementar e avaliar algumas alterações na programação curricular da disciplina de física no EM, visando à inserção de tópicos de FMC. Assim o GTPF está articulado a um projeto de pesquisa chamado “Atualização curricular no ensino de física e a formação continuada de professores”. Esse grupo é composto de professores do EM de Santa Maria, professores em formação inicial, estudantes de graduação em Licenciatura em Física da UFSM e da pós-graduação do Mestrado em Educação, docentes da UFSM do NEC e pesquisadores em Educação em Ciências.

Os objetivos do grupo são: promover o aprofundamento conceitual e técnico-metodológico dos participantes do grupo no campo da física, da didática e da pedagogia; capacitar os participantes do grupo para a tomada de decisões no campo profissional da docência; promover a melhoria das práticas pedagógicas relativas ao ensino de física, nas escolas de EM da região de Santa Maria.

Durante o trabalho foi feita a incorporação de FMC nos módulos didáticos das três séries, e constataram que alguns professores demonstraram ter grandes dificuldades de compreensão dos conteúdos de FM. Eles construíram materiais de divulgação científica que se apresentaram como uma boa alternativa para os professores ao suprir a falta de materiais didáticos referentes à FMC e possibilitou espaços para a prática de leituras geradoras de discussão e formadoras de opinião, além de contribuir na formação da cidadania.

O autor acredita que o desenvolvimento de temas de FMC propicia/favorece aos professores a percepção da necessidade de aperfeiçoamento, no sentido de acompanhar criticamente a evolução de ciências e da tecnologia e de se aperfeiçoarem enquanto profissionais.

Nessa categoria notamos uma unanimidade entre os autores quanto à necessidade de uma melhor formação de professores para pôr em prática a inserção de FMC no EM. Notamos que poucas são as iniciativas que se propõem a realizar tal tarefa, apesar dos grandes entraves percebidos pelos autores em relação às dificuldades dos professores em compreender e trabalhar os tópicos de FMC. Assim tornam-se imprescindíveis trabalhos de pesquisa que auxiliem o professor nessa nova perspectiva de ensino.

#### **2.4 - Categoria 4 - O ensino de FMC e a formação cidadã**

CAVALCANTE (1999) discute em seu artigo fatores que influenciam o ensino de FM no EM de forma a possibilitar ao estudante o pleno exercício da cidadania.

O primeiro questionamento feito pela autora é “como agir sem o conhecimento da realidade que nos rodeia?”. Segundo ela o exercício da cidadania é baseado no conhecimento das atuais formas de linguagem e no domínio dos princípios científicos e tecnológicos que agem na produção moderna, assim sendo, não podemos ignorar a necessidade de ensinar uma nova física, entretanto, segundo ela, nós professores não estamos preparados para isso.

CAVALCANTE (1999) cita o fato de vários livros didáticos apresentarem temas de FM, geralmente no final do último volume do 3º ano, o que muitas vezes contribui para que não sejam trabalhados em sala de aula. Para ela deve-se redimensionar as diretrizes do “Ensinar a Física”. Como argumentação ela cita Robert Resnick que afirma que a nova física deve levar em conta três palavras: “overview” (deve-se dar uma visão geral da FC), “Spread” (deve-se espalhar temas de FM ao longo do curso e que isso pode ser feito paralelamente aos

conceitos de FC) e “broaden” (deve ser dada maior relevância aos aspectos históricos de evolução do pensamento científico).

Ela concluiu que deve ser feita uma atualização, tanto no EM quanto na graduação, dos mecanismos utilizados para se ensinar física e que o curso de graduação deve levar o estudante a conhecer e utilizar aplicativos/software de simulação e sistemas de aquisição de dados utilizados nos sistemas educacionais e de pesquisa.

Sendo a função do EM formar cidadãos conscientes e participantes da sociedade em que vive, acreditamos, assim como a autora, imprescindível que os estudantes tenham contato com a física produzida a partir do século XX.

Como ele poderá questionar a utilização do conhecimento produzido dentro da sociedade em que vive se não possuir acesso a ele? Dessa forma torna-se necessário que a escola ofereça ao estudante o conhecimento mínimo para que ele possa avaliar o uso de algumas tecnologias atuais do mundo no qual vive, de forma que possa decidir, conscientemente, o seu uso ou não.

## **2.5 - Categoria 5 - Perspectiva dos estudantes quanto à inserção de FMC no EM**

ABREU e CARVALHO (2005) fizeram uma categorização das justificativas para a inserção de FMC no EM apresentadas pelos autores revisados por Ostermann e Moreira. Essas categorias são: a) possibilidades de posicionamentos críticos, b) via de acesso a tecnologias atuais, c) atendimento à necessidade de atualização curricular, d) favorecimento à opção pela carreira científica, e) favorecimento da componente histórico-cultural e f) favorecimento à compreensão sobre a ciência.

No segundo momento, com o objetivo de conhecer como os estudantes justificaram a pertinência da FMC no currículo básico, eles promoveram para um grupo de estudantes voluntários, uma série de atividades planejadas para dar a idéia do que trata a FM. Para a

realização da atividade eles separaram os 35 estudantes em turmas com 12 componentes, e realizaram experimentos sobre efeito fotoelétrico, espectro de gases e laser utilizando materiais como: banco óptico, lâmpada de Mercúrio, fotocélula, tubos de espectro, espectrômetro-goniômetro, rede de difração, laser e geradores de função ligados a dois alto-falantes. Para melhor compreensão das atividades eles fizeram, antes das atividades experimentais, uma rápida explanação sobre questões históricas e conceituais sobre MQ.

Do conjunto de estudantes que participaram da atividade proposta, onze deles fizeram parte de uma entrevista coletiva. Os autores apresentaram no artigo a fala de seis deles para sintetizar o significado da experiência e obter indicações sobre justificativa para a inserção de FMC no EM.

Durante a entrevista os autores perceberam que as expressões dos estudantes estavam de acordo com as justificativas para a inserção de FMC no EM e foram compatíveis com as categorias constituídas; e que vários dentre eles enfatizaram aspectos de suas motivações e o desejo de continuarem adentrando no terreno da Física Moderna, o que sugere uma possibilidade real para o ensino.

Percebemos aqui que os estudantes estão interessados nesse conteúdo da física que é a FMC, cabe ao professor aproveitar essa motivação em conhecer o novo e apresentá-la a eles, de uma maneira interessante e motivadora de forma que ele queira aprender sempre mais sobre física.

## **2.6 - Categoria 6 - Analogias para os modelos atômicos**

SOUZA et. al (2006) apresentam o resultado de sua pesquisa com estudantes do EM com intuito de saber como esses compreendem os modelos atômicos de Thomson e de Bohr, a partir das analogias usadas para representá-los. Para isso foi aplicado um questionário escrito

contendo três questões a 99 estudantes, do 1º ano do EM, da rede pública e particular de ensino de Belo Horizonte – MG.

A partir da análise e categorização das respostas, sobre os modelos atômicos, dadas pelos estudantes, eles concluíram que a maioria deles: conhece as analogias; não estabelece as principais relações analógicas; não identifica as suas limitações dos modelos analisados; não os distinguem e não os caracterizam corretamente.

Os autores acreditam que os resultados obtidos se deve ao fato dos estudantes terem uma única idéia de como é o átomo, por não estarem habituados a pensar criticamente o que lhes é ensinado, não entenderem o significado das analogias utilizadas e não distinguirem diferentes modelos atômicos históricos. Como consequência tem-se a criação, por parte deles, de um modelo híbrido constituído de partes distintas de diferentes modelos atômicos reunidos como se fosse um todo.

Segundo os autores a dificuldade dos estudantes em trabalhar com os modelos atômicos se deve ao fato de professores e livros didáticos não atribuírem a devida importância à história da ciência e por não discutirem o significado do modelo atômico, por que foi elaborado, em qual o contexto era aceito e por que foi modificado ou substituído, o que permaneceu do modelo anterior, quais seus novos atributos, como e por que passou a ser mais aceito que o anterior. Assim a introdução dos aspectos históricos e filosóficos contribuiria para a compreensão de como o conhecimento científico se desenvolve.

## **2.7 - Categoria 7 - Revisão bibliográfica sobre a inserção de FMC no EM**

OSTERMANN e MOREIRA (2000) apresentam uma revisão bibliográfica em artigos, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações em sites da Internet que abordam a questão da FMC no EM, apresentando a visão de vários autores sobre o tema, onde destacam seis aspectos de grande relevância:

1. Justificativas para inserção de FMC no EM;
2. Questões metodológicas, epistemológicas e históricas referentes ao ensino de FMC, estratégias de ensino e currículo;
3. Concepções alternativas dos estudantes sobre os tópicos de FMC;
4. Temas de FMC apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de EM;
5. Propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem;
6. Livros didáticos que inserem temas de FMC.

Eles apresentam três vertentes representativas de abordagens metodológicas para introdução de FMC no EM. A primeira defende a exploração dos limites clássicos em uma abordagem construtivista através do currículo que envolva os estudantes em ‘atividades’ e os coloca em situações problemas nas quais o conhecimento pode ser (re)construído, defende a exploração dos limites clássicos como estratégia para a introdução de novos tópicos. A segunda vertente é a da não utilização de referência aos modelos clássicos, que considera que a aprendizagem de FM é dificultada porque o ensino, frequentemente, usa analogias clássicas. E a terceira vertente é a escolha de tópicos essenciais, que propõe que poucos conceitos devem ser ensinados no nível médio, buscando a sustentação na FC para a abordagem de tópicos de FM e para isso, deve-se buscar na FC apenas o essencial para que o tópico proposto seja compreendido.

Além das três vertentes mencionadas, OSTERMANN e MOREIRA (2000) apresentam a visão de outros autores que demonstram outras vertentes metodológicas possíveis, porém, concluem que é escassa a literatura a respeito dessas questões metodológicas sobre o ensino de FMC nas escolas e que há várias divergências a respeito de que caminho deve ser seguido.

Outro fator que os autores analisam são as várias visões a respeito das concepções alternativas sobre tópicos de FMC; eles notaram que é reduzido o número de publicações que

tratam o tema e que, em geral, as concepções alternativas foram associadas a erros conceituais dos livros-texto e informações veiculadas pela mídia.

Os autores apresentam uma lista de temas que aparecem na literatura como divulgação científica ou como bibliografia de consulta para professores e estudantes. Nessa lista há uma maior concentração de referências nos seguintes temas: relatividade, partículas elementares e MQ. Eles classificaram essas referências como sendo a apresentação de um tema de FMC ou a apresentação de alguns aspectos de um tema sobre FMC e discussão sobre questões de ensino. Sobre esses tópicos eles chegaram à conclusão que muitas áreas importantes de FMC são pouco exploradas, assim é preciso aumentar o número de tópicos de FMC que os textos abordam e elaborá-los de maneira mais crítica e com maior comprometimento com a melhoria de ensino.

Eles também relatam propostas testadas em sala de aula, com apresentação de resultados, a respeito da aprendizagem sobre MQ, armas nucleares e raios cósmicos e a análise de livros didáticos para o EM que abordam FMC e como essa abordagem é feita. Nesse quesito concluíram que é necessário o amadurecimento da linha de pesquisa “FMC no EM” (grifo dos autores), que é desafiador colocar todas as reflexões sobre as justificativas em favor da atualização curricular em sala de aula, como deve ser a escolha de temas de FMC que deveriam ser ensinados nas escolas médias e quais deveriam ser objeto de especial atenção na formação de professores.

Para determinar a lista de tópicos de FMC que deveriam ser abordados no ensino médio Ostermann e Moreira (apud OSTERMANN e MOREIRA, 2000) fizeram um estudo Delphi com a finalidade de obter uma lista consensual entre físicos e professores de física do EM e chegaram à seguinte lista: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis da conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem

do universo, raios-x, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, “Big Bang”, estrutura molecular e fibras ópticas.

GRECCA e MOREIRA (2001) apresentam o resultado de uma revisão da literatura sobre o ensino de conteúdos introdutórios de MQ, para tanto eles classificaram os artigos encontrados em três grupos: concepções dos estudantes a respeito de conteúdos de MQ, críticas aos cursos introdutórios de MQ e propostas de novas estratégias didáticas. O segundo e o terceiro grupos estão centrados nos cursos introdutórios em nível médio, que é o nosso foco de interesse, e em nível universitário.

Sobre as concepções prévias dos estudantes a respeito de conteúdos de MQ eles chegaram à conclusão de que os artigos dessa categoria mostram que as pesquisas sobre as formas como os estudantes percebem os fenômenos descritos pela MQ ou sobre como entendem os conceitos estão apenas começando a aparecer, que os tópicos tratados ainda são poucos, deixando de lado questões importantes e que os conceitos quânticos abordados dificilmente são compreendidos pelos estudantes pesquisados.

Quanto aos artigos que criticam os cursos introdutórios de MQ, eles são unânimes na crítica quanto à forma “ineficiente” em que os conteúdos de MQ são apresentados/ensinados.

Na terceira categoria, as propostas didáticas, os artigos têm como ponto central o questionamento: “como melhorar o ensino de MQ?”. Para o EM os autores classificaram essas propostas em quatro abordagens: histórico-filosófica; estabelecimentos de elos com a FC; apresentação da MQ sem elos com os conceitos clássicos e abordagem experimental. Segundo os autores é difícil dizer qual dessas abordagens é a melhor, pois cada uma das quatro salienta aspectos diferentes a serem ensinados. Outra diferença, por eles destacada, é quanto tempo deve ser dedicado a cada proposta. Para GRECCA e MOREIRA (2001) a avaliação dessas abordagens se torna difícil devido à ausência de explicitação do referencial pedagógico em que estão inseridas e no fato de várias delas não apresentarem avaliações que



possam ser comparáveis. Uma diferença marcante destacada por eles refere-se à questão da inserção no EM, pois enquanto países da Europa e nos Estados Unidos estes conteúdos já estão inseridos no currículo de nível médio, no Brasil ainda continuamos a discutir como tornar efetiva essa inserção.

REZENDE JÚNIOR e CRUZ (2003) fazem vários questionamentos acerca da introdução de FMC no EM, o primeiro de seus questionamentos é quanto à profundidade adequada dessa inserção, pois segundo eles existem problemas referentes à formação de professores e ao número reduzido de obras didáticas que envolvam FMC dentro de uma abordagem que possibilite uma efetiva formação social, científica e cultural.

Outro questionamento que os autores fazem é o de “como articular estes novos conhecimentos com os adquiridos anteriormente ou simultaneamente?”. Eles sugerem a necessidade de uma discussão sobre a natureza conceitual dos tópicos que Ostermann e Moreira apresentam sobre temas e tópicos de FMC que poderiam estar presentes no EM. Eles defendem que seria necessário que esses tópicos fossem clareados e que fosse trazido à tona aspectos epistemológicos, as relações entre ciência e tecnologia e seus impactos sociais, pois acreditam que essa listagem não constitui, a princípio, um programa e nem estabelece o que se pretende com a inserção de FMC no EM.

Ao final dessa revisão bibliográfica chegamos à conclusão que é sim possível inserir FMC no Ensino Médio, mais do que isso, é uma tarefa necessária e urgente diante de todo desenvolvimento tecnológico pelo qual o mundo está passando.

Não é justo com nossos estudantes que a física a eles apresentada esteja tão distante da realidade em que vivem. Devemos aproveitar a curiosidade nata dos jovens que passam pelas nossas mãos e apresentar a eles a física tão fascinante que foi construída a partir do séc. XX.

Concordamos com BROCKINGTON e PIETROCOLA (2005) quanto à necessidade de se privilegiar as características mais qualitativas do conhecimento de forma a diminuir o

formalismo matemático nos temas a serem trabalhados, até mesmo como uma forma de mostrar aos estudantes que a física é muito mais que um apanhado de fórmulas e cálculos.

Lembramos ainda que é papel da escola de EM a formação de nossos cidadãos, é imprescindível que tenhamos sempre em foco este objetivo. Citamos aqui TERRAZZAN (1992) que defende a introdução de tópicos de FMC para que possamos permitir que nosso educando pense e interprete o mundo que o cerca, que devemos formar um cidadão pronto para sua participação na sociedade e que para isso sua formação deve ser global, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que vive está intimamente ligada à sua capacidade de compreensão desta mesma realidade.

### **CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nesse trabalho propomos uma reorganização da matéria de ensino Ondas Eletromagnéticas segundo a abordagem ausubeliana, usando recursos instrucionais acessíveis de forma a introduzir tópicos de FMC com o objetivo de promover a aprendizagem significativa dos conteúdos abordados.

A base teórica do nosso estudo é a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Para ele, a idéia mais importante de sua teoria e suas implicações para o ensino e a aprendizagem, é saber aquilo que o aprendiz já sabe. Assim faz-se necessário que o professor averigüe como o conteúdo total e a organização das idéias se apresentam na estrutura cognitiva do aprendiz para, a partir, disso ensiná-lo de acordo.

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, que é “um processo pelo qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA, 2006 p. 14).

A principal característica desse processo é que há uma interação ente a nova informação com uma estrutura de conhecimento específica que Ausubel chama de “conceito subsunçor”.

O “subsunçor” é um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (isto é, que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação) (MOREIRA, 2006 p.15).

Assim, a aprendizagem significativa irá acontecer quando a nova informação “ancora-se” nos subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Segundo MOREIRA (2006), a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre os aspectos específicos e relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e as novas informações, pelas quais estas passam a adquirir significados e se integram à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, de forma a contribuir para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores preexistentes.

Em contraposição à aprendizagem significativa, Ausubel define a aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem na qual as novas informações são apreendidas sem que haja interação com conceitos existentes na estrutura cognitiva, ou seja, sem ligarem-se a conceitos subsunçores específicos. Para ele podem ocorrer situações onde a aprendizagem mecânica se faz desejável ou necessária, ele “não estabelece a distinção entre a aprendizagem significativa e a mecânica como sendo uma dicotomia, e sim um *continuum*” (MOREIRA, 2006, p.17).

Ausubel apresenta em sua teoria condições para que a aprendizagem significativa ocorra. Uma das condições é que o material utilizado seja **potencialmente significativo**, ou seja, que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal.

Para que o material atenda a estas condições ele precisa envolver dois fatores: a natureza do material e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, o material precisa ser “logicamente significativo” de forma que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a idéias relevantes no domínio da capacidade humana de aprender. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz é preciso que nela estejam disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável.

A outra condição para que a aprendizagem significativa ocorra é a de que o aprendiz tenha disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material à sua estrutura cognitiva. Segundo Ausubel, essa é uma condição que independe do material ser

potencialmente significativo, pois, se o estudante quiser simplesmente memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, a aprendizagem ocorrerá de forma mecânica.

Para a ocorrência da aprendizagem significativa é imprescindível a existência de subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz; ele é o produto da aprendizagem significativa, e os primeiros subsunçores são adquiridos por formação de conceitos, onde novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a novos signos e símbolos, estabelecendo novas relações com conceitos anteriormente adquiridos.

Segundo Novak (apud MOREIRA, 2006) quando, na estrutura cognitiva do estudante, não existirem subsunçores necessários para que ocorra a aprendizagem significativa, torna-se necessária a aprendizagem mecânica, de forma a possibilitar que o indivíduo adquira as novas informações, completamente novas, indispensáveis à aprendizagem significativa subsequente. Ausubel propõe o uso de organizadores prévios para que sirvam de ancoragem para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem seguinte. Esses são materiais introdutórios, que devem ser apresentados antes do material a ser aprendido, devem estar a um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do material e sua função é “servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara” (Ausubel, apud MOREIRA, 2006).

Uma das preocupações que tivemos durante a produção do material que seria aplicado durante o desenvolvimento de nossas aulas, foi que esse possuísse as características necessárias para possibilitar a aprendizagem significativa. Assim, foi produzido um material de apoio ao estudante, apostila e slides, de forma a lhe fornecer os subsunçores necessários para a ocorrência da aprendizagem significativa e que fosse potencialmente significativo, ou seja, relacionável, de forma arbitrária e não literal, aos subsunçores existentes na estrutura cognitiva de nossos estudantes.

Ausubel distingue três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional. A primeira é o tipo mais básico de aprendizagem e as outras dependem dela, ela envolve a atribuição de significados a determinados símbolos. A aprendizagem de conceitos é de certa maneira uma aprendizagem representacional, pois os conceitos também são representados por símbolos particulares, porém, genéricos ou categóricos. Os conceitos podem ser adquiridos por formação, na idade pré-escolar, ou por assimilação, nas crianças em idade escolar e em adultos. Na aprendizagem proposicional o indivíduo aprende os significados de idéias expressas verbalmente, por meio de conceitos sob a forma de proposições. A aprendizagem representacional é básica para que ocorra a aprendizagem proposicional (MOREIRA, 2006).

Para Ausubel, quando o estudante compreende realmente um conceito ou uma proposição ele tem os significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Assim, para que encontremos evidências de compreensão significativa, durante o processo de ensino-aprendizagem, é necessário que se evitemos a simulação de aprendizagem significativa. Para isso, o professor precisa formular questões e problemas que requeiram, por parte dos estudantes, a transformação do conhecimento adquirido ou que esses diferenciem idéias relacionadas, mas não idênticas.

Um dos recursos possíveis para avaliar a aprendizagem significativa é a resolução de problemas, pois, através dela, podemos verificar se os estudantes compreenderam significativamente as idéias que são capazes de verbalizar; porém, é necessário ressaltar que se ele não for capaz de resolver um problema não significa, necessariamente, que não tenha aprendido significativamente, pois, a resolução de problemas pode envolver o uso de outras habilidades que ele ainda não possua.

Além do recurso da resolução de problemas é possível verificar a aprendizagem significativa através de atividades nas quais os estudantes diferenciem idéias relacionadas,

mas não idênticas ou que identifiquem os elementos de conceitos ou proposições similares, ou ainda, propor uma tarefa sequencialmente dependente de outra que não possa ser executada sem uma compreensão precedente.

Na teoria da aprendizagem significativa, Ausubel apresenta o princípio da assimilação com o objetivo de especificar o processo de aquisição e organização dos significados na estrutura cognitiva. Segundo esse princípio o resultado da interação do novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva, no momento que ocorre a aprendizagem significativa, é uma assimilação de antigos e novos significados que levam à diferenciação da estrutura cognitiva.

A assimilação é um processo pelo qual uma idéia, conceito ou proposição, potencialmente significativo, é assimilado sob um subsunçor existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Para explicitar essa idéia, MOREIRA (2006) propõe o seguinte esquema:

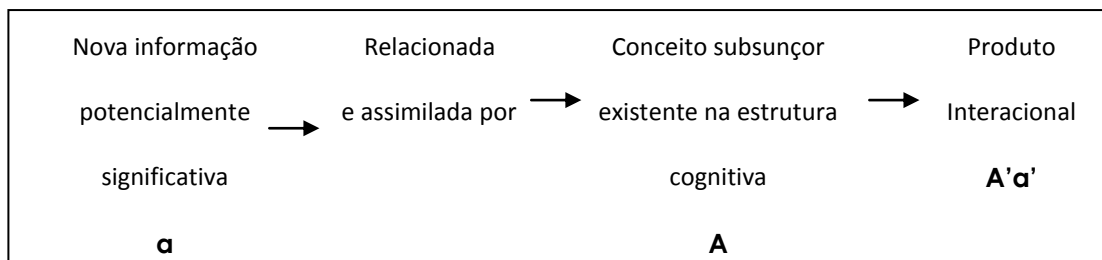


Fig. 1: Esquema representativo do processo de assimilação

Através do esquema da figura 1, podemos perceber que tanto a nova informação **a** como o conceito subsunçor **A** são modificados pela interação entre eles, e os produtos dessa interação, **a'** e **A'**, permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade **A'a'**.

A assimilação não é algo que se completa após a aprendizagem significativa, ela é um *continuum* e pode envolver outras aprendizagens e a perda de capacidade de reprodução de idéias subordinadas.

No processo de assimilação existe um período, denominado por Ausubel, de período de retenção, no qual as idéias recém assimiladas permanecem dissociadas de suas idéias-âncora. Com o passar do tempo, o significado das novas idéias tende a ser assimilado ou

reduzido pelos significados mais estáveis das idéias que foram estabelecidas; assim, logo após a aprendizagem significativa, que tem como resultado o produto interacional  $A'a'$ , começa um novo estágio desse processo, a chamada assimilação obliteradora. Nela, a nova informação torna-se menos dissociável de seus subsunçores, até o ponto onde  $A'a'$  reduz a  $A'$  e os conceitos, proposições e idéias mais gerais e estáveis da aprendizagem significativa tornam-se substitutos das novas idéias assimiladas não sendo esquecidas. É importante lembrar que no processo de assimilação tanto a nova informação a ser assimilada quanto o subsunçor adquire novos significados, ou seja, sofrem modificações.

A assimilação é um processo progressivo e não de substituição e nela o esquecimento é visto como uma continuação desse processo.

No processo de assimilação, a aprendizagem pode ocorrer de forma subordinada, superordenada ou combinatória. No primeiro tipo de aprendizagem, existe uma relação de subordinação entre o novo material e a estrutura cognitiva preexistente, ou seja, envolve a subsunção de conceitos e proposições potencialmente significativos sob idéias mais gerais e inclusivos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, promovendo a uma modificação tanto do novo conceito como do conceito subsunçor, levando a ocorrência da chamada diferenciação progressiva do conceito subsunçor.

A aprendizagem superordenada ocorre quando o novo conceito surge de significados de idéias preexistentes na estrutura cognitiva passando a assimilá-lo. Nesse processo novas informações são adquiridas e elementos que já existem na estrutura cognitiva do aprendiz podem se reorganizar e adquirir novos significados. Já a aprendizagem combinatória ocorre quando não há, entre os conceitos, a relação de subordinação ou de superordenação e sim com um conteúdo amplo, relevante de maneira geral, existente na estrutura cognitiva. A recombinação de elementos previamente existente na estrutura cognitiva, que ocorre na



aprendizagem superordenada e na aprendizagem combinatória, é definida por Ausubel como reconciliação integrativa.

Para Ausubel a organização do conteúdo cognitivo na mente de um indivíduo tende a se organizar em uma estrutura hierárquica onde as idéias mais inclusivas e gerais se situam no topo e abrangem, progressivamente, conceitos menos inclusivos e mais diferenciados. A aprendizagem significativa receptiva não é um processo cognitivo passivo pelo fato dessa organização hierárquica ser o resultado de processos dinâmicos, pois, antes dos significados serem retidos e organizados hierarquicamente eles devem ser adquiridos e isso se dá por um processo que é necessariamente ativo.

Tendo como base o referencial teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, preparamos uma seqüência de aulas com o intuito de introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea, durante o estudo de ondas eletromagnéticas, no segundo ano do Ensino Médio. Para tanto, observamos as proposições de Ausubel desde o início da seleção dos conteúdos a serem trabalhados, até o trabalho com esses conteúdos em sala de aula.

Fizemos uso de atividades (exercícios, estudos dirigidos e avaliação bimestral), nas quais os estudantes deveriam diferenciar idéias relacionadas, mas não idênticas ou identificar os elementos de conceitos ou proposições similares, de forma que nos fosse possível verificar evidências da aprendizagem significativa, sem que fosse possível a resolução das mesmas através da aprendizagem mecânica. Outro recurso que utilizamos com o intuito de ter evidências da aprendizagem significativa foi a apresentação oral de trabalhos desenvolvidos pelos estudantes, onde eles tinham a tarefa que relacionar o conteúdo adquirido em sala aula com o seu cotidiano.

Procuramos construir um material didático adequado ao tipo de aprendizagem desejada e apresentaremos no capítulo seguinte a seqüência de aula realizada e as considerações que julgamos pertinentes em cada uma delas.

## CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

Ao determinarmos o tipo de metodologia a ser utilizada em nosso estudo optamos por utilizar o delineamento experimental, pois segundo LAVILLE e DIONNE (1999) esse tipo de pesquisa “deve inicialmente visar a demonstrar a existência de uma relação de causa e efeito entre duas variáveis”. Segundo esses autores, na pesquisa com participantes humanos se faz necessário a formação aleatória de grupos, sendo que um desses será o grupo experimental junto ao qual o pesquisador intervirá, aplicando o fator que deve desencadear o efeito e o outro grupo será mantido à parte da intervenção e servirá de grupo testemunha.

Nesse tipo de delineamento, representado na fig. 2, antes da sua intervenção, o pesquisador deve tomar as medidas iniciais junto aos dois grupos para assegurar sua equivalência inicial e novas medidas devem ser feitas, após a intervenção junto ao grupo experimental, para que o pesquisador possa verificar a presença de diferenças entre os dois grupos e possa atribuí-las em função da intervenção realizada.

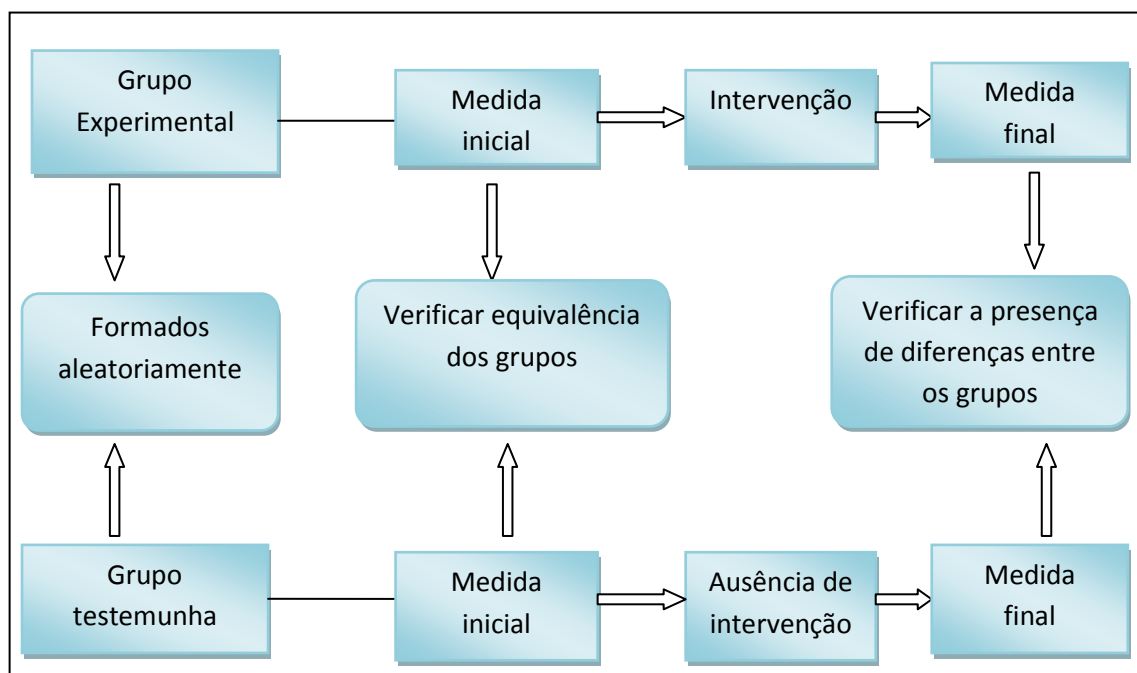


Figura 2: representação gráfica do delineamento experimental

Segundo Campbell e Stanley (apud, MOREIRA, 2003), o pré o pós-teste podem ser iguais e as diferenças entre seus resultados, em ambos os grupos, podem fornecer evidências sobre o efeito do tratamento aplicado. Para eles este tipo de delineamento controla variáveis, exceto o tratamento aplicado, na medida em que elas influenciarão igualmente ambos os grupos, sendo assim, seu efeito não pesará na comparação das diferenças entre os pré e pós-testes nos grupos analisados.

Outro fator que MOREIRA (2003) destaca é a aleatoriedade na designação dos sujeitos a um dos grupos, segundo ele, embora não garanta equivalência entre os grupos ela reduz ao mínimo a probabilidade de que sejam diferentes. Assim, “a aleatoriedade na designação de objetos é, portanto, a mais adequada segurança de não há diferenças ou vieses iniciais entre os grupos” (MOREIRA, 2003, p.11)

O estudo foi realizado no Centro de Ensino Médio Ave Branca (CEMAB), escola da Secretaria de Educação (rede pública de ensino), situada na cidade satélite de Taguatinga – DF, que atende a estudantes das três séries do Ensino Médio nos turnos matutino, vespertino e noturno. Essa escola dispõe de laboratório de física, química e biologia, além de laboratório de informática com aproximadamente 20 computadores.

O laboratório de física, em relação ao das outras escolas da rede pública de ensino, é bem equipado e dispõe de muitos recursos. Em todas as atividades experimentais realizadas durante esse estudo foram utilizados materiais da própria escola.

Os professores dessa escola têm à sua disposição uma sala multimídia com computador e projetor de imagens “data show”, um “data show” itinerante, salas de vídeo e biblioteca.

Uma peculiaridade dessa escola (CEMAB) é que os horários de aula são montados de forma que as disciplinas que possuem duas aulas por semana, como Física, tenham as duas

aulas ministradas no mesmo dia, formando assim a chamada aula dupla; dessa forma, os estudantes só têm contato com a disciplina uma vez por semana. Outra característica própria da escola é o uso de sala ambiente; neste tipo de modalidade, quem muda de sala, a cada troca de horário, é o estudante e não o professor. Por opção da professora titular das turmas, as aulas de física são ministradas no próprio laboratório de física, uma vez que o mesmo dispõe de dois ambientes na mesma sala, sendo que em um deles existe as bancadas para realização dos experimentos e, no outro, as carteiras e o quadro negro.

Para o desenvolvimento do estudo foram selecionadas duas turmas do 2º ano do ensino médio. Pelas características da montagem das turmas nas escolas da Secretaria de Educação do DF, onde os estudantes são lotados, prioritariamente, pela faixa etária, podemos considerar como aleatória a montagem das mesmas, o que nos torna possível a utilização do delineamento experimental. Uma das turmas foi chamada de grupo controle (2MB) e a outra turma foi o grupo experimental (2MF), na qual foi aplicado o tratamento produzido. As duas turmas participantes da pesquisa tinham aproximadamente 40 estudantes, eram do turno matutino, tinham aula de física às terças-feiras e não fizeram uso de livro-texto durante o ano. Apesar das turmas terem em média 40 estudantes, desses, somente 31 deles participaram de todo o processo, tanto no grupo controle como no grupo experimental; isso se deu devido à grande rotatividade de estudantes na rede pública de ensino, uma vez que eles podem ser transferidos e matriculados a qualquer tempo.

Durante o primeiro semestre, a professora titular fez uso das apostilas construídas pelo GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) da USP e durante o tratamento foi disponibilizado aos estudantes apostilas como texto de apoio, construída por nós. Todo o tratamento foi aplicado pela professora mestranda.

Durante o segundo semestre de 2007, de agosto a dezembro, o grupo experimental foi submetido a aulas preparadas com o intuito de introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) relacionados ao conteúdo de ondas eletromagnéticas. Foram ministradas aulas com o uso de slides “Power Point-Windows”, realizados experimentos no laboratório de física e atividades no laboratório de informática. A previsão para aplicação do tratamento foi de aproximadamente 20 horas/aulas, sem contar as aulas destinadas à avaliação.

Para avaliação da aprendizagem as duas turmas foram submetidas a um pré-teste, antes do tratamento, e a um pós-teste depois da aplicação. As questões aplicadas no pré-teste e pós-teste foram as mesmas, uma vez que os estudantes não tiveram acesso a elas depois da primeira aplicação. As questões aplicadas foram retiradas da dissertação de SCHMITT (2005) com adaptações de vocabulário. Ao final do tratamento foi aplicado, no grupo experimental, um questionário opinativo para colher as impressões dos estudantes sobre a metodologia utilizada.

Para o desenvolvimento do estudo optamos por fazer a introdução de alguns tópicos de FMC dentro do conteúdo de ondas eletromagnéticas, uma vez que assuntos como o estudo das linhas espectrais, o átomo de Bohr, o efeito fotoelétrico e o caráter dual da luz são fundamentais para uma boa compreensão do tópico abordado e são assuntos para os quais pode ser dada uma abordagem qualitativa sem adentrar em cálculos mais complexos.

## **CAPÍTULO 5 – DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO**

Nesta seção relatamos como foi desenvolvido o trabalho de pesquisa descrevendo o objetivo de cada aula, as atividades desenvolvidas e as discussões pertinentes em cada uma delas.

O conteúdo a ser desenvolvido foi distribuído em 13 aulas. Da primeira à quarta aula o grupo experimental (GE) e o de controle (GC), tiveram a mesma abordagem, uma vez que foram conteúdos básicos para o tópico ondas. A diferenciação entre as abordagens se deu a partir da 5ª aula, quando, na turma experimental, houve a abordagem do tópico ondas eletromagnéticas com inserção de tópicos de FMC, enquanto que no grupo de controle a abordagem, do mesmo tópico, se deu somente na visão da Física Clássica (FC).

### **1ª aula**

Tempo previsto: 1 h/aula.

Aplicação do pré-teste (apêndice A) nas turmas de controle e experimental.

### **2ª aula**

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivos: diferenciar movimento ondulatório de movimento corpuscular. Caracterizar as ondas quanto à sua classificação, tipo e natureza. Identificar os elementos da equação fundamental da ondulatória.

Atividades: leitura do texto “Movimento corpuscular x Movimento ondulatório” (apêndice B), utilizado com o objetivo de funcionar como um organizador prévio.

O organizador prévio, segundo Ausubel (Moreira, 2006), tem a função de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que o novo material, a ser

apresentado a ele, possa ser aprendido de forma significativa, assim, ele se torna útil para facilitar a aprendizagem uma vez que funciona como “ponte cognitiva” (grifo do autor).

Durante a leitura do texto foram feitas pausas a cada parágrafo, de forma que o professor conseguisse obter dos estudantes exemplos cotidianos de movimento ondulatórios e corpusculares. Foi feita a diferenciação de movimento ondulatório e movimento corpuscular, com a definição de cada um deles.

Após a leitura do texto foi feita a caracterização das ondas quanto à sua classificação, ao tipo e à sua natureza. Para diferenciar onda transversal de onda longitudinal (fig.3) foi utilizada uma mola e com o auxílio de um estudante foi feita a demonstração experimental destes tipos de ondas.

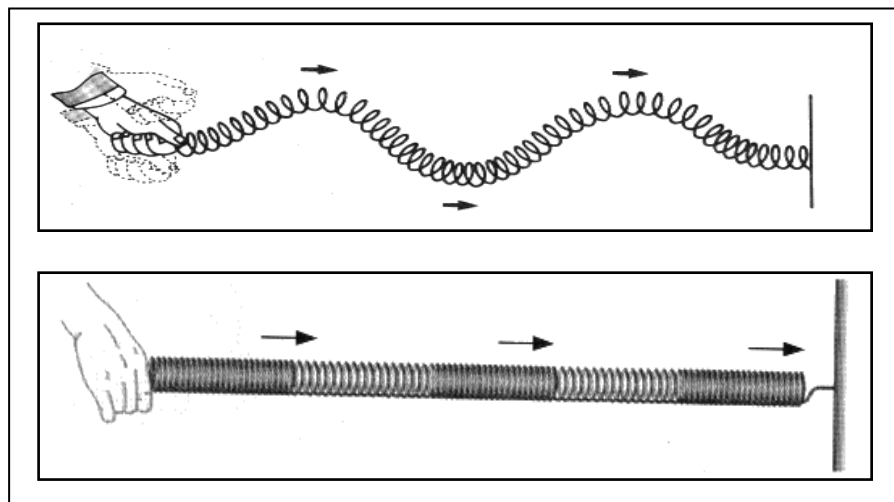


Figura 3: representação gráfica de onda transversal e onda longitudinal

(<http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/ondas.htm>)

Apresentamos a equação fundamental da ondulatória e resolvemos um exercício de aplicação como exemplo. Ao final da aula, foi solicitado, para casa, a resolução de exercícios da apostila 1 (apêndice C) que envolvem questões teóricas sobre os temas abordados em sala e resolução de questões de cálculo que envolva a equação fundamental da ondulatória.

### 3ª aula

Tempo previsto: 2 h/aula.



Objetivos: trabalhar os conteúdos abordados na aula anterior. Definir as principais características dos fenômenos ondulatórios.

Atividades: correção dos exercícios propostos para realização em casa e atividade experimental (fenômenos ondulatórios).

A atividade experimental (fig. 4) foi realizada utilizando uma cuba de ondas montada sobre o retroprojektor. Este procedimento foi utilizado por haver somente uma cuba de ondas a disposição no laboratório. As atividades experimentais foram realizadas pela professora na cuba de ondas e projetadas sobre uma tela para que todos os estudantes pudessem ver e participar das discussões.

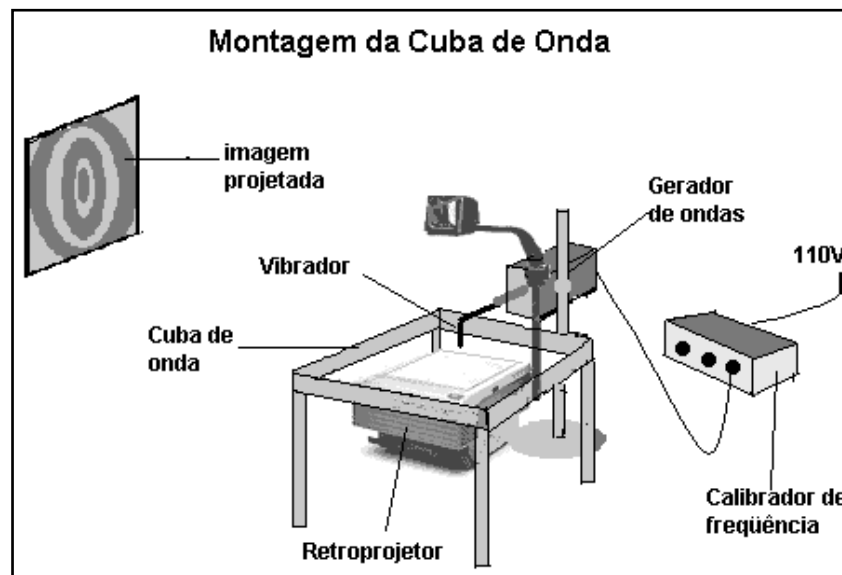


Figura 4: representação gráfica da montagem do experimento - cuba de ondas  
([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_1cuba.htm#ondas%20na%20agua](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_1cuba.htm#ondas%20na%20agua))

Para a atividade não foi utilizado um roteiro para o estudante. À medida que a atividade ia sendo desenvolvida, eram feitas perguntas dirigidas a eles sobre os fenômenos em questão. Nesses questionamentos, perguntávamos o que estava ocorrendo, quais as principais características dos fenômenos visualizados e quais as diferenças entre eles; a partir dos questionamentos denominávamos os fenômenos e os estudantes iam fazendo anotações

caracterizando cada fenômeno observado. Foram produzidos pulsos retos (fig. 5) e circulares (fig. 6) e demonstrados os fenômenos da reflexão (fig.7,8 e 9), refração (fig.10), difração (fig. 11) e interferência (fig.12). Ao final da aula foi solicitado um relatório individual sobre as atividades realizadas, para ser entregue na aula seguinte.

Ilustrações das atividades experimentais realizadas na aula:

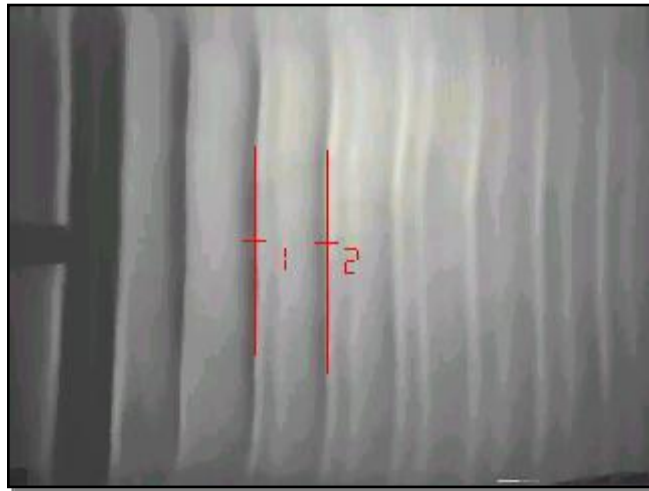


Figura 5: representação da formação de um pulso reto

([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_1cuba.htm#ondas%20na%20agua](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_1cuba.htm#ondas%20na%20agua))

Na figura 5, as retas 1 e 2 representam os pulsos retos produzidos pela placa retangular.

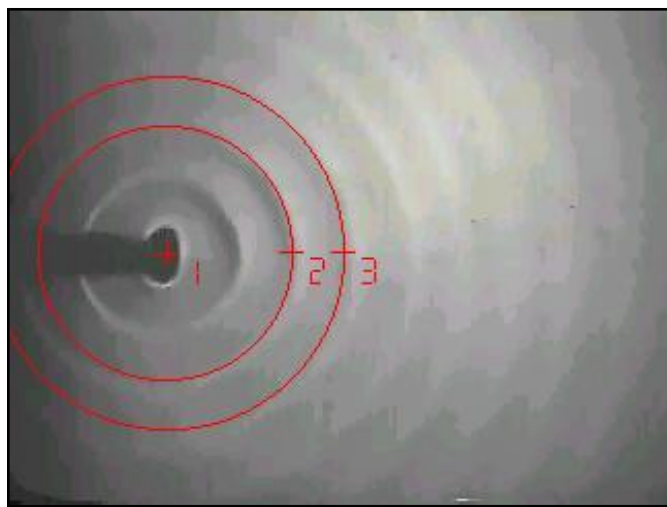


Figura 6: representação de ondas circulares na água

([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_1cuba.htm#ondas%20na%20agua](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_1cuba.htm#ondas%20na%20agua))

Na figura 6, o ponto 1 representa o pulso que produz as onda circular e os pontos 2 e 3 as frentes de onda circulares.

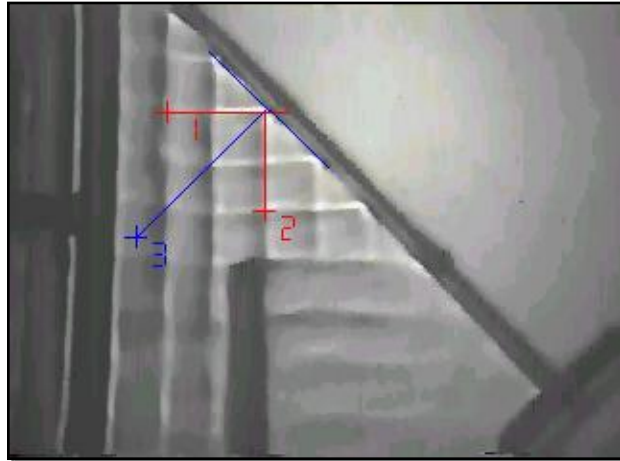


Figura 7: representação da reflexão de ondas planas (pulsos retos) em uma barreira retilínea

([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_2reflexao.htm#lei%20da%20reflexao](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_2reflexao.htm#lei%20da%20reflexao))

Na figura 7, a reta 1 representa o raio incidente, a reta 2 o raio refletido e a reta 3 a normal 3.

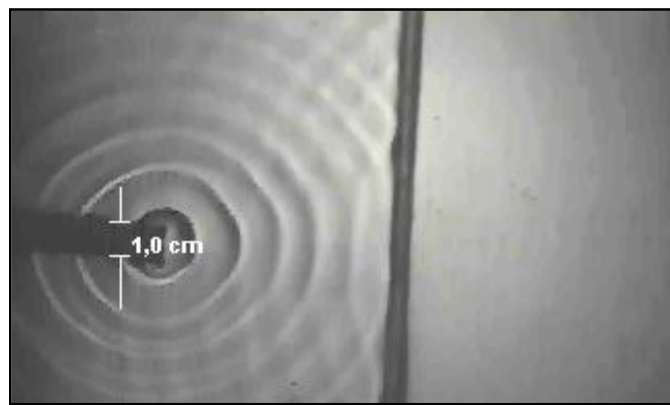


Figura 8: representação de ondas circulares (pulsos circulares) refletidas em uma barreira retilínea

([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_2reflexao.htm#lei%20da%20reflexao](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_2reflexao.htm#lei%20da%20reflexao))

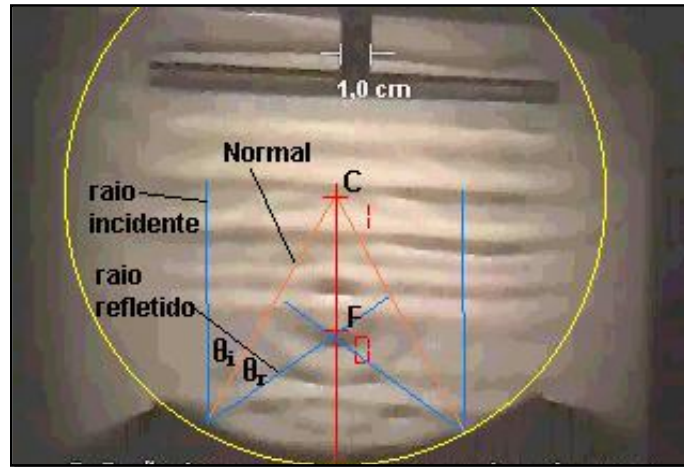


Figura 9: imagem da reflexão de ondas em uma barreira curvilínea  
([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_3reflexao.htm#experimento](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_3reflexao.htm#experimento))

Na figura 9, a posição 0 é o ponto no qual as frentes de onda convergem. Esta posição é denominada foco (F); o ponto C é o centro de curvatura do refletor;  $\theta_i$  é o ângulo de incidência e  $\theta_r$  o ângulo de reflexão.



Figura 10: representação da refração na cuba de água na parte funda e na parte rasa  
([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_4refracao.html#experimento](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_4refracao.html#experimento))

Aos gerarmos ondas como na situação representada na figura 10, produziremos ondas com a mesma frequência e diferentes comprimentos de ondas.

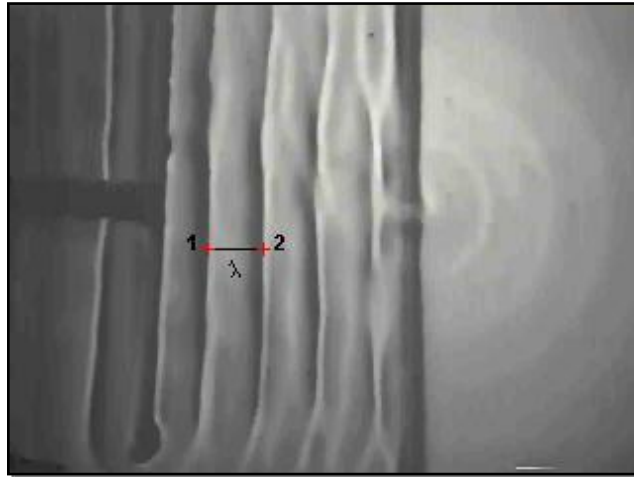


Figura 11: representação de difração de uma onda plana  
([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_5difracao.html](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_5difracao.html))

Na figura 11, os pontos 1 e 2 representam as frentes ondas e a distância entre elas é denominado comprimento de onda  $\lambda$ .

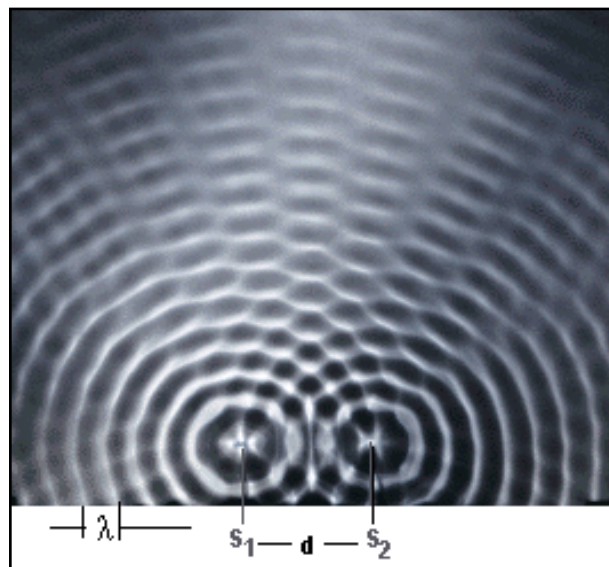


Figura 12: representação de duas fontes pontuais em uma cuba gerando pulsos circulares  
([http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp\\_6interferencia.html](http://educar.sc.usp.br/sam/cuba2/exp_6interferencia.html))

Na figura 12 temos duas fontes que fazem com que as cristas estejam sempre separadas de uma mesma distância, que é o comprimento de onda,  $\lambda$ . Quando duas ondas se superpõem, pode ocorrer duas cristas (uma de cada fonte), e ao se interceptarem, formam uma

crista dupla, produzindo regiões brilhantes sobre o anteparo, ou pode ocorrer duas depressões (uma de cada fonte) se interceptando e produzindo regiões escuras sobre o anteparo. Uma crista procedente de uma fonte encontra uma depressão procedente da outra, produz uma região em que não há deslocamento (a água permanece imóvel) e sobre o anteparo aparecerá uma região cinzenta.

#### **4ª aula**

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivo: trabalhar os conteúdos abordados na 1ª, 2ª e 3ª aula.

Atividade: estudo dirigido.

Nesta aula foi realizado um estudo dirigido (Apêndice D), realizado em dupla, com consulta ao material de apoio ao estudante, abordando os seguintes temas: movimento corpuscular, movimento ondulatório, caracterização das ondas periódicas (classificação, tipo e natureza), fenômenos ondulatórios e a equação fundamental da ondulatória.

#### **5ª aula**


Tempo previsto: 2 h/aula.

A partir dessa aula, as atividades propostas a seguir, foram desenvolvidas somente com o grupo experimental.

Objetivos: diferenciar onda mecânica de onda eletromagnética. Diferenciar radiação ionizante de radiação não-ionizante. Reconhecer o espectro eletromagnético e as principais diferenças entre as radiações eletromagnéticas.

Atividades: a aula foi desenvolvida com a utilização dos seguintes slides:

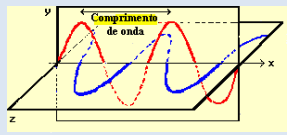
### RADIÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Profª. Mirele Sousa Soares

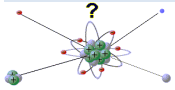
### Radiação Eletromagnética

A natureza da radiação foi um mistério para os cientistas durante muito tempo. No século passado, J.C. Maxwell propôs que essa forma de energia viaja pelo espaço na forma de um campo oscilatório composto por uma perturbação elétrica e magnética na direção perpendicular às perturbações.



2

### Radiação



Radiação é um fenômeno natural que pode ocorrer de muitas formas. Radiação é definida como uma energia que é irradiada.

3

### Tipos de Radiação

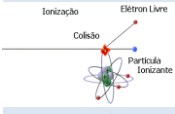
Dependendo da quantidade de energia pode ser:

- Radiações não-ionizantes: possuem relativamente baixa energia, não têm energia suficiente para provocar ionização, mas conseguem promover o elétron a um nível energético superior, acarretando a excitação ou ativação.
- Radiações ionizantes: vêm de dentro do núcleo de átomos, possuem altos níveis de energia, podem alterar o estado físico de um átomo e causar a perda de elétrons, tornando-os eletricamente carregados. Este processo chama-se "ionização".

4

Figura 13: slides de 1 a 4

### Ionização



Um átomo pode se tornar ionizado quando a radiação eletromagnética incide sobre um de seus elétrons. Se essa colisão ocorrer com muita violência, o elétron pode ser arrancado do átomo. Após a perda do elétron, o átomo deixa de ser neutro, pois com um elétron a menos, o número de prótons é maior. O átomo torna-se um "ion positivo".

5

### Estabilidade do Núcleo Atômico

A tendência dos isótopos dos núcleos atômicos é atingir a estabilidade. Se um isótopo estiver numa configuração instável, com muita energia ou com muitos nêutrons, por exemplo, ele emitirá radiação para atingir um estado estável. Um átomo pode liberar energia e se estabilizar por meio de uma das seguintes formas:

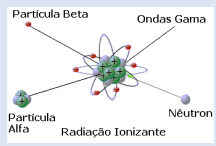
- ✓ emissão de partículas do seu núcleo;
- ✓ emissão de fótons de alta frequência.

O processo no qual um átomo libera energia de seu núcleo é chamado de "decaimento radioativo"

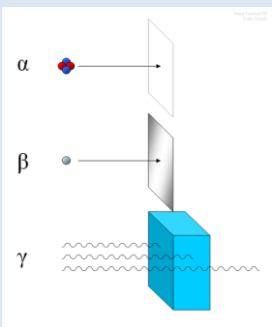
6

### Radiação Ionizante

Energia e partículas emitidas de núcleos instáveis são capazes de causar ionização. Quando um núcleo instável emite partículas, as partículas são, tipicamente, na forma de partículas alfa, partículas beta ou nêutrons. No caso da emissão de energia, a emissão se faz por uma forma de onda eletromagnética: os raios-x e os raios gama.



7



- Radiação Alfa ( $\alpha$ ): consiste em um núcleo de **hélio** duplamente ionizado e é detida por uma folha de papel.
- Radiação Beta ( $\beta$ ): são **elétrons**, e é detida por uma folha de alumínio.
- Radiação Gama ( $\gamma$ ): são ondas eletromagnéticas originadas no núcleo e é parcialmente absorvida ao penetrar em um material denso.

8

Figura 14: slides de 5 a 8

No slide 2 (fig.13) apresentamos a definição de onda eletromagnética segundo Maxwell. Como as atividades aqui mencionadas são propostas para serem aplicadas no 2º ano do ensino médio, só citamos a definição de onda eletromagnética, sem nos aprofundar no conceito de campo elétrico e campo magnético, uma vez que esse assunto só é estudado no 3º ano do ensino médio, de acordo com o currículo da Secretaria de educação do Distrito Federal.

Nos slides de 3 a 8 (fig.13 e 14) foram trabalhadas as características das radiações ionizantes e não-ionizantes. Durante a aula foi salientada as características dessas radiações, bem como a diferença de radiação  $\alpha$ , radiação  $\beta$  e radiação  $\gamma$ .

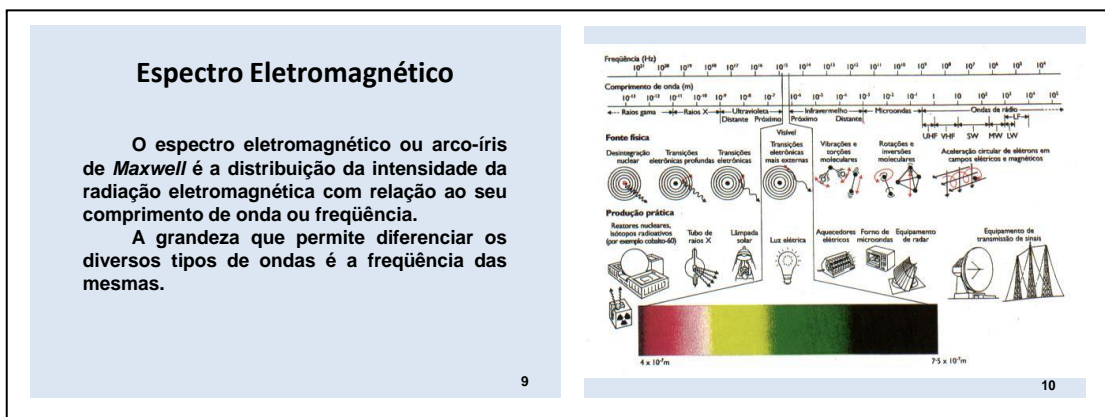


Figura 15: slides 9 e 10

Nos slides 9 e 10 (fig. 15) foi apresentado o espectro eletromagnético; ao falar sobre ele foi ressaltado que a frequência ( $f$ ) é diretamente proporcional à energia associada à onda eletromagnética e inversamente proporcional ao comprimento de onda ( $\lambda$ ). Ao apresentar cada tipo de radiação eletromagnética identificamos sua fonte de produção.

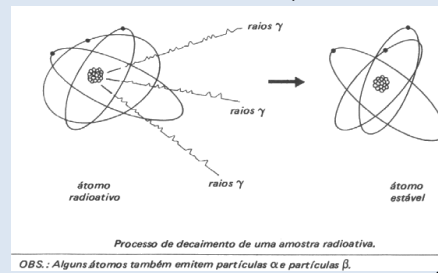


### Raios Gama ( $\gamma$ )

- São as ondas eletromagnéticas com frequência acima da dos raios X recebe o nome de raios gama ( $\gamma$ ).
- Os raios  $\gamma$  são produzidos por desintegração natural ou artificial de elementos radioativos.
- Um material radioativo pode emitir raios  $\gamma$  durante muito tempo, até atingir uma forma mais estável.
- Raios  $\gamma$  de alta energia podem ser observados também nos raios cósmicos que atingem a alta atmosfera terrestre em grande quantidade por segundo.

11

### Raios Gama ( $\gamma$ )



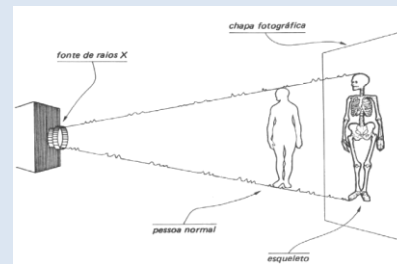
12

### Raios X

- Foram descobertos, em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Röntgen.
- Têm frequência alta e possuem muita energia. São capazes de atravessar muitas substâncias embora sejam detidos por outras, principalmente pelo chumbo.
- São produzidos sempre que um feixe de elétrons dotados de energia incidem sobre um obstáculo material. A energia cinética do feixe incidente é parcialmente transformada em energia eletromagnética, dando origem aos raios X.
- São capazes de impressionar uma chapa fotográfica.

13

### Raios X



14

### Ultravioleta

- A radiação UV faz parte da luz solar que atinge a Terra.
- Ao atingir nossa pele, os raios UV penetram profundamente e desencadeiam reações imediatas como as queimaduras solares, as fotoalergias e o bronzeamento.
- A radiação UV que atinge a Terra se divide em radiação UVA e UVB.
- Uma das fontes conhecidas de UV é a lâmpada fluorescente.
- Os raios UVC (germicidas), os mais danosos aos seres vivos, são completamente absorvidos na estratosfera pela camada de ozônio.

15

### Ultravioleta

- A diferença entre eles está no comprimento de onda.
- A radiação UVA apresenta comprimento de onda de 320-400nm.
- Os raios UVB têm comprimento de onda de 290-320nm (nanômetros).
- A pele absorve de forma diferente cada tipo de radiação solar.
- Cerca de 95% dos raios ultravioleta que atingem a Terra são do tipo UVA e apenas 5% são UVB. Isso porque a camada de ozônio absorve muito melhor os raios UVB.

16

### Radiação UVA

- Maior parte do espectro ultra violeta, a radiação UVA possui intensidade constante durante todo o ano.
- Sua intensidade também não varia muito ao longo do dia, sendo pouco maior entre 10 e 16 horas que nos outros horários.
- Penetra profundamente na pele, sendo a principal responsável pelo foto envelhecimento.
- Predis põe a pele ao surgimento do câncer.
- O UVA também está presente nas câmaras de bronzeamento artificial.

17

### Radiação UVB

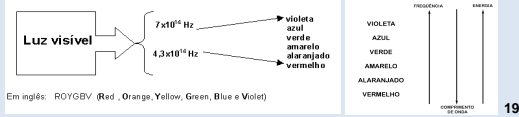
- Sua incidência aumenta muito durante o verão, especialmente nos horários entre 10 e 16 horas quando a intensidade dos raios atinge seu máximo.
- Os raios UVB penetram superficialmente e causam as queimaduras solares.
- É a principal responsável pelas alterações celulares que predis põem ao câncer da pele.
- O mormaço também pode causar vermelhidão e queimaduras, uma vez que a radiação UVB atravessa as nuvens.

18

Figura 16: slides de 11 a 18

### Luz Visível

- Nosso olho só tem condições de perceber freqüências que vão de  $4,3 \cdot 10^{14}$  Hz a  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz, faixa indicada pelo espectro como luz visível.
- Trata-se de uma intensa radiação eletromagnética emitida pela sol.
- A faixa correspondente à luz visível pode ser subdividida de acordo com o espectro a seguir:



### Infravermelho

- Esse tipo de radiação está associada a objetos aquecidos.
- Qualquer objeto que estiver a temperatura maior do que 0 K irá emitir alguma radiação.
- É a radiação que sentimos como calor.
- O corpo humano possui uma temperatura de cerca de 310 K e irradia basicamente no infravermelho longo.

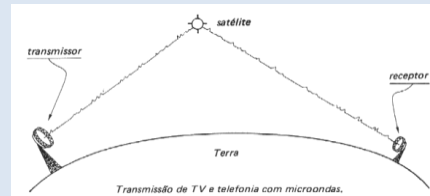


### Microondas

- Microondas correspondem à faixa de mais alta freqüência produzida por osciladores eletrônicos.
- As microondas são muito utilizadas em telecomunicações. As ligações de telefone e programas de TV recebidos "via satélite" de outros países são feitas com o emprego de microondas.
- Incluem os sinais de radares e dos telefones celulares.

21

### Microondas



22

### Forno de microondas

- As microondas são produzidas por uma válvula chamada magnetron, na faixa de 2,45 GHz ( $\lambda \approx 12$  cm).
- A energia faz com que as moléculas da água vibrem na mesma freqüência e essa vibração produz energia térmica, que faz aumentar a temperatura do alimento.

23

### ONDAS DE RÁDIO

- As ondas de rádio são geradas por osciladores eletrônicos instalados geralmente em um lugar alto, para atingir uma maior região.
- As ondas de rádio propriamente ditas, que vão de  $10^4$  Hz a  $10^7$  Hz, têm comprimento de onda grande, o que permite que elas sejam refletidas pelas camadas ionizadas da atmosfera superior (ionosfera).
- Têm a capacidade de contornar obstáculos como árvores, edifícios, de modo que é relativamente fácil captá-las num aparelho rádio-receptor.

24

### ONDAS DE RÁDIO

- Ondas de TV
- As emissões de TV são feitas a partir de 50 MHz.
  - É costume classificar as ondas de TV em bandas de freqüência (faixa de freqüência), que são:
  - VHF : very high frequency (54 MHz à 216 MHz: canal 2 à 13)
  - UHF : ultra-high frequency (470 MHz à 890 MHz: canal 14 à 83)
  - SHF : super-high frequency
  - EHF : extremely high frequency
  - VHFI : veri high frequency indeed
  - As ondas de TV não são refletidas pela ionosfera, de modo que para estas ondas serem captadas a distâncias superiores a 75 Km é necessário o uso de estações repetidoras.

25

### ONDAS DE RÁDIO

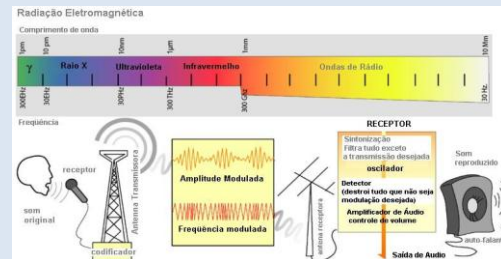


Figura 17: slides de 19 a 26

Nos slides de 11 a 26 (fig. 16 e 17) apresentamos individualmente os tipos de radiação eletromagnética, da mais energética para a menos energética. Nessa aula, destacamos somente as principais características de cada radiação, uma vez que foi proposto aos estudantes a produção de um folder, sobre cada tipo de radiação eletromagnética, para ser apresentado na 10ª aula. Ao final da aula solicitamos resolução dos exercícios de 1 a 7 da apostila nº 02 (apêndice E).

## 6ª aula

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivos: Reconhecer o modelo atômico de Rutherford e sua principal falha. Reconhecer o modelo atômico de Bohr. Definir efeito fotoelétrico e identificar suas aplicações no cotidiano.

Atividades: a aula foi desenvolvida com a utilização dos seguintes slides:

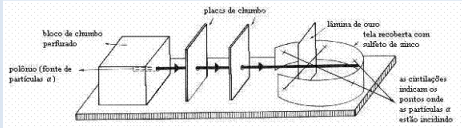
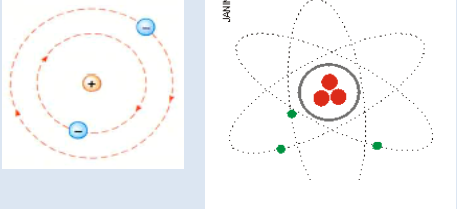
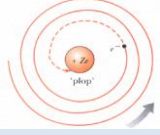
<p><b>MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD:</b></p>  <p>27</p>	<p><b>MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ernest Rutherford:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Átomo semelhante ao sistema planetário.</li> <li>– Núcleo central de carga positiva e elétrons distribuídos ao redor do núcleo, descrevendo uma órbita em torno dele.</li> <li>– Quase toda massa concentrada no núcleo central</li> <li>– Descrevendo uma órbita concêntrica o elétron deveria ter uma aceleração centrípeta.</li> </ul> </li> </ul> <p>28</p>
<p><b>MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD:</b></p>  <p>29</p>	<p><b>MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Para não contradizer a teoria de Maxwell, o elétron deveria estar permanentemente emitindo radiação às custas de uma redução de energia, o que acarretaria uma trajetória espiralada até cair no núcleo.</li> <li>– Como a frequência do movimento do elétron seria variável continuamente durante a sua ida até o núcleo, deveria emitir radiação com frequência variável.</li> </ul>  <p>30</p>

Figura 18: slides 27 a 30

Nos slides de 27 a 30 (fig. 18) apresentamos o modelo atômico de Rutherford. No slide 27 (fig. 18), que trata do experimento de Rutherford, ressaltamos que os primeiros resultados do experimento não trouxeram grandes contribuições para seu modelo atômico, mas que as medidas seguintes apresentaram mudanças significativas na interpretação que era dada ao modelo atômico vigente, modelo de Thomson, e que a partir desse experimento Rutherford conseguiu comprovar a presença do núcleo atômico, de grande massa, em relação a massa total do átomo, e de carga positiva, o que foi fundamental para a construção de seu modelo atômico. O slide seguinte apresenta as principais conclusões de Rutherford e a formulação de seu modelo atômico. No slide 29 (fig. 18) apresentamos duas figuras que esquematizam o seu modelo atômico e o slide 30 (fig. 18) apresenta as suas ‘falhas’. Nesse slide é importante deixar bem claro que esse modelo contradizia a teoria eletromagnética de Maxwell e que por isso ele não se tornava mais válido.

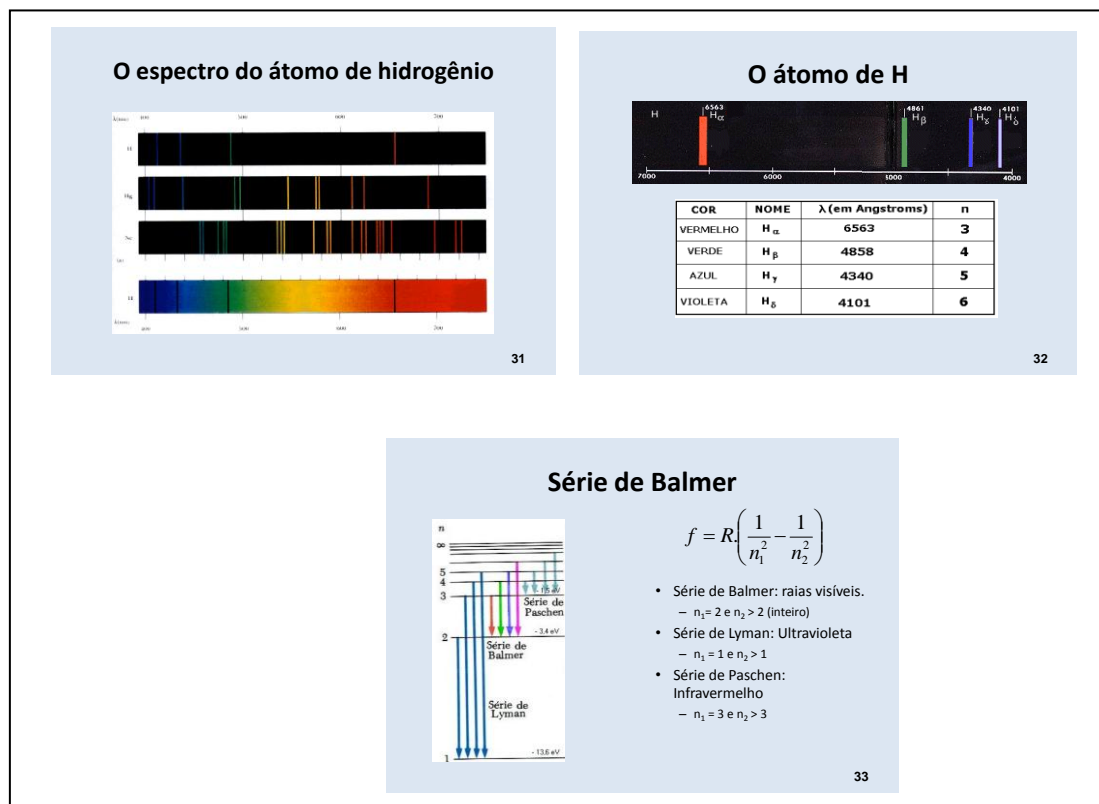


Figura 19: slides 31 a 33

Nos slides de 31 a 33 (fig. 19) é apresentado o espectro de linhas. Ao apresentá-lo aos estudantes destacamos a relação entre a cor e a energia de cada linha espectral, falamos que cada substância apresenta um espectro de linhas próprio, dando como exemplo as linhas espectrais do slide 31 (fig. 19). No slide 33 (fig. 19) apresentamos as séries de Balmer, Lyman e Paschen. Explicamos que cada série dessas representa um tipo de radiação eletromagnética. Foi dada maior ênfase à série de Balmer, explicamos que a radiação, emitida por um elétron ao realizar um salto quântico (no átomo de H), só é visível a nós quando este salta de um nível mais externo para o nível fundamental, o nível  $n = 2$ .

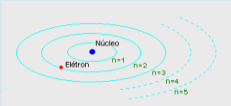
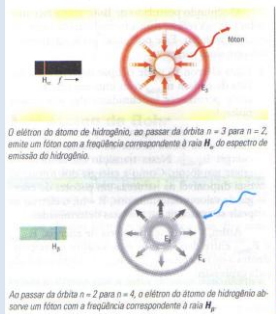
<p style="text-align: center;"><b>MODELO ATÔMICO DE BOHR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Em 1913 Bohr aplicou a teoria quântica de Planck e Einstein ao átomo de Rutherford e formulou seu modelo atômico.</li> <li>Pela Teoria Eletromagnética de Maxwell: <ul style="list-style-type: none"> <li>qualquer carga dotada de aceleração emite energia eletromagnética e portanto perde energia.</li> <li>A radiação emitida pelo elétron tem frequência igual ao do seu movimento.</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: right;">34</p>	<p style="text-align: center;"><b>MODELO ATÔMICO DE BOHR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O modelo de Bohr: <ul style="list-style-type: none"> <li>Elétrons ocupavam estados estacionários, de energia fixa.</li> <li>Elétrons podiam realizar saltos quânticos de um estado de energia para outro.</li> <li>A luz é emitida quando ocorre um salto quântico, para isso o elétron deve passar de um estado de energia mais alto para outro mais baixo.</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: right;">35</p>
<p style="text-align: center;"><b>MODELO ATÔMICO DE BOHR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Elétrons orbitando em elipses, arranjados em grupos ou camadas.</li> <li>Esse modelo foi capaz de explicar as propriedades químicas gerais dos elementos.</li> </ul>  <p style="text-align: right;">36</p>	<p style="text-align: center;"><b>MODELO ATÔMICO DE BOHR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bohr percebeu que a frequência da radiação emitida é determinada por : <math display="block">E = h \cdot f, \text{ ou}</math> <math display="block">E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}} = h \cdot f</math> <math display="block">h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}</math> <math display="block">h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}</math> </li> <li>Onde E é a diferença de energia do átomo quando os elétrons estão em órbitas diferentes.</li> <li>A frequência do fóton emitido é determinado pela diferença de energias do átomo.</li> </ul> <p style="text-align: right;">37</p>
<p style="text-align: center;"><b>MODELO ATÔMICO DE BOHR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rompeu com a Física Clássica quando estabeleceu que um elétron não irradia luz enquanto está acelerado em torno do núcleo, mas, sim quando o elétron salta de um nível de energia mais alto para um mais baixo.</li> <li>A cor vista depende do salto realizado. Assim a quantização da energia equivale à quantização da energia do elétron.</li> </ul> <p style="text-align: right;">38</p>	 <p style="text-align: right;">39</p>

Fig. 20: slides 34 a 39

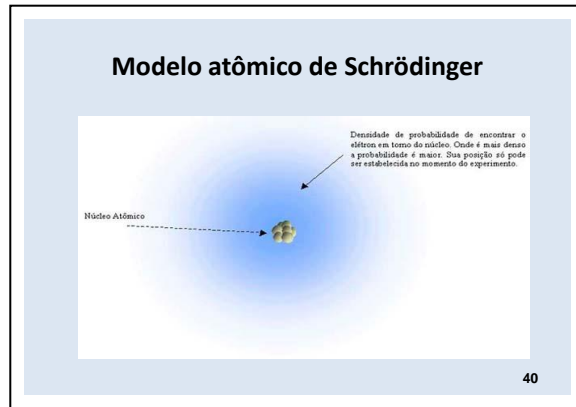


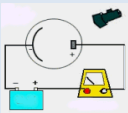
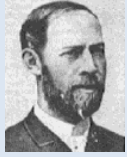
Figura 21: slide 40

Nos slides de 34 a 39 (fig. 20) apresentamos o modelo atômico de Bohr. Ao fazer isso ressaltamos que esse é o primeiro modelo atômico que teve como base as teorias da Mecânica Quântica, pois, para sua formulação, Bohr aplicou as teorias de Planck e Einstein ao modelo atômico de Rutherford. Além disso, a teoria dos espectros de linha foi utilizada ao explicar a luz emitida durante um salto quântico do elétron, a relação entre a energia e órbita ocupada pelo elétron e a quantização da energia.

No slide 40 (fig. 21) apresentamos o modelo atômico de Schrödinger, explicamos que esse é o modelo atômico mais aceito na comunidade científica, mas que devido a sua complexidade estudamos somente até o modelo atômico de Bohr, uma vez que ele ainda atende às necessidades, no nosso nível de ensino.

### EFEITO FOTOELÉTRICO

- Em 1887 Heinrich Hertz observou que, iluminando um par de eletrodos entre os quais se dava uma descarga elétrica luminosa, esta experimentava um aumento de intensidade.

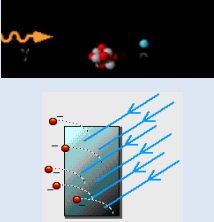



Heinrich Hertz (1857 - 1894)

41

### EFEITO FOTOELÉTRICO

- Isso sugeria que a luz fluía de alguma maneira sobre os metais, facilitando a produção da descarga.
- O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons de diversas superfícies metálicas sob a ação da luz.



42

Fig. 22: slides 41 e 42

### EFEITO FOTOELÉTRICO

- A energia das ondas eletromagnéticas era absorvida pelos elétrons do metal e essa energia fazia com que alguns elétrons fossem expelidos dele.
- Os elétrons expelidos apressavam a ionização do ar, o que facilitava o surgimento da faísca.

43

### EFEITO FOTOELÉTRICO

- Luz mais intensa ejeta mais elétrons com a mesma energia.
- Luz de baixa frequência não ejeta elétrons.
- Um fóton é completamente absorvido para cada elétron ejetado.
- O número de fótons controla o brilho do feixe luminoso.
- A frequência controla a energia de cada fóton individual.
- O efeito fotoelétrico prova as propriedades corpusculares da luz.

44

### APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOELÉTRICO

- Cinema falado.
- Transmissão de imagens por televisão.
- Controle de tamanho de peças.
- Ligar e desligar automaticamente a iluminação de ruas, faróis.
- Células fotoelétricas, em que a energia da luz controla a energia da corrente elétrica ou se transforma em corrente elétrica.
- Controle automático de entrada (catracas eletrônicas).
- Reconstrução de sons registrados nas películas do cinematógrafo.

45

Figura 23: slide 43 a 45

Concluimos a aula com os slides de 41 a 45 (fig. 22 e 23), com eles falamos sobre o efeito fotoelétrico, dando uma visão geral sobre o mesmo, ressaltando suas principais características e suas aplicações no cotidiano.

Solicitamos, ao final da aula, a leitura dos textos “O Modelo atômico de Bohr” (pág. 15) e “Efeito fotoelétrico” (pág. 22) da apostila 02 (apêndice E) a resolução dos exercícios de 8 a 13 da mesma para fixação do assunto abordado em sala.

### 7ª aula:

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivos: trabalhar os assuntos abordados na 6ª aula.

Atividades: a aula a seguir foi desenvolvida no laboratório de informática. Para isso, utilizamos computadores conectados à internet e com o programa JAVA. A atividade foi

desenvolvida em duplas e no início da aula, os estudantes receberam um roteiro (Apêndice F) com os passos a serem seguidos e perguntas dirigidas sobre os experimentos virtuais realizados. Ao final da aula as perguntas do roteiro, respondidas pelos estudantes, foi recolhido para correção.

A atividade está disponibilizada no site:

[http://ciencias.huascar.edu.pe/modulos\\_brasil/quimica/estrutura\\_atom/aradiacao.htm](http://ciencias.huascar.edu.pe/modulos_brasil/quimica/estrutura_atom/aradiacao.htm).

Figura 24: página inicial “Entendendo o átomo”

Figura 25: página “Um olhar dentro do átomo”



Entendendo o átomo

### A radiação eletromagnética

A luz é composta por um feixe de ondas eletromagnéticas que diferem entre si pelas frequências que apresentam. As radiações eletromagnéticas, já conhecidas, percorrem um vasto intervalo de frequências.

O espectro eletromagnético é dividido em classes, e o nome atribuído a essas classes, na maioria das vezes, é devido as suas utilizações. **Deslize a barra da atividade abaixo para ver os exemplos de comprimento de onda.**

Pressione a BARRA DE ESPAÇOS ou ENTER para ativar e usar este controle

Das ondas eletromagnéticas apresentadas na simulação acima, quais podem ser percebidas pelos nossos sentidos?

Figura 26: página “A radiação eletromagnética”

Entendendo o átomo

### O modelo de Bohr

Voltando à pergunta: **Por que os fogos de artifícios são coloridos?**

Veja como o modelo atômico proposto por Bohr pode ajudá-lo a encontrar uma resposta.

**Clique nas linhas pontilhadas e veja o que acontece. Em seguida responda as questões apresentadas.**

Níveis de Energia

Concluído

Figura 27: página “O modelo atômico de Bohr”

As figuras de 24 a 27 mostram as páginas iniciais das atividades virtuais realizadas durante a aula.

8ª aula

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivo: Visualizar experimentalmente as linhas espectrais para lâmpadas incandescente, fluorescente e lâmpada de mercúrio.

Atividades: a aula foi desenvolvida no laboratório de física, no início da aula os estudantes receberam um roteiro (Apêndice G) com as atividades a serem desenvolvidas na aula e com perguntas para serem respondidas no seu decorrer.

Durante a realização da atividade alertamos aos estudantes quanto aos cuidados relativos à exposição direta à lâmpada de mercúrio, por emitir radiação ultravioleta, que em contato com a pele pode causar danos.

No final da aula, o relatório foi recolhido para sua correção.

## 9ª aula

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivos: Analisar as principais características da luz visível, identificar as principais conclusões obtidas por Young em seu experimento da dupla fenda, definir a teoria do caráter dual da luz.

Atividades: a aula foi desenvolvida com a utilização dos seguintes slides:



 <p>GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO GERÊNCIA REGIONAL DE ENSINO DE TAGUATINGA <b>CENTRO DE ENSINO MÉDIO AVE BRANCA</b></p> <p><b>A LUZ VISÍVEL</b></p> <p>PROFª MIRELE SOUSA</p> <p>46</p>	<p><b>A luz visível</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onda eletromagnética cuja radiação pode ser detectada pela visão humana.</li> <li>• Sua frequência varia de <math>7,5 \cdot 10^{14}</math> Hz a <math>4,3 \cdot 10^{14}</math> Hz.</li> <li>• Para cada frequência de luz visível está associada uma cor. Nós humanos vemos numa faixa que vai do vermelho ao violeta, passando pelo verde, o amarelo e o azul.</li> </ul>  <p>47</p>
--	--

Figura 28: slides 46 e 47

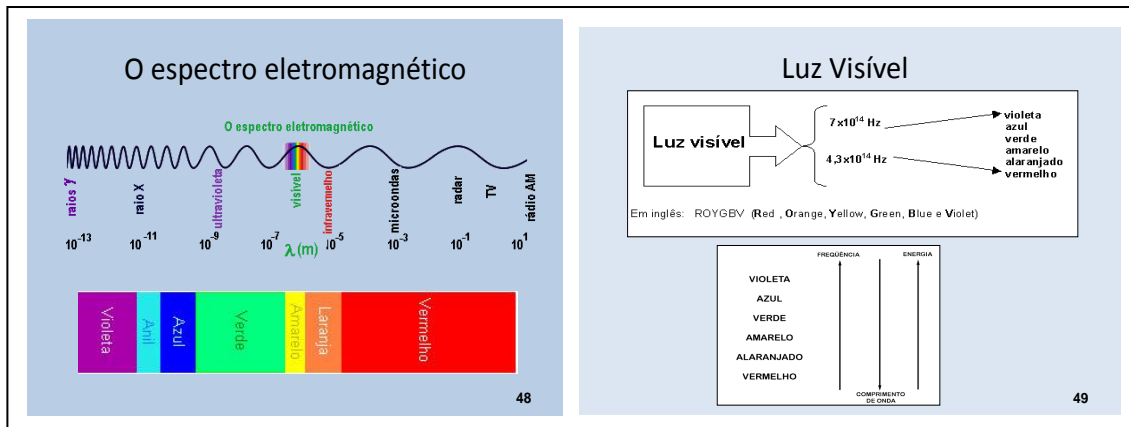


Figura 29: slides 48 e 49

Nos slides de 46 a 49 (fig. 28 e 29) revisamos a primeira definição que demos para a luz visível e situando-a no espectro eletromagnético. Nos slide 48 e 49 (fig. 29) apresentamos a relação entre as cores de luz visível e suas energias, frequências e comprimentos de onda. Nesse momento, ressaltamos que essa faixa de luz visível só é válida para nós, seres humanos, e que muitos animais enxergam as cores de forma diferente.

### Caráter dual da luz

- No século XVII havia uma grande controvérsia sobre a natureza da luz visível.
- Sir Isaac Newton (1642-1727) defendia a hipótese de que a luz era constituída de corpúsculos.
- Os principais fenômenos óticos (reflexão e refração) podiam ser explicados com o uso da teoria corpuscular.

50

### Caráter dual da luz

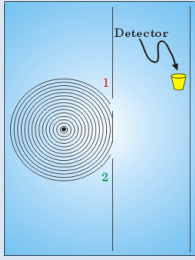
- Christiaan Huygens (1629-1695), defendia a teoria ondulatória.
- A autoridade científica de Newton fez prevalecer sua teoria por mais de um século.
- Por volta de 1801, uma bela experiência realizada por Thomas Young (1773-1829) resolveu a questão favoravelmente a Huygens.
- A experiência de Young provou que a luz era uma onda, porque os fenômenos da difração e da interferência, por ele descobertos, eram características exclusivamente ondulatórias.

51

Figura 30: slides 50 e 51

Nos slides 50 e 51 (fig. 30) relatamos aos estudantes a controvérsia que existia no século XVII sobre o caráter da luz, apresentando as posições de Isaac Newton e Christiaan Huygens sobre isso. Durante a exposição desses slides deixamos bem claro que a definição da luz como sendo partícula foi tida como verdadeira devido, principalmente, ao status de Isaac Newton e que essa teoria prevaleceu como correta até o início do século XX.

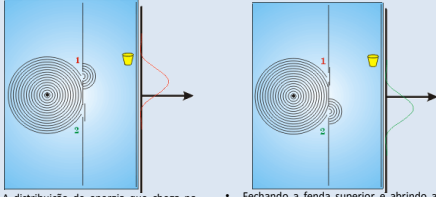
### A experiência de Young



- Ondas circulares são geradas quando a ponta de um bastão toca na água em iguais intervalos de tempo.
- A intensidade da onda, ou a energia transferida pela onda, é proporcional à altura alcançada pela rocha.

52


### A experiência de Young



- A distribuição de energia que chega no anteparo é dada pela curva vermelha.
- O formato desta curva varia conforme a largura da fenda, e o comprimento de onda (separação entre os círculos da figura).
- Fechando a fenda superior e abrindo a inferior, a distribuição de energia mantém seu formato, mas desloca-se para a posição em frente à fenda inferior.

53

### A experiência de Young




- As curvas tracejadas (verde e vermelha) representam os resultados anteriores, enquanto a curva contínua (azul) representa o que se observa.
- Diferentemente das curvas anteriores, esta curva obtida com as duas fendas abertas apresenta vários pontos onde a intensidade é nula.
- Entre estes pontos, a intensidade apresenta valores diferentes.
- O fenômeno responsável pelo resultado é denominado *interferência*, e a curva é usualmente denominada *padrão de interferência*.

54

Figura 31: slides 52 a 54

Nos slides 52 a 54 (fig. 31) apresentamos o experimento da dupla fenda de Young, realizada no intuito de provar o caráter ondulatório da luz, relatamos detalhadamente cada passo dado por ele em seu experimento, representado nos slides 52 e 53 (fig. 31), e suas conclusões (slide 54). Durante a explicação fizemos uma revisão dos fenômenos ondulatórios trabalhados na 3ª aula, dando ênfase aos fenômenos de difração e interferência, que são características próprias do movimento ondulatório.

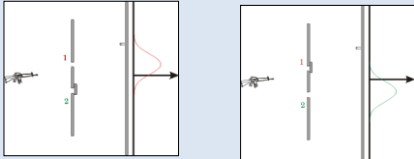
### A experiência com partículas



- Podemos usar balas atiradas contra fendas feitas num anteparo impenetrável.
- O detector pode ser uma lata com areia.
- O experimento é realizado assim: o detector é colocado em determinada posição enquanto a espingarda fica disparando.
- Ao final de determinado intervalo de tempo, conta-se o número de balas coletadas pelo detector.
- A distribuição de balas atingindo diferentes posições é obtida pela repetição desse procedimento, com o detector sendo colocado nas diversas posições.

55

### A experiência com partículas

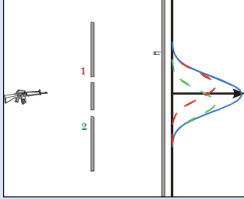


- Com a fenda inferior bloqueada, a distribuição de balas atingindo o anteparo tem o formato da figura anterior, mas passa a ser centralizada no ponto em frente à fenda superior.
- Com a fenda superior bloqueada, a distribuição tem o mesmo formato da anterior, mas passa a ser centralizada no ponto em frente à fenda inferior.

56

Figura 32: slides 55 e 56

**A experiência com partículas**



- Com ambas as fendas abertas, a distribuição é a soma das anteriores.
- O resultado é completamente diferente daqueles obtidos com ondas de água ou com luz.
- Isto é, as partículas não apresentam os fenômenos de difração e interferência.
- Portanto, como se trata de fenômeno exclusivamente ondulatório, Young concluiu que a luz é uma onda (conforme o modelo de Huygens) e não um conjunto de corpúsculos, conforme o modelo de Newton.

57

Figura 33: slide 57

Nos slides de 55 a 57 (fig. 32 e 33) apresentamos o experimento da dupla fenda realizado com partículas, para que pudéssemos mostrar aos estudantes as diferenças entre os comportamentos de ondas e partículas, justificando assim, as conclusões obtidas por Young.

**Caráter dual da luz**

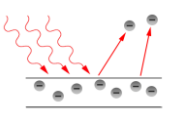
- Em 1905, para explicar o **efeito fotoelétrico** Einstein usou uma idéia similar a de Newton, segundo a qual, ao invés de pensarmos na luz como uma onda, deveríamos imaginá-la constituída de corpúsculos, denominados fótons.
- Com o sucesso da explicação do efeito fotoelétrico, ficou provado que a luz tem um caráter dualístico.
- Dependendo das circunstâncias, poderia ser vista como onda (apresentando, p.ex. o fenômeno da interferência e da difração), ou como partícula (apresentando o efeito fotoelétrico).

58

**Efeito fotoelétrico**

- Quando a luz incide sobre a superfície de um metal, elétrons podem ser extraídos dessa superfície
- A energia das ondas eletromagnéticas é absorvida pelos elétrons do metal e essa energia faz com que alguns elétrons sejam expelidos dele.

[Aplicet Efeito fotoelétrico](#)



59

Figura 34: slides 58 e 59

Nos slides 58 e 59 (fig. 34) apresentamos as explicações de Albert Einstein para o efeito fotoelétrico e suas conclusões sobre o caráter dual da luz; falamos sobre a importância do estudo de Einstein para o desenvolvimento da ciência como um todo e do prêmio Nobel que ele ganhou por suas “descobertas” sobre o efeito fotoelétrico. Ao definir o caráter dual da luz, enfatizamos o fato dela se comportar ora como partícula ora como onda e que as duas situações podem ocorrer, mas em circunstâncias diferentes.

Para melhor entendimento dos estudantes sobre o que é o efeito fotoelétrico fizemos uso de um “applet” disponível na internet (fig. 34), no endereço: <http://br.geocities.com/saladefisica3/laboratorio/fotoeletrico/fotoeletrico.htm>, que mostra o

efeito fotoelétrico em vários metais. Através de seu uso, foi possível mostrar que os elétrons só saltam fora do metal se uma certa energia é alcançada, e que isto é determinado pelo comprimento de onda, e não pela intensidade da luz.

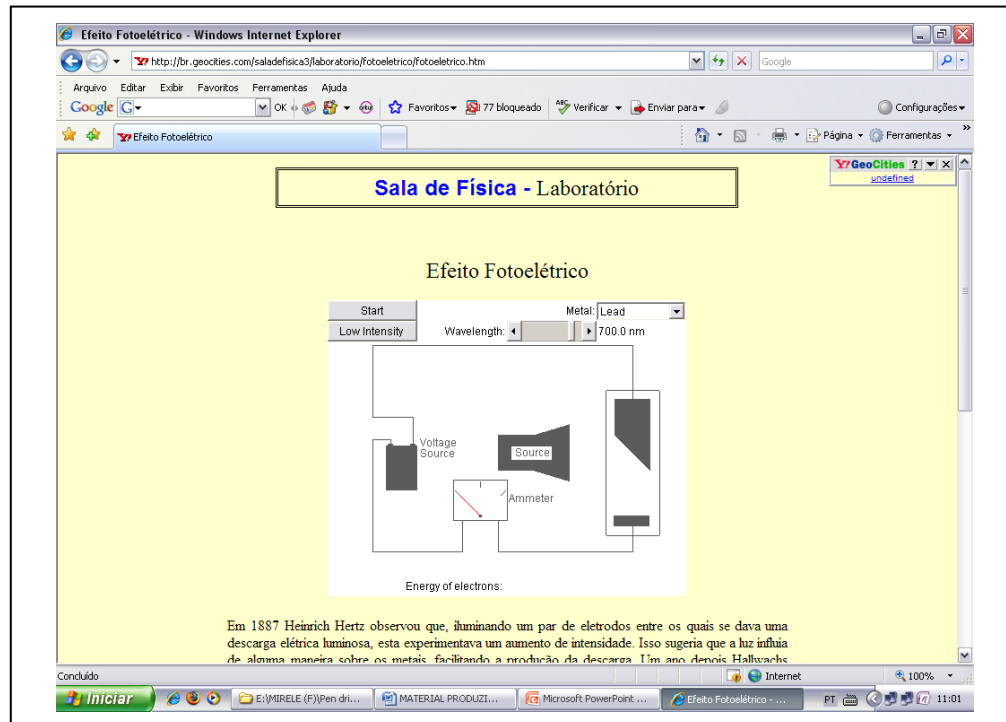


Figura 35: página inicial do applet “Efeito fotoelétrico”

### Caráter dual da luz

- Completando o ciclo da dualidade partícula-onda, *Louis de Broglie* sugeriu o contrário, isto é, que uma partícula poderia apresentar comportamento ondulatório.
- Tal como a luz, o caráter ondulatório de uma partícula deveria ser comprovada através de uma experiência de difração ou interferência.
- O trabalho de de Broglie foi publicado em 1923, e já em 1927, Davisson e Germer realizaram uma experiência na qual se observava a difração de um feixe de elétrons através de um cristal de níquel.
- Embora esta tenha sido a primeira experiência comprovando o caráter ondulatório de uma partícula, ela não é uma experiência do tipo dupla fenda como a que Young realizou com a luz.
- Este tipo de experiência só foi realizada com elétrons em 1961, por Claus Jönsson.


60

Figura 36: slide 60

O último slide apresentado foi o slide 60 (fig. 36) no qual falamos sobre o trabalho de Louis de Broglie, sem grande aprofundamento, somente como uma informação complementar. Ao final dessa aula foi entregue aos estudantes um folder (fig. 37 e 38) falando sobre a natureza dual da luz e foi solicitado a resolução das questões 14 e 15 da apostila 02 (Apêndice E).


**Referências Bibliográficas**

- BISCUOLA, Gualter José. Tópicos de física, 3: eletricidade, física moderna, análise dimensional / Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas, Ricardo Helou Doca. 17. ed. Refom. E ampl. – São Paulo: Saraiva, 2007
- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_viss%C3%ADvel](http://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_viss%C3%ADvel)
- <http://www.guia.heu.nom.br/fotometria.htm>
- [http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m\\_s06.html#exp01](http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s06.html#exp01)
- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric\\_effect.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Photoelectric_effect.png)



GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL  
SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO  
GERÊNCIA REGIONAL DE ENSINO DE TAGUATINGA

**CENTRO DE ENSINO MÉDIO AVE BRANCA**



**A LUZ VISÍVEL**

Prof<sup>a</sup>: Mirele Sousa

2º Ano

Figura 37: “folder” sobre a natureza da luz

**LUZ VISÍVEL**

Onda eletromagnética cuja radiação pode ser detectada pela visão humana. Sua frequência varia de  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz a  $4,3 \cdot 10^{14}$  Hz.

Para cada frequência de luz visível está associada uma cor. Nós humanos vemos numa faixa que vai do vermelho ao violeta, passando pelo verde, o amarelo e o azul.

O espectro eletromagnético

FREQÜÊNCIA      ENERGIA

VIOLETA  
AZUL  
VERDE  
AMARELO  
ALARANJADO  
VERMELHO

COMPRIMENTO DE ONDA

**Caráter Dual da Luz**

- No século XVII havia uma grande controvérsia sobre a natureza da luz visível.
- Sir Isaac Newton (1642-1727) defendia a hipótese de que a luz era constituída de corpúsculos.

- Os principais fenômenos óticos (reflexão e refração) podiam ser explicados com o uso da teoria corpuscular.
- Christiaan Huygens (1629-1695), defendia a teoria ondulatória.
- A autoridade científica de Newton fez prevalecer sua teoria por mais de um século.
- Por volta de 1801, uma bela experiência realizada por Thomas Young (1773-1829) resolveu a questão favoravelmente a Huygens.
- A experiência de Young provou que a luz era uma onda, porque os fenômenos da difração e da interferência, por ele descobertos, eram características exclusivamente ondulatórias.

- Em 1905, para explicar o efeito fotoelétrico *Einstein* usou uma idéia similar a de Newton, segundo a qual, ao invés de pensarmos na luz como uma onda, deveríamos imaginá-la constituída de corpúsculos, denominados fótons.

- Com o sucesso da explicação do efeito fotoelétrico, ficou provado que a luz tem um caráter dualístico.
- Dependendo das circunstâncias, poderia ser vista como onda (apresentando, p.ex. o fenômeno da interferência e da difração), ou como partícula (apresentando o efeito fotoelétrico).
- Completando o ciclo da dualidade partícula-onda, *Louis de Broglie* sugeriu o contrário, isto é, que uma partícula poderia apresentar comportamento ondulatório.
- Tal como a luz, o caráter ondulatório de uma partícula deveria ser comprovada através de uma experiência de difração ou interferência.
- O trabalho de de Broglie foi publicado em 1923, e já em 1927, Davisson e Germer realizaram uma experiência na qual se observava a difração de um feixe de elétrons através de um cristal de níquel.
- Embora esta tenha sido a primeira experiência comprovando o caráter ondulatório de uma partícula, ela não é uma experiência do tipo dupla fenda como a que Young realizou com a luz.
- Este tipo de experiência só foi realizada com elétrons em 1961, por Claus Jönsson.

Figura 38: “folder” sobre a natureza da luz



**10ª aula**

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivos: Trabalhar as principais características das ondas eletromagnéticas e relacionar o conteúdo desenvolvido em sala de aula, com o cotidiano.

Atividades: durante a aula os estudantes apresentaram os “folders” produzidos por eles, constando, para cada radiação, o meio de produção, suas utilizações, benefícios e malefícios de seu uso. Essa atividade foi solicitada ao final da 5ª aula.

A turma foi dividida em 6 (seis) grupos, cada grupo ficou responsável por um tipo de radiação, exceto luz visível, apresentada pela professora na aula anterior.

Os estudantes fizeram apresentação oral das características da onda eletromagnética e, ao final da aula, entregaram, a cada colega da turma, um folder contendo as mesmas informações. Eles foram avaliados pela exposição oral e pelo “folder” entregue. Os “folders” produzidos por eles encontram-se no anexo I dessa dissertação.

**11ª aula**

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivo: Trabalhar os seguintes conteúdos: ondas eletromagnéticas, efeito fotoelétrico e caráter dual da luz.

Atividade: durante a aula foi realizado um estudo dirigido (Apêndice H), individualmente, contendo questões sobre as características de cada tipo de onda eletromagnética, o efeito fotoelétrico e o caráter dual da luz. Durante a atividade os estudantes puderam consultar os textos de apoio ao estudante (Apêndices C e E) e os “folders” produzidos por eles.

**12ª aula:**

Tempo previsto: 2 h/aula.

Objetivo: Trabalhar os seguintes conteúdos: ondas eletromagnéticas, efeito fotoelétrico e caráter dual da luz.

Atividades: durante a aula fizemos a correção do estudo dirigido da aula anterior e resolvemos, coletivamente, exercícios (Apêndice I) sobre os temas trabalhados; nessa aula demos ênfase às questões que tiveram um baixo nível de acerto no estudo dirigido, onde os estudantes tiveram maiores dificuldades de compreensão.

### **13ª aula:**

Tempo previsto: 1 h/aula.

Durante essa aula foi feito o pós-teste (Apêndice A) e os estudantes responderam um questionário opinativo (apêndice K) sobre as aulas desenvolvidas.

### **Prova Bimestral**

Aproximadamente duas semanas após a 13ª aula foi aplicada aos estudantes a prova bimestral. Na escola onde desenvolvemos o nosso projeto foi instituída a chamada ‘semana de prova’. Nessa semana são três dias de provas, montadas em três blocos: 1. Linguagens e Códigos, 2. Matemática, Ciências da Natureza e suas Tecnologias e 3. Ciências Humanas. Todos os blocos são constituídos de questões em que se deve marcar uma única alternativa correta e sua correção é feita através do gabarito preenchido pelos estudantes.

Para montar a prova bimestral (Apêndice J) escolhemos 6 questões onde, dentre essas, 4 foram questões aplicadas em vestibulares passados. Escolhemos os seguintes temas para serem avaliados: características gerais das ondas eletromagnéticas (OEM), uso de algumas OEM no cotidiano, modelo atômico de Bohr, caráter dual da luz e efeito fotoelétrico.

## CAPÍTULO 6 - RESULTADOS OBTIDOS

Para a verificação da aprendizagem significativa dos conceitos por nós desenvolvidos durante a aplicação do tratamento, utilizamos vários instrumentos para a coleta dos dados obtidos. O principal instrumento por nós utilizado para balizar os conhecimentos adquiridos pelos grupos de controle e experimental, foram os pré e pós-testes (Apêndice A), questionário adaptado da dissertação de SCHMITT (2005) e que foi aplicado no início do tratamento e depois dele. Além do pré e pós-teste usaremos os dados colhidos durante a realização do estudo dirigido 2 (Apêndice H) e da avaliação bimestral (Apêndice K) aplicados ao grupo experimental. Para a análise das impressões dos estudantes sobre o desenvolvimento das atividades propostas aplicamos também um questionário opinativo (Apêndice K), também adaptado da dissertação de SCHMITT (2005).

O pré e o pós-testes são idênticos, compostos de dez questões de múltipla escolha, cada uma com 4 (quatro) itens, sendo apenas um item correto (destacado em negrito). Apresentaremos agora os resultados obtidos nos pré e pós-teste em forma de gráficos de barras. Em cada questão o primeiro gráfico apresenta os resultados obtidos pelo grupo de controle (GC) e o segundo, apresenta os resultados do grupo experimental (GE). Depois disso, apresentamos os gráficos de barras com o desempenho geral (Fig. 59 e 60) para cada um dos grupos, contendo o percentual de acerto para cada questão nos dois testes aplicados.

É importante ressaltar que os pré e pós-teste são compostos de questões que envolvem o tópico Ondas Eletromagnéticas, abordando visões da Física Clássica e da Física Moderna e Contemporânea e que, durante a resolução do pré-teste, foi solicitado aos estudantes que não deixassem respostas em branco, procurando marcar a alternativa que mais se aproximasse do que ele acreditasse ser verdadeiro.

O estudo dirigido 2 e a prova bimestral foram aplicados somente ao grupo experimental. Apresentamos, em forma de gráfico de barras, os resultados obtidos por esse grupo nesses instrumentos de avaliação com o intuito de confrontar os resultados obtidos no pós-teste e nesses instrumentos de avaliação.

### 6.1- O PRÉ E O PÓS-TESTES

1. O que você entende por radiação eletromagnética?

a) espécie de veneno que é emitido pelos materiais “radioativos”;

b) a ação de rádio-amadores;

**c) onda eletromagnética que se propaga no vácuo, com velocidade de 300.000 km/s;**

d) propriedade de transmitir informações, por qualquer forma de transmissão.

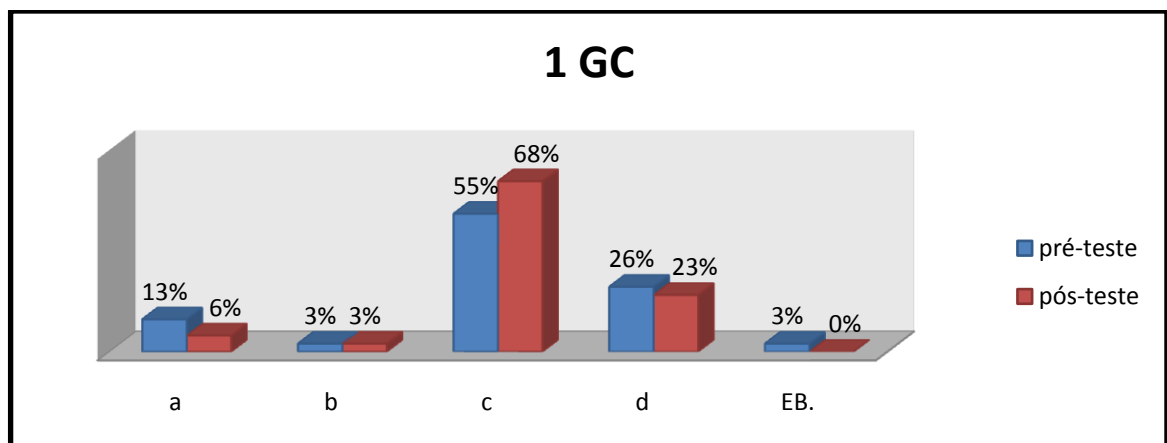


Fig. 39: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 01

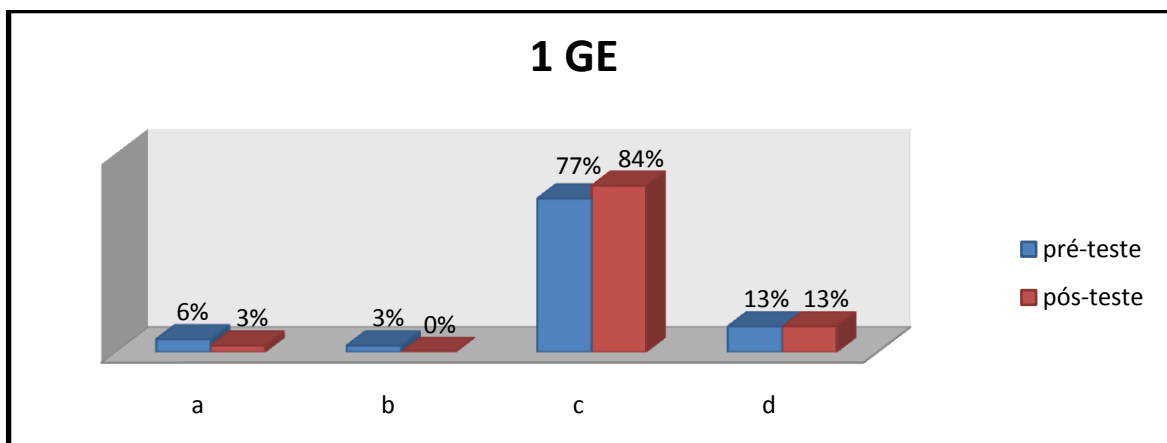


Fig. 40: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 01

2. O que você entende por espectro eletromagnético?

a) forma de ser que pode atravessar obstáculos;

**b) conjunto de frequências das ondas eletromagnéticas;**

c) faixa determinada de frequência das ondas de rádio AM;

d) meio por onde se propagam as ondas eletromagnéticas;

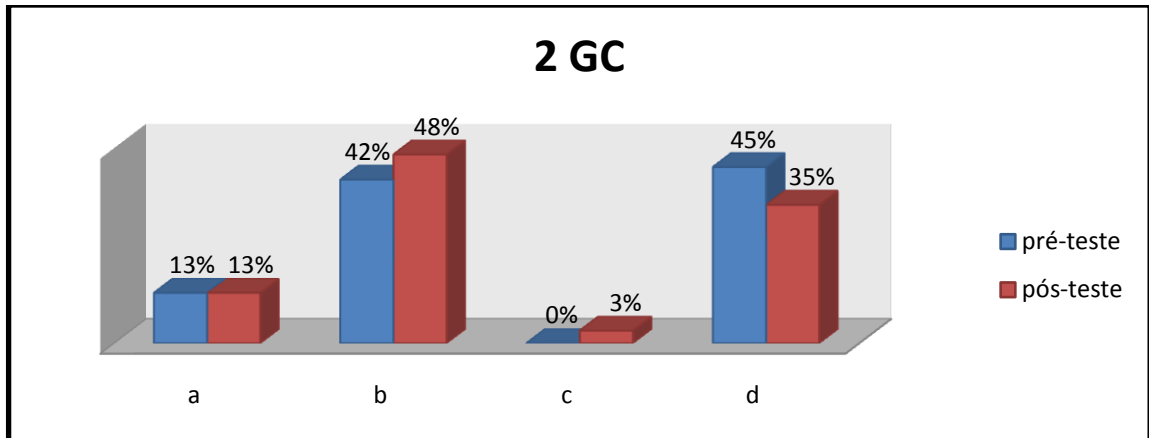


Fig. 41: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 02

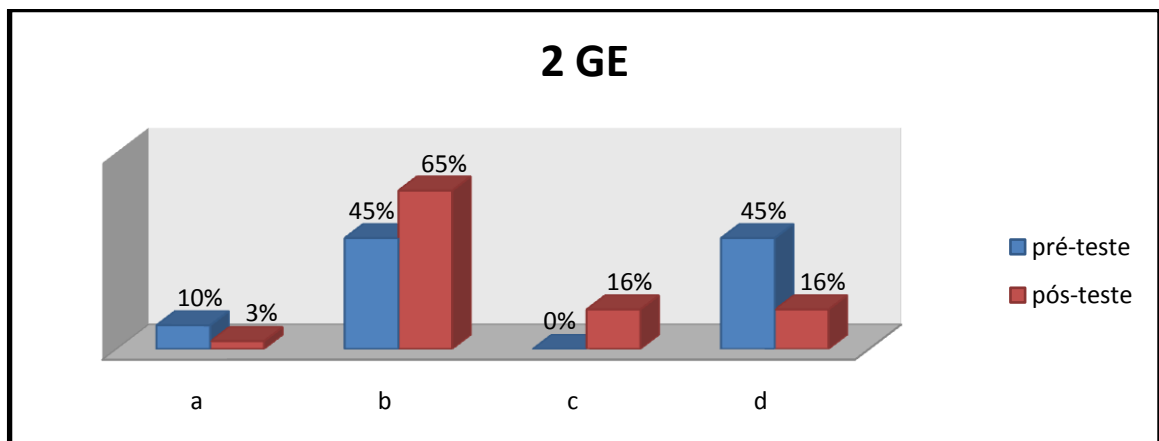


Fig. 42: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 02

3. Qual a diferença entre calor e temperatura?

a) calor é a sensação que sentimos, quando somos expostos a altas temperaturas e temperatura é o que marca o termômetro;

b) temperatura é uma sensação humana e o calor é um fluído que emana dos corpos mais quentes que nós;

**c) calor é a radiação térmica emitida por um corpo devido a diferença de temperatura entre ele e o meio onde se encontra, enquanto que a temperatura é uma medida do grau médio de vibração das moléculas que constituem o corpo a ser observado;**

d) calor é um tipo de fluído solar e temperatura é um estado de equilíbrio térmico com o ambiente.

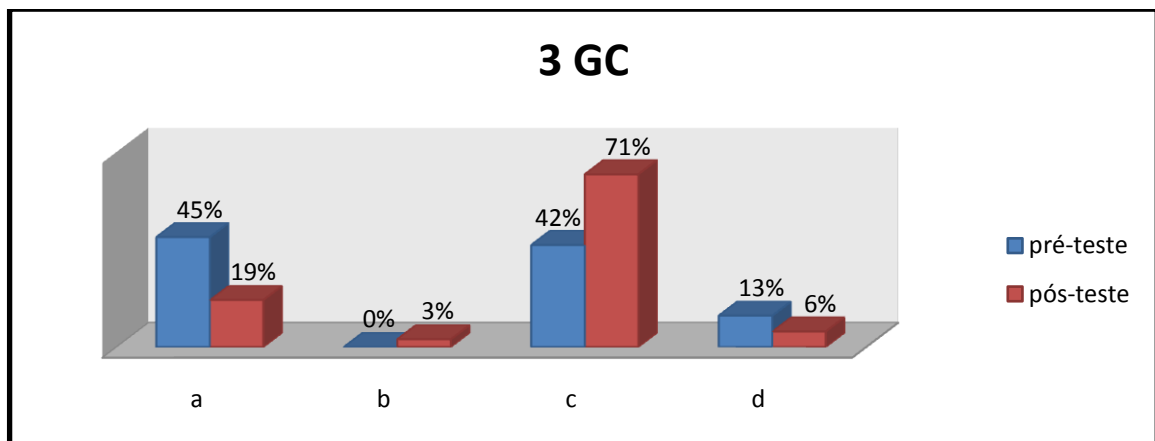


Fig. 43: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 03

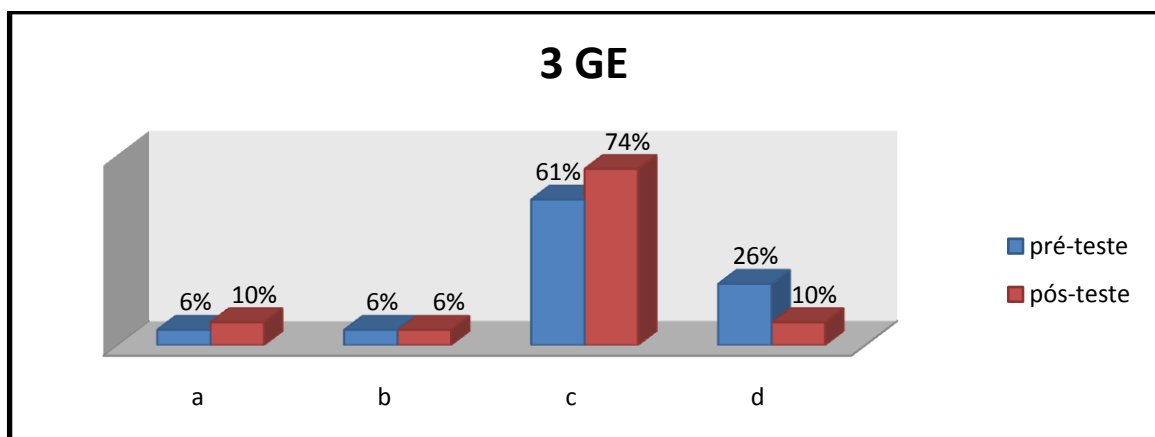


Fig. 44: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 03

4. Existe alguma forma de se detectar uma radiação eletromagnética, sem o uso de aparelhos eletrônicos?

**a) sim, dependendo da frequência da radiação a ser detectada;**

b) não, radiação eletromagnética necessita de aparelhos elétricos ressonantes (que repercute o som; que faz eco);

c) sim, podemos detectar as radiações eletromagnéticas utilizando o sentido do olfato, pois a radiação eletromagnética tende a queimar os corpos sobre os quais ela incide;

d) não, pois não podemos determinar de onde elas procedem. Precisamos primeiro localizar a sua fonte.

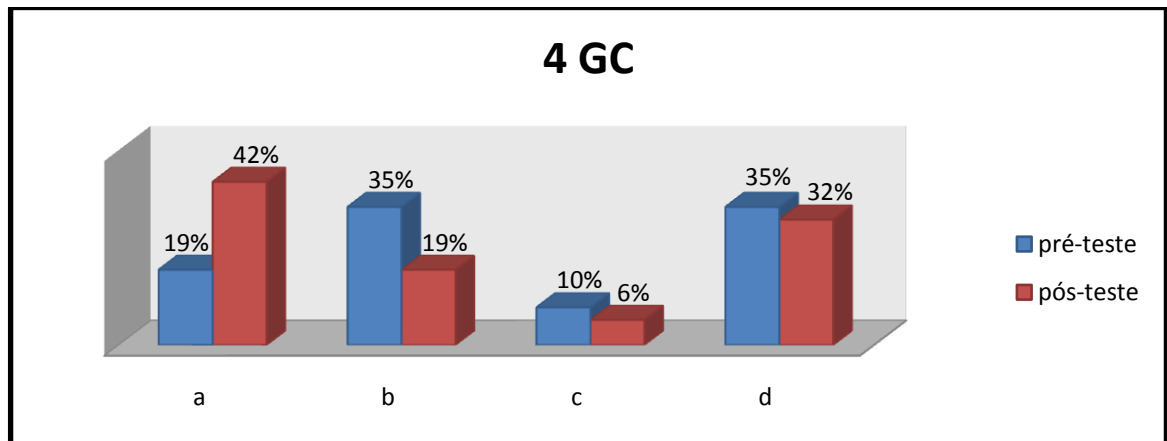


Fig. 45: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 04

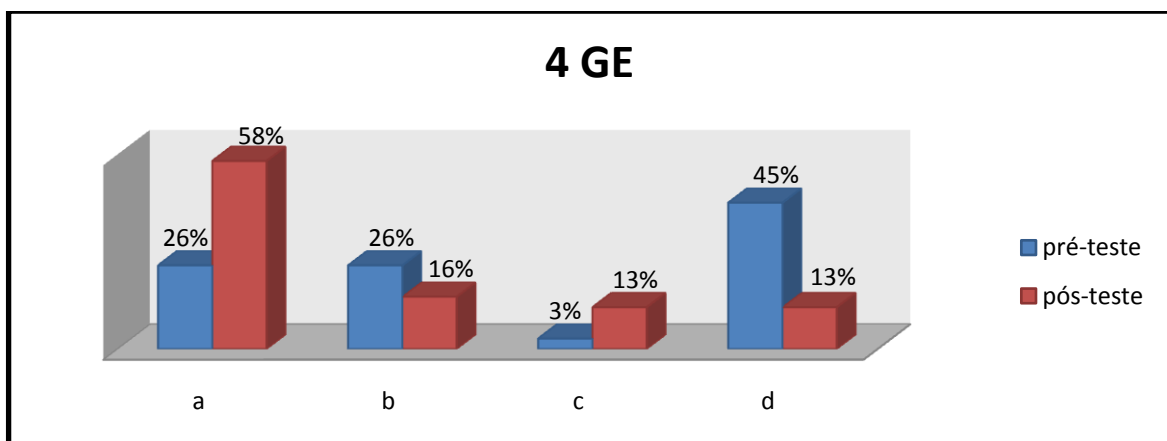


Fig. 46: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 04

5. A frequência de uma onda eletromagnética pode dar alguma informação sobre a fonte que a emitiu?

a) não, pois a frequência depende apenas do meio em que a onda se propaga;

**b) sim, uma vez que a frequência é determinada pela fonte que a emitiu;**

c) não, pois a frequência da onda eletromagnética sempre pode ser transformada por interferência de outras fontes;

d) sim, devido ao vácuo.

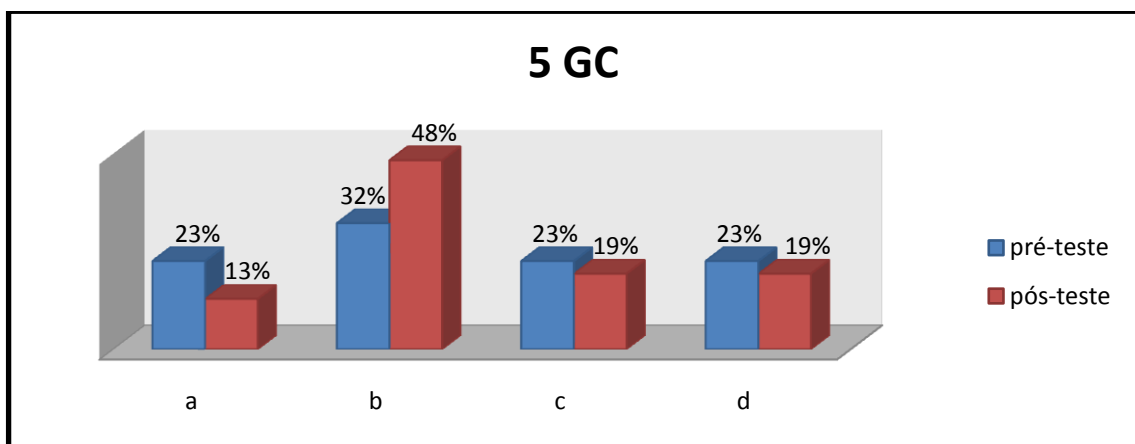


Fig. 47: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 05

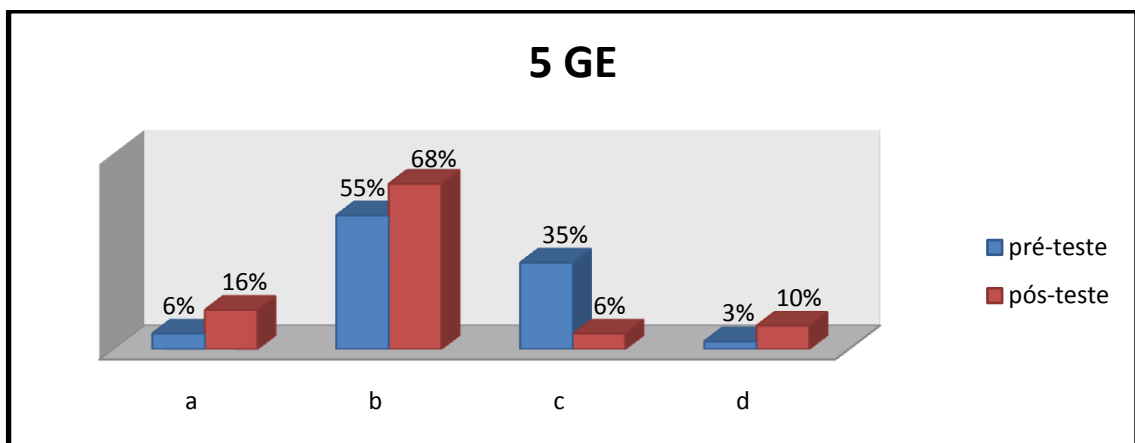


Fig. 48: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 05



6. Os raios X (tipo de radiação eletromagnética), utilizados amplamente na Medicina, são prejudiciais à saúde, por quê?

a) porque os aparelhos que emitem os raios X têm em seu interior elementos químicos radioativos;

b) porque os raios X atravessam o nosso corpo;

**c) porque a sua radiação é ionizante, ou seja, pode alterar a configuração eletrônica das moléculas que constituem os tecidos vivos;**

d) por que os aparelhos de raios X necessitam de altas-voltagens para funcionar.

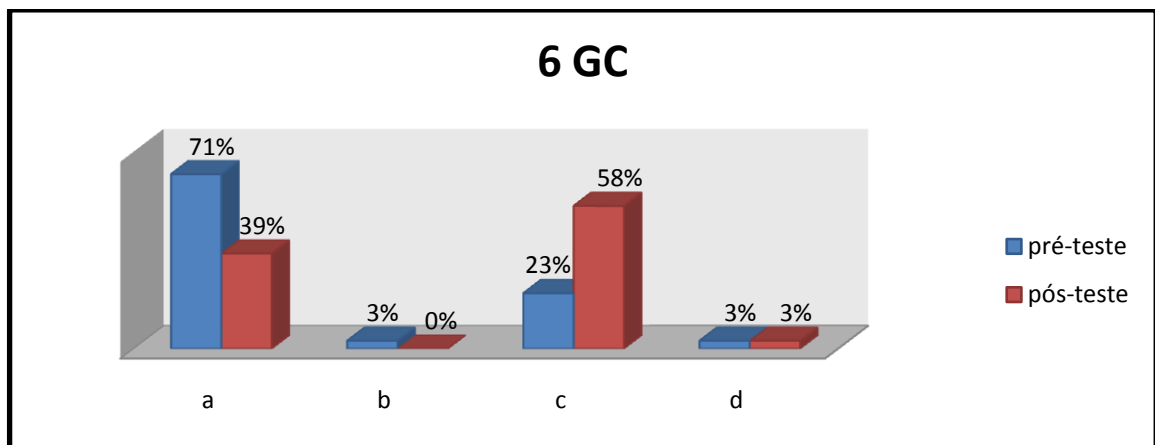


Fig. 49: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 06

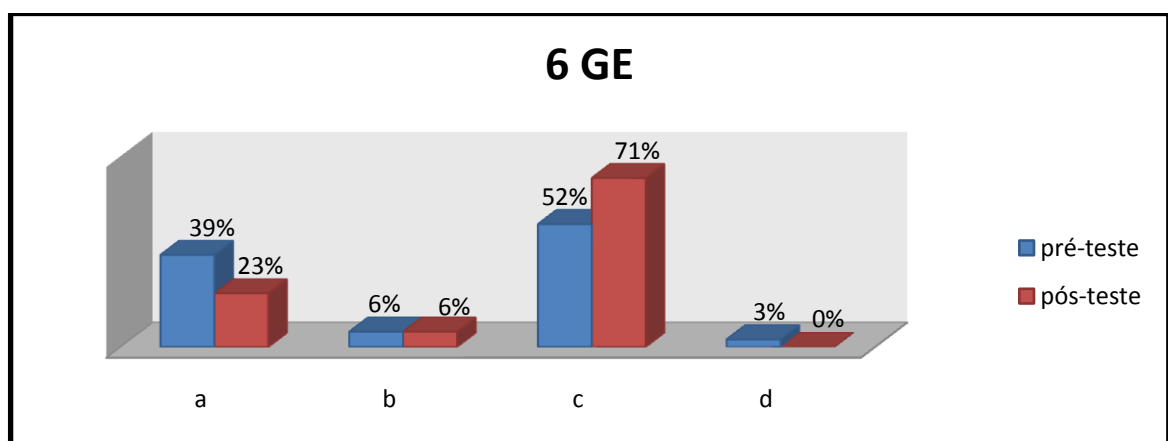


Fig. 50: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 06

7. O que você entende por dualidade onda-partícula?

**a) a propriedade das ondas eletromagnéticas de se comportarem como ondas e como partículas, simultaneamente;**

b) a propriedade de uma partícula qualquer ser transformada em uma onda, por ação de radiação qualquer;

c) é a função do nêutron ao sofrer decaimento radioativo;

d) são ondas periódicas formadas por um aglomerado de partículas que viajam pelo vácuo.

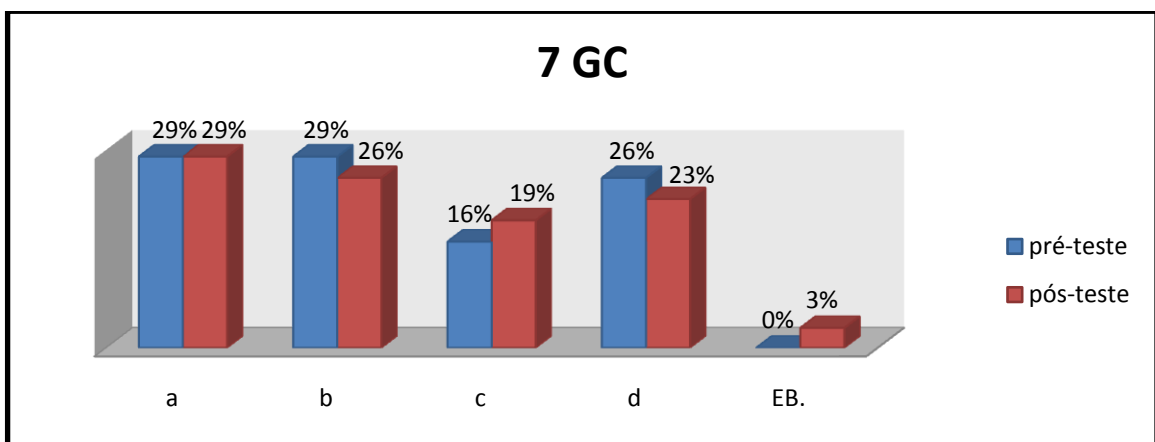


Fig. 51: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 07

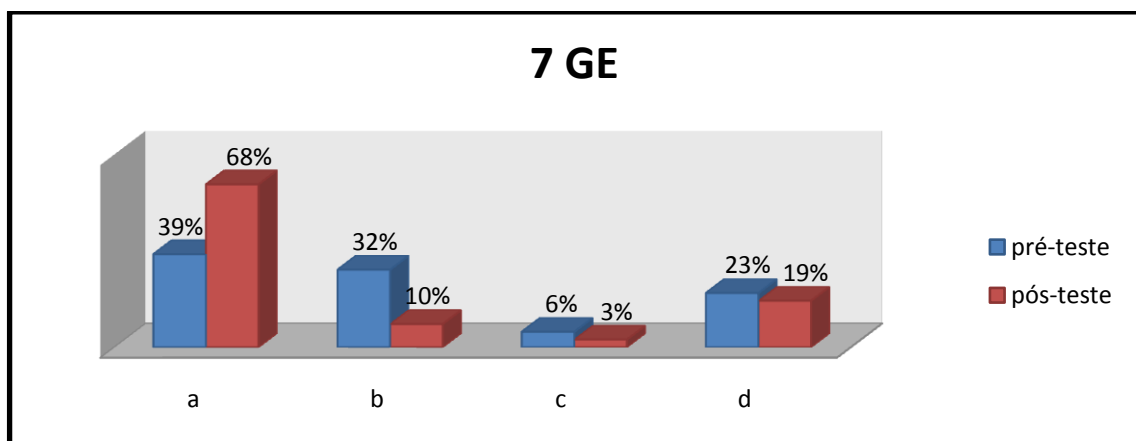


Fig. 52: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 07

8. O que você entende por fóton?

a) partícula subatômica que constitui a luz visível;

**b) pacote de energia bem definida que se propagam no vácuo à 300.000 km/s;**

c) luz emitida por um flash eletrônico;

d) partículas que provêm de lâmpadas fluorescentes, sem cor definida.

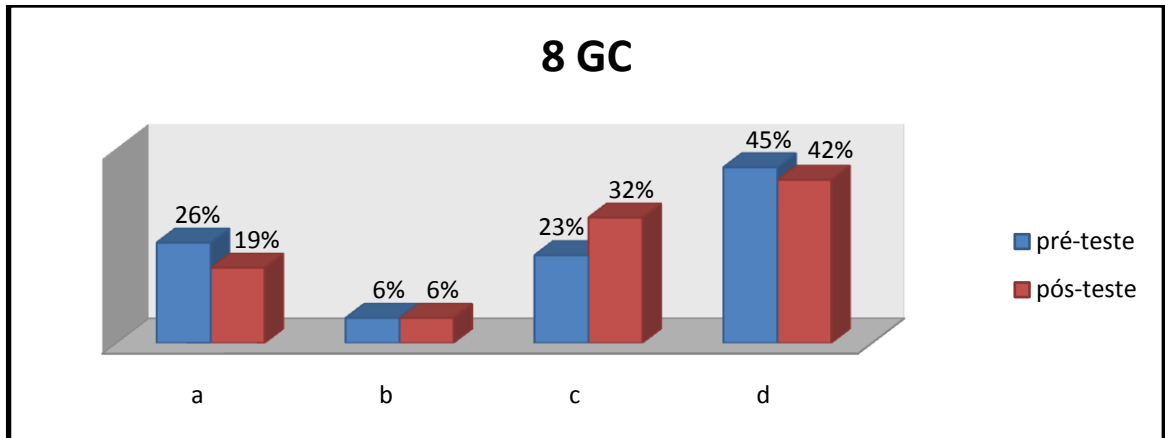


Fig. 53: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 08

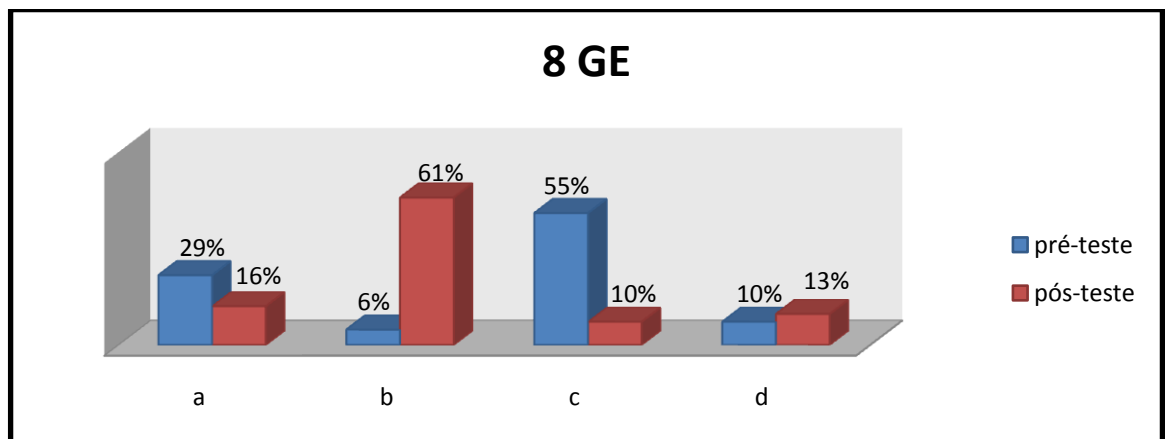


Fig. 54: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 08

9. O que você entende por “órbitas quantizadas” dos elétrons nos átomos?

a) significa que há um determinado número inteiro de elétrons que podem participar das variadas órbitas possíveis nos átomos;

b) significa que as órbitas são na verdade estados de energia bem definidos, onde existe uma probabilidade de se encontrar elétrons;

c) que é possível contar as camadas eletrônicas dos átomos;

d) são órbitas dos elétrons, em torno do núcleo, que possuem um número inteiro de energia cinética de translação.

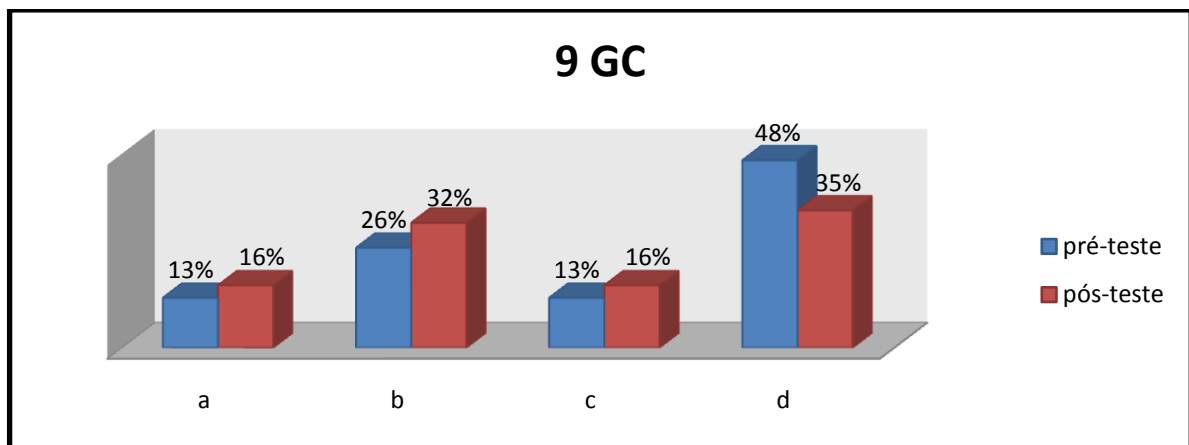


Fig. 55: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 09

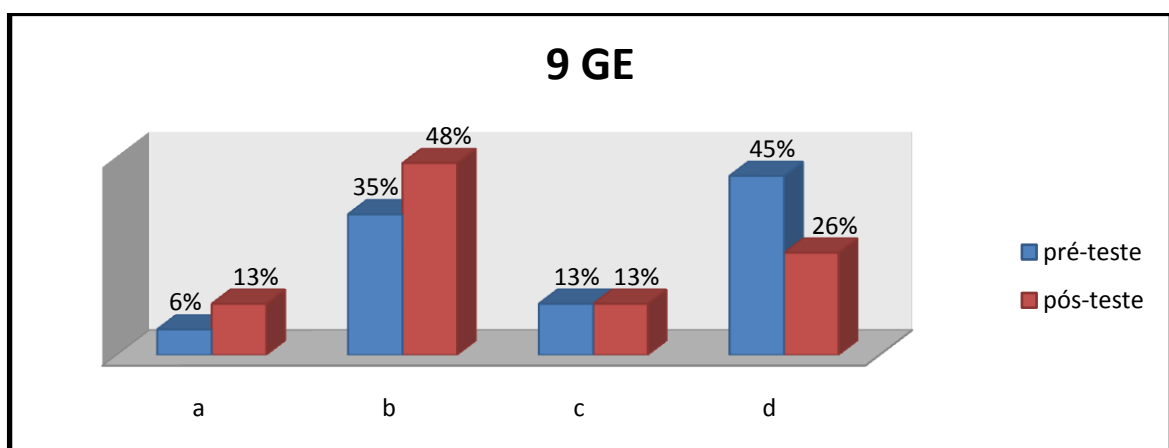


Fig. 56: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 09

10. A radiação eletromagnética produzida por todos os aparelhos eletrônicos são inofensivos à saúde humana?

a) sim, pois todos os aparelhos eletrônicos disponíveis são criteriosamente analisados antes de serem colocados no mercado;

b) sim, pois todos os aparelhos utilizados oferecem uma blindagem eficiente às radiações nocivas;

c) não, pois dependendo do aparelho a radiação emitida pode ser ionizante, prejudicando assim a saúde humana;

d) não, uma vez que sendo uma radiação eletromagnética há sempre perigo da exposição a essa radiação.

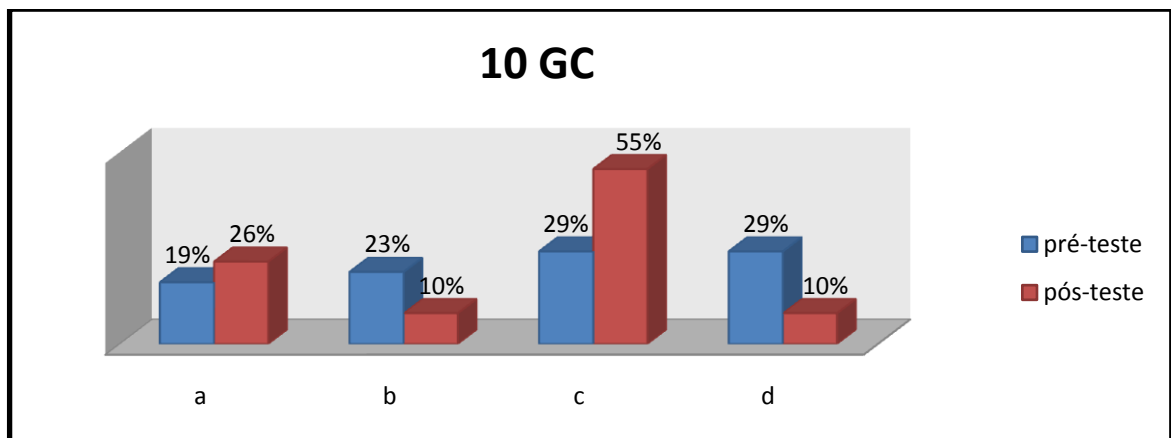


Fig. 57: respostas dos testes – Grupo Controle – Questão 10

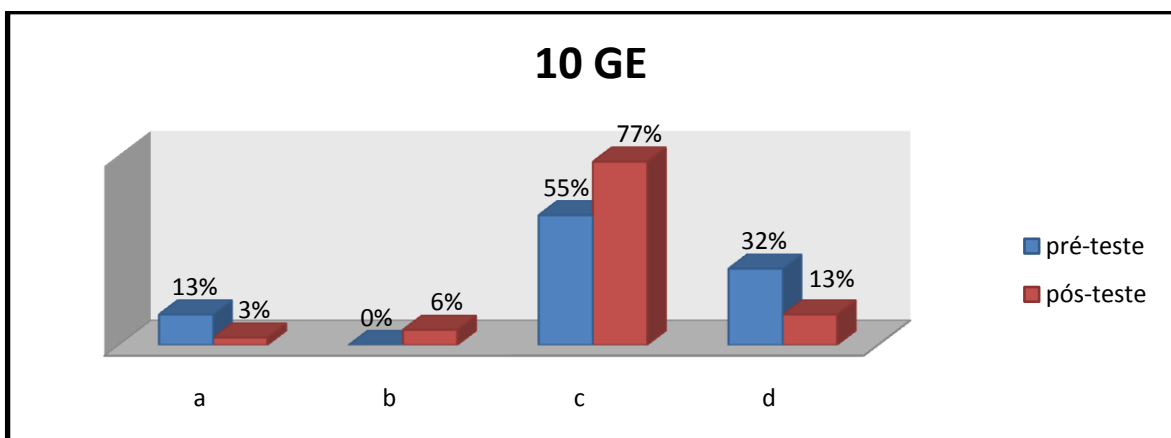


Fig. 58: respostas dos testes – Grupo Experimental – Questão 10

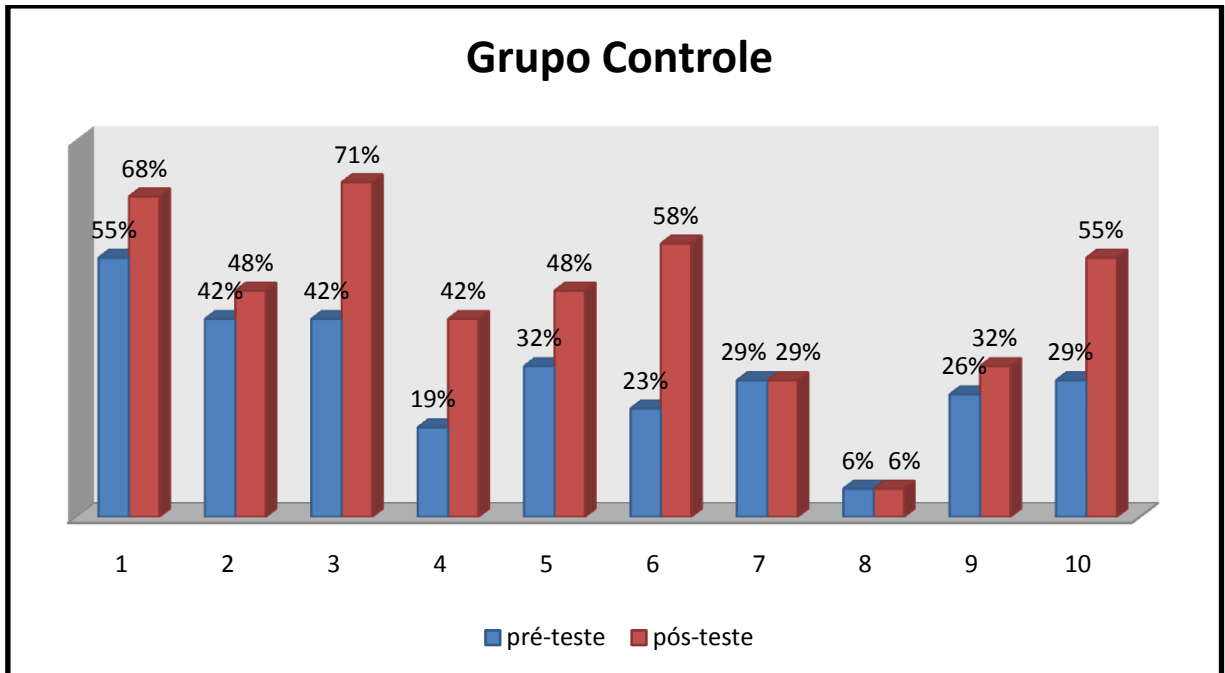


Fig. 59: gráfico de barras com o desempenho geral no pré e pós-testes – grupo controle

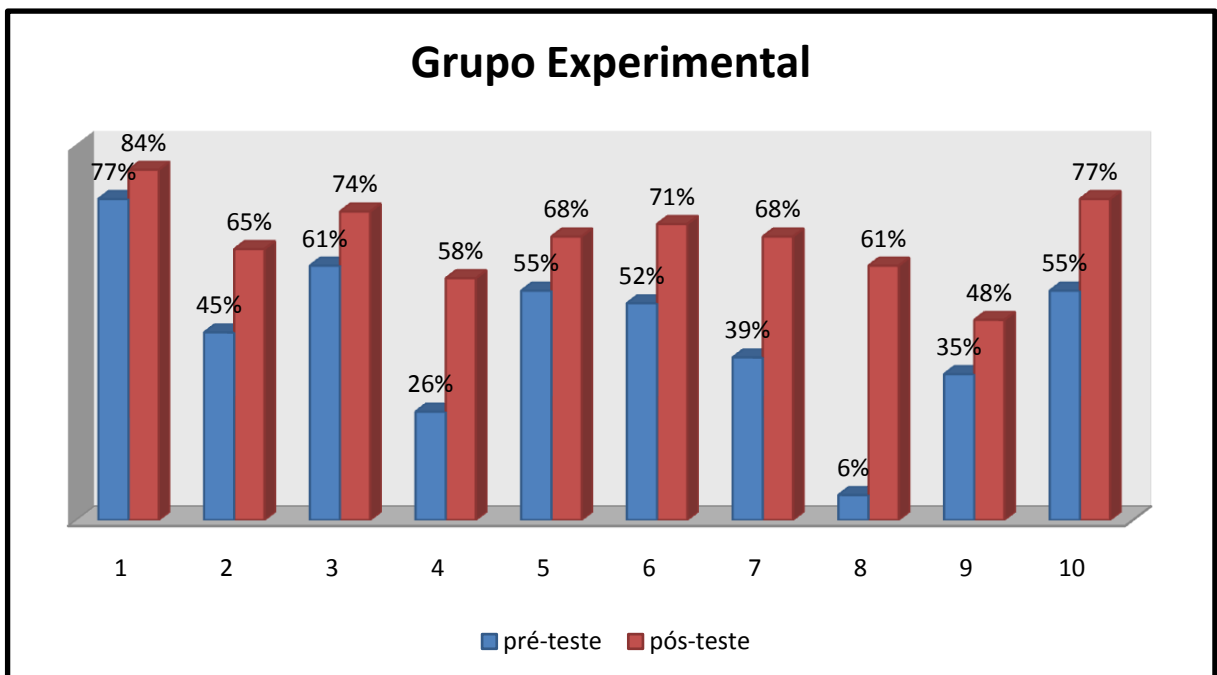
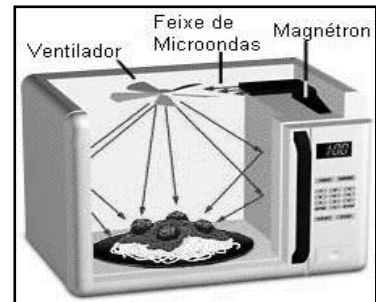


Fig. 60: gráfico de barras com o desempenho geral no pré e pós-testes – grupo experimental

## 6.2 - ESTUDO DIRIGIDO

Esta atividade teve como objetivo de revisar os conteúdos trabalhados durante o bimestre, ondas eletromagnéticas. Sua realização foi individual e foi permitido consultar a apostila sobre o conteúdo e os folders produzidos pela turma sobre o assunto.

1. (UnB – 2001) Como qualquer outra radiação, as microondas podem ser refletidas, transmitidas ou absorvidas, dependendo do material com que interagem. O forno de microondas utiliza todos esses três fenômenos. No forno, como ilustra a figura ao



lado, um dispositivo chamado magnétron gera microondas de frequência igual a 2,45 GHz que, por meio de um dispersor, são inseridas no interior do forno em várias direções, visando minimizar a formação de ondas estacionárias. As microondas são, então, refletidas pelas paredes metálicas do forno e absorvidas pelas moléculas de água do alimento colocado no seu interior. A partir dessas informações, julgue os itens que se seguem.

- a. ( ) No interior do forno de microondas, as moléculas de água do alimento são responsáveis pela conversão de energia eletromagnética em energia térmica.
- b. ( ) Considerando que as microondas não conseguem atingir as moléculas de água que estão a uma maior profundidade em peça grande de alimento, é correto afirmar que as partes internas dessa peça serão cozidas principalmente devido às correntes de convecção.
- c. ( ) Vasilhames apropriados para cozer alimentos em microondas devem ser feitos de matérias que absorvam radiação eletromagnética na faixa de  $2 \cdot 10^9$  Hz a  $3 \cdot 10^9$  Hz.

- d. ( ) A eliminação das ondas estacionárias pela atuação do dispersor permite que os alimentos sejam cozidos mais uniformemente.

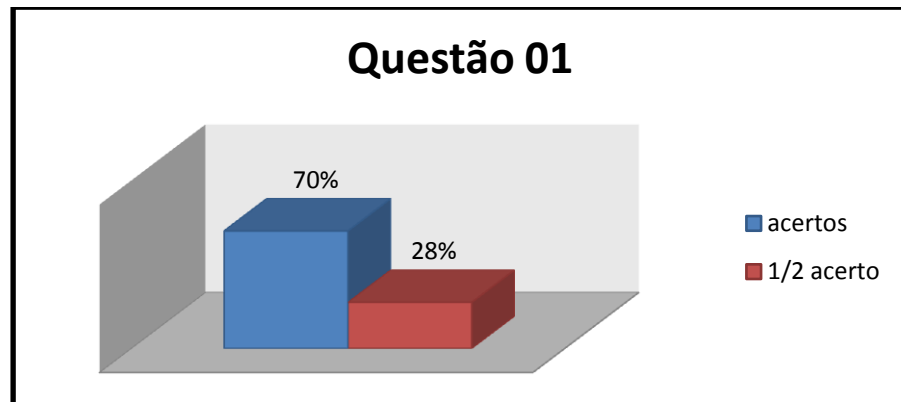


Fig. 61: respostas obtidas na questão 01 do estudo dirigido

- ➡ Consideramos como  $\frac{1}{2}$  acerto o estudante acerto pelo menos 2 (dois) itens da questão.

2. Coloque em ordem crescente de suas frequências as seguintes radiações eletromagnéticas: raios X, ultravioleta, raios  $\gamma$ , microondas, ondas de rádio AM e radiação visível.

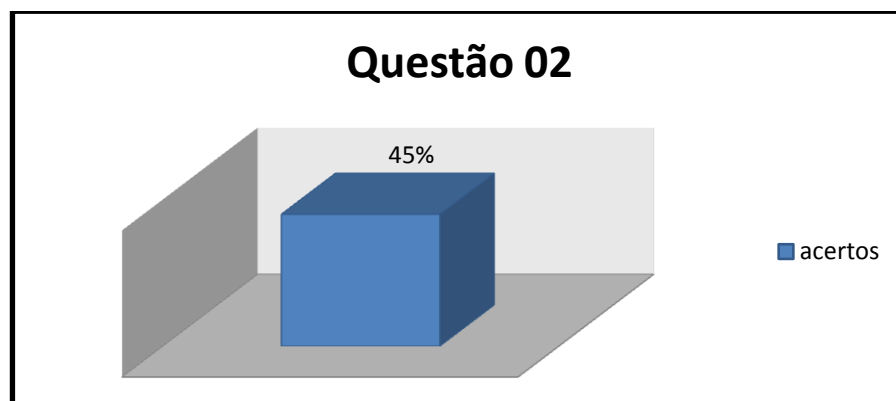


Fig.62: respostas obtidas na questão 02 do estudo dirigido



3. Considere um feixe de microondas e um feixe de luz azul, ambos propagando-se no vácuo. Agora responda: a velocidade de propagação e o comprimento de ondas das microondas são maiores, menores ou iguais às da luz azul? Explique sua resposta.

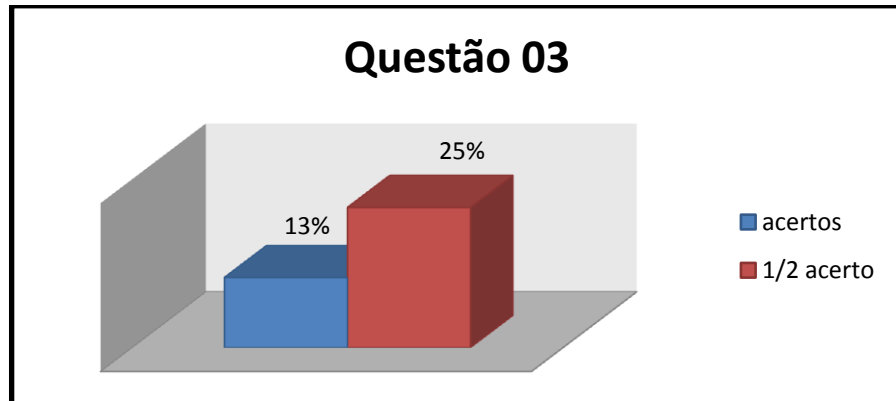


Fig. 63: respostas obtidas na questão 03 do estudo dirigido

4. Certamente, você já teve a oportunidade de ver que, em uma radiografia, a silhueta dos ossos aparece bastante clara, sobre o fundo escuro. Analisando o processo de absorção de raios X pela chapa fotográfica, responda: na radiografia, a quantidade de raios X que incidiu nas regiões claras é maior ou menor do que nas regiões escuras? Explique.

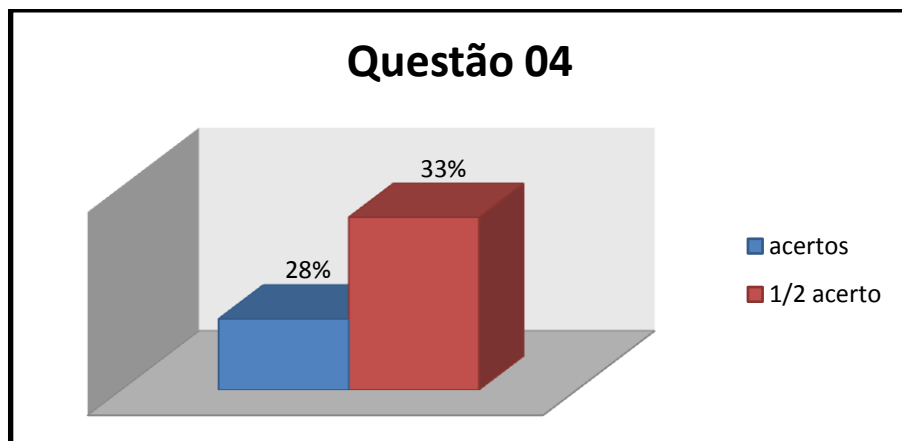
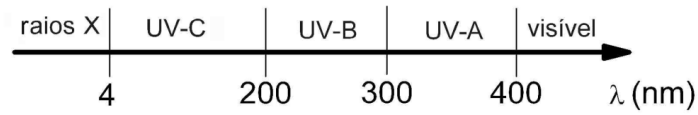


Fig. 64: respostas obtidas na questão 04 do estudo dirigido

- ➡ Consideramos como  $\frac{1}{2}$  acerto: o estudante acertou a resposta, mas não conseguiu justificá-la.

5. A radiação ultravioleta corresponde à faixa do espectro eletromagnético de comprimentos de onda entre 4 nanômetros e 400 nanômetros. Essa faixa, por sua vez, é dividida em três zonas: UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura abaixo.



Os efeitos da radiação ultravioleta podem ser muito perigosos para a vida. A radiação na faixa UV-C, mais energética, é capaz de destruir alguns microrganismos, mas felizmente, nas altas camadas da atmosfera, ela interage com o oxigênio ( $O_2$ ), convertendo-o em ozônio ( $O_3$ ) e não chega a atingir a superfície do planeta. As faixas UV-A e UV-B estão associadas ao bronzeamento e à vermelhidão da pele nos seres humanos.

Com relação ao tema abordado no texto acima, julgue os itens a seguir.

- a. ( ) A radiação na faixa UV-C é mais energética que as das faixas UV-B e UV-A porque tem maior frequência.
- b. ( ) A radiação ultravioleta pode sofrer reflexão, refração e polarização.
- c. ( ) Uma molécula, ao absorver um fóton de radiação na faixa UV-A, pode emitir radiação na faixa UV-C.
- d. ( ) A principal defesa de seres humanos contra a exposição à radiação UV-B é o tecido adiposo sob a derme.

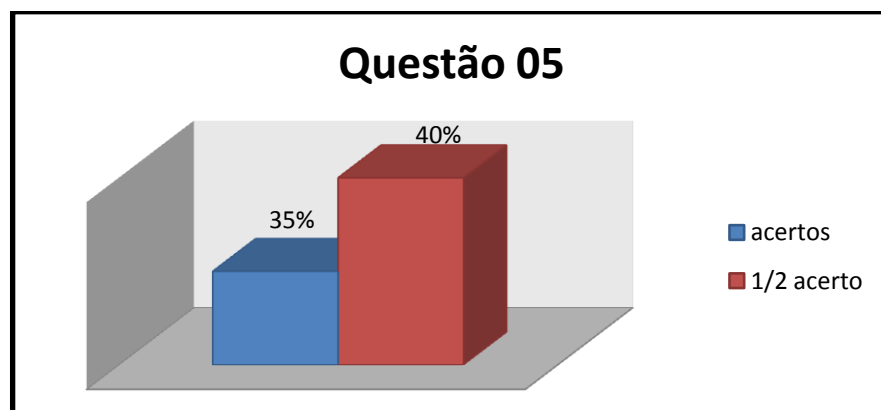


Fig. 65: respostas obtidas na questão 05 do estudo dirigido

➡ Consideramos como  $\frac{1}{2}$  acerto: o estudante acertou pelo menos 2 (dois) itens da questão.

6. (UFMG) A natureza da luz é uma questão que preocupa os físicos há muito tempo. No decorrer da história da física, houve predomínio ora da teoria corpuscular – a luz seria constituída de partículas -, ora da teoria ondulatória – a luz seria uma onda. Descreva a concepção atual da natureza da luz.

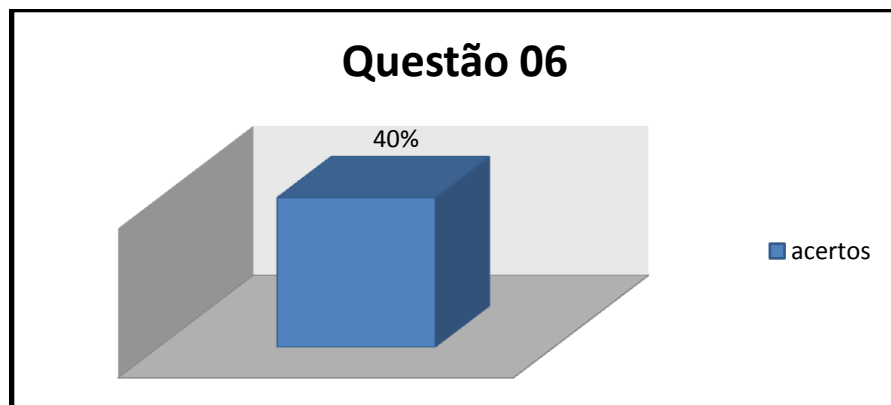


Fig. 66: respostas obtidas na questão 06 do estudo dirigido

7. (PUCMG – 1998) Complete as lacunas do trecho com as palavras que, na mesma ordem, estão relacionadas nas opções a seguir. “A luz, quando atravessa uma fenda muito estreita, apresenta um fenômeno chamado de \_\_\_\_\_ e isto é interpretado como resultado do comportamento \_\_\_\_\_ da luz. Porém quando a luz incide sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser emitidos da superfície sendo este fenômeno chamado \_\_\_\_\_, que é interpretado como resultado do comportamento \_\_\_\_\_ da luz.”

Assinale a opção CORRETA encontrada:

- Difração, ondulatório, efeito fotoelétrico, corpuscular.
- Difração, corpuscular, efeito fotoelétrico, ondulatório.
- Interferência, ondulatório, efeito Compton, corpuscular.
- Efeito fotoelétrico, corpuscular, difração, ondulatório.

e) Ondas. Magnéticos, fótons, elétrico.

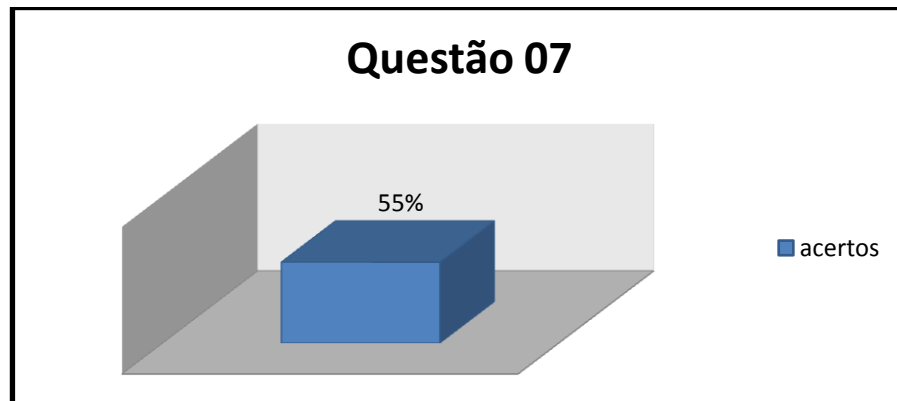


Fig. 67: respostas obtidas na questão 07 do estudo dirigido

8. De acordo com a Física Quântica e com relação ao efeito fotoelétrico, julgue os itens:
- A radiação eletromagnética manifesta tanto propriedades ondulatórias (na interferência e na difração) como propriedades corpusculares (nos processos de absorção e de emissão).
  - Os raios X e a radiação gama são ondas eletromagnéticas emitidas pelos núcleos atômicos.
  - Considere que o cálcio presente na água de um aquífero possa ser identificado em um teste de chama. Nesse caso, de acordo com o modelo atômico de Bohr, a cor observada pela chama é consequência do retorno dos elétrons excitados desse átomo aos seus níveis fundamentais.
  - A ocorrência desse efeito depende da frequência, e não da intensidade da radiação utilizada.
  - A velocidade com que um elétron é ejetado depende da frequência da radiação usada, mas não de sua intensidade.
  - Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados depende do metal usado na experiência.

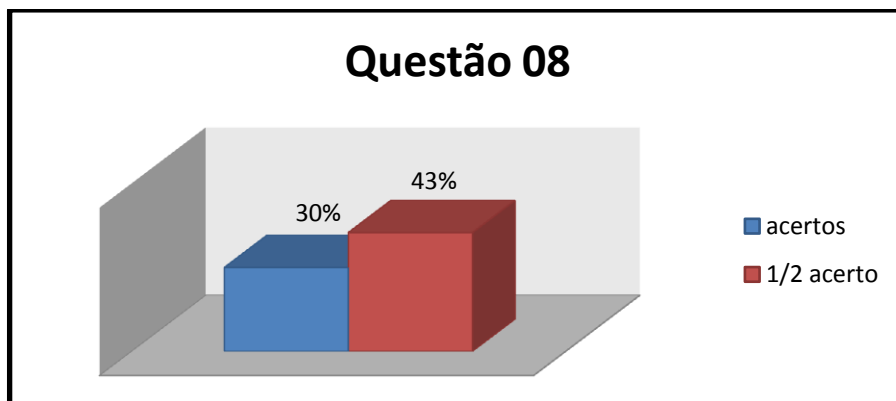


Fig. 68: respostas obtidas na questão 08 do estudo dirigido

- Consideramos como  $\frac{1}{2}$  acerto: o estudante acertou pelo menos 4 (quatro) itens da questão.

9. O esquema seguinte representa algumas das possíveis transições do átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Observe os sentidos das transições indicadas e determine quais indicam que o elétron absorve energia e quais indicam que o elétron libera energia.

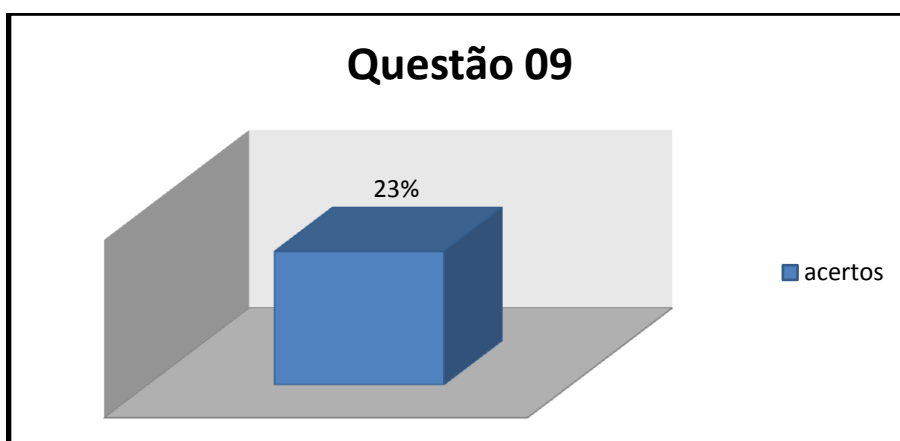


Fig. 69: respostas obtidas na questão 09 do estudo dirigido

10. Defina as radiações a seguir como ionizante ou não-ionizante e cite, pelo menos duas, utilidades para elas:

- a. Raios X
- b. Ultravioleta
- c. Microondas
- d. Raios gama

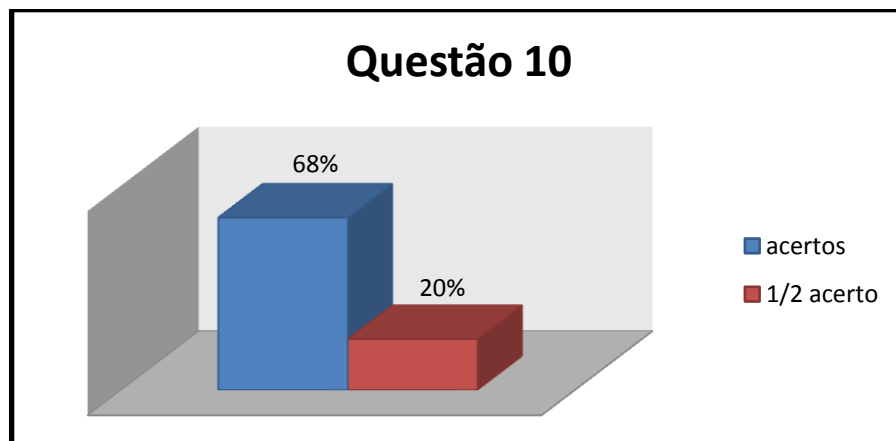


Fig. 70: respostas obtidas na questão 10 do estudo dirigido

- ➡ Consideramos como  $\frac{1}{2}$  acerto: o estudante deu exemplos de utilização da radiação, mas não conseguiu caracterizá-la como ionizante ou não ionizante.

### 6.3 - PROVA BIMESTRAL

1. (UFMG – MG) Uma onda de rádio é emitida por uma estação transmissora e recebida por um aparelho receptor situado a quilômetros de distância. Para que ocorra a propagação da onda de rádio, entre a estação transmissora e o aparelho receptor:

- a ( ) Deve existir um meio material qualquer.
- b ( ) Deve existir um meio material que contenha elétrons livres.
- c ( ) Deve existir um meio material que contenha fótons.
- d ( ) **Não é necessária a presença de um meio material.**

e ( ) Nenhuma das alternativas.

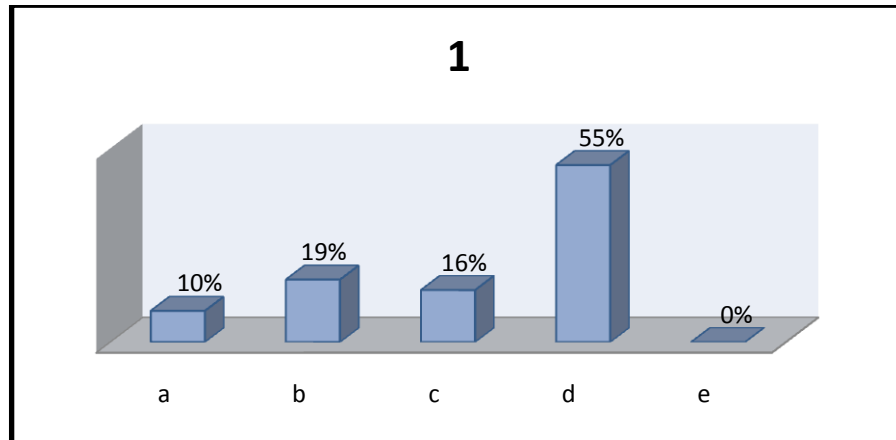


Fig. 71: respostas da prova bimestral – Questão 01

2. (UFGRS – RS) Os raios X e a luz diferem por que:

- a ( ) **A frequência dos raios X é maior do que a frequência da luz visível.**
- b ( ) A luz é constituída de ondas transversais e os raios X de ondas longitudinais.
- c ( ) Os raios X são desviados por campos elétricos e magnéticos enquanto a luz não sofre desvio.
- d ( ) Os raios X são partículas neutras e a luz é constituída de corpúsculos carregados eletricamente.
- e ( ) No espaço vazio a velocidade dos raios X é superior à velocidade da luz.

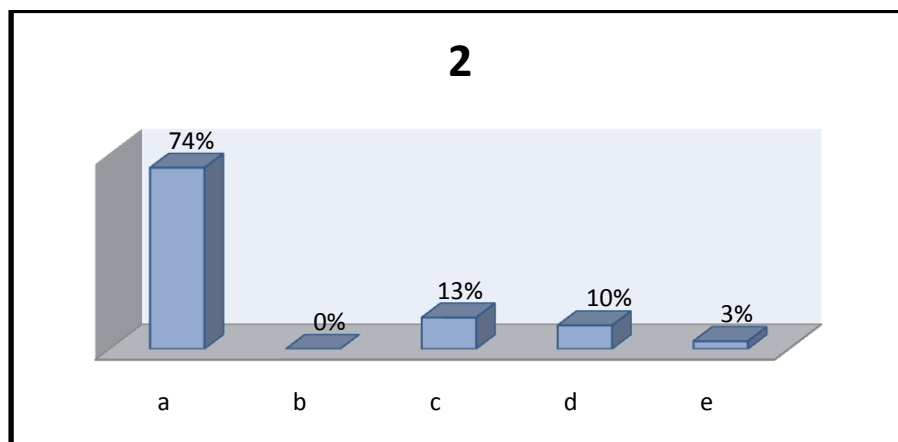


Fig. 72: respostas da prova bimestral – Questão 02

3. (FURG – RS) Trata-se de radiações eletromagnéticas de altíssima frequência, liberadas quando o núcleo de uma substância radioativa se desintegra. Têm alto poder de penetração, o que as tornam muito perigosas para o ser humano, porque podem causar câncer. Contudo, podem ser usadas para tratar pacientes portadores de câncer, porque, apesar de prejudicar ao tecido sadio, causam danos ainda maiores ao tecido canceroso. A que o texto se refere?

- a ( ) Partículas  $\alpha$   
 b ( ) Partículas  $\beta$   
 c ( ) Microondas  
 d ( ) Raios X  
 e ( ) Raios  $\gamma$

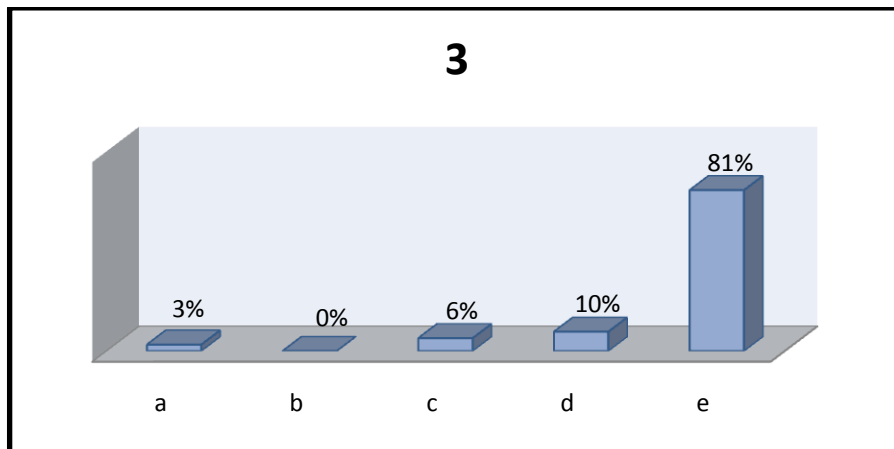
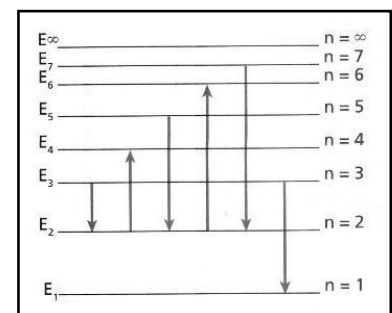


Fig. 73: respostas da prova bimestral – Questão 03

4. O esquema seguinte representa algumas das possíveis transições do átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Observe os sentidos das transições indicadas, analise os itens a seguir e marque a única alternativa INCORRETA:





- a ( ) Nas transições indicadas pelas setas que apontam para cima o elétron está absorvendo energia.
- b ( ) Nas transições indicadas pelas setas que apontam para baixo o elétron está liberando energia.
- c ( ) **Em todos os saltos quânticos representados na figura o elétron está emitindo luz visível.**
- d ( ) O elétron irá emitir luz visível quando realizar um salto quântico cujo estado fundamental é o  $n = 2$  (Série de Balmer).
- e ( ) No caso de uma radiação eletromagnética incidir em um átomo, um elétron dele só pode absorver um fóton se a energia deste for exatamente igual à quantidade de energia necessária para o elétron “saltar” de um nível permitido para outro também permitido.

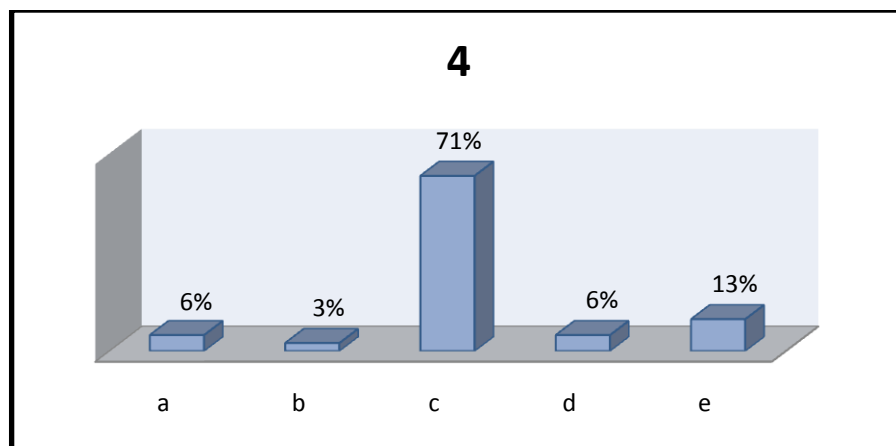


Fig. 74: respostas da prova bimestral – Questão 04

5. (UFRGS-RS) No início do século XX, as teorias clássicas da Física, como o eletromagnetismo, de Maxwell, e a mecânica, de Newton – não conduziam a uma explicação satisfatória para a dinâmica do átomo. Nessa época, duas descobertas históricas tiveram lugar: o experimento de Rutherford demonstrou o núcleo atômico, e a interpretação de Einstein para o efeito fotoelétrico revelou a natureza corpuscular da

interação da luz com a matéria. Em 1913, incorporando os resultados dessas descobertas, Bohr propôs um modelo atômico que obteve grande sucesso, embora não respeitasse as leis da física clássica. Considere as seguintes afirmações sobre a dinâmica do átomo.

- I. No átomo, os raios das órbitas dos elétrons podem assumir um conjunto contínuo de valores, tal como os raios das órbitas dos planetas em torno do Sol.
- II. O átomo pode existir, sem emitir radiação, em estados estacionários cujas energias só podem assumir um conjunto discreto de valores.
- III. O átomo absorve ou emite radiação somente ao passar de um estado estacionário para outro.

Quais dessas afirmações foram adotadas por Bohr como postulados para o seu modelo atômico?

- a ( ) Apenas I.
- b ( ) Apenas II.
- c ( ) Apenas III.
- d ( ) **Apenas II e III.**
- e ( ) I, II e III.

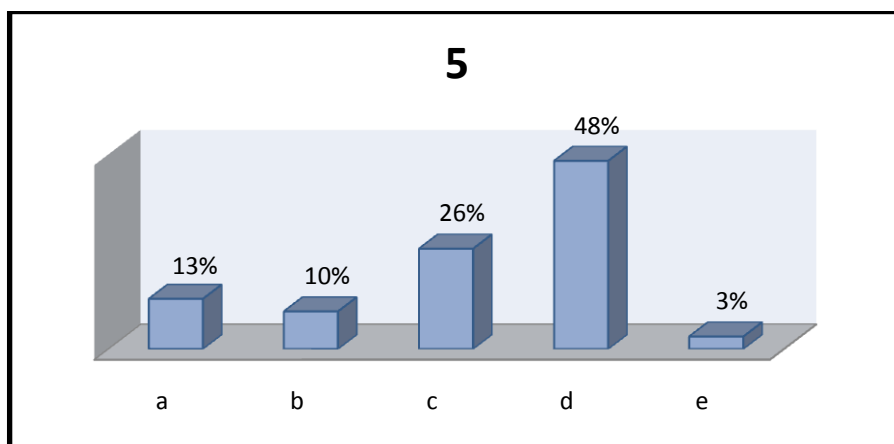


Fig. 75: respostas da prova bimestral – Questão 05

6. Sobre o caráter dual da luz e o efeito fotoelétrico analise os itens a seguir e marque a única alternativa INCORRETA:

- a ( ) A luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- b ( ) A difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- c ( ) O efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- d ( ) **O efeito fotoelétrico é consequência do fenômeno ondulatório da luz.**
- e ( ) Devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

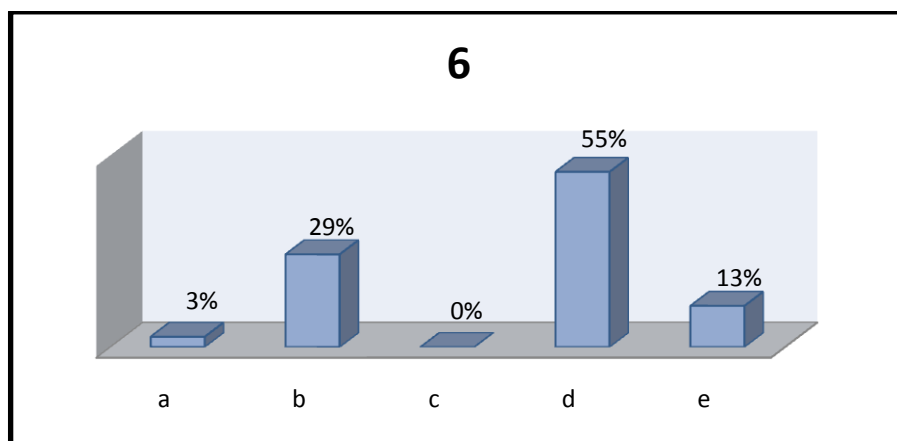


Fig. 76: respostas da prova bimestral – Questão 06

#### 6.4 – QUESTIONÁRIO OPNATIVO

O objetivo deste questionário é o de colher a opinião dos estudantes quanto às aulas sobre radiações eletromagnéticas. Utilize o seguinte código para assinalar a afirmativa de sua escolha.

**CP –Concordo Plenamente**

**C – Concordo**

**NO – Não tenho Opinião ou estou indeciso**

**D – Discordo**

**DT – Discordo Totalmente**

1. As aulas não estimularam o interesse pela matéria.

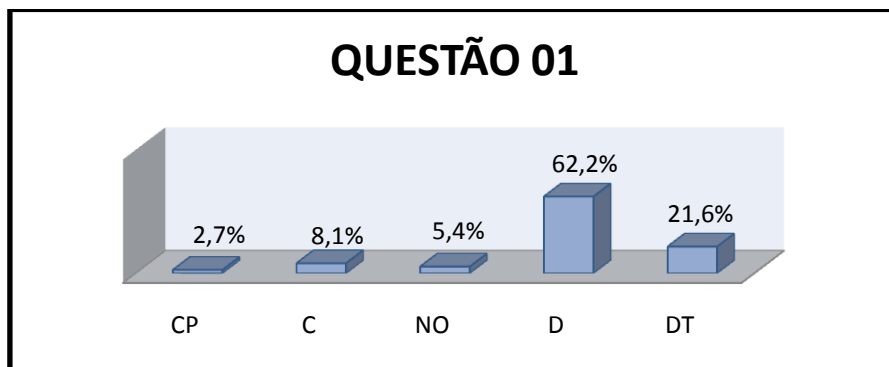


Fig. 77: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 01

2. O professor foi pouco didático.

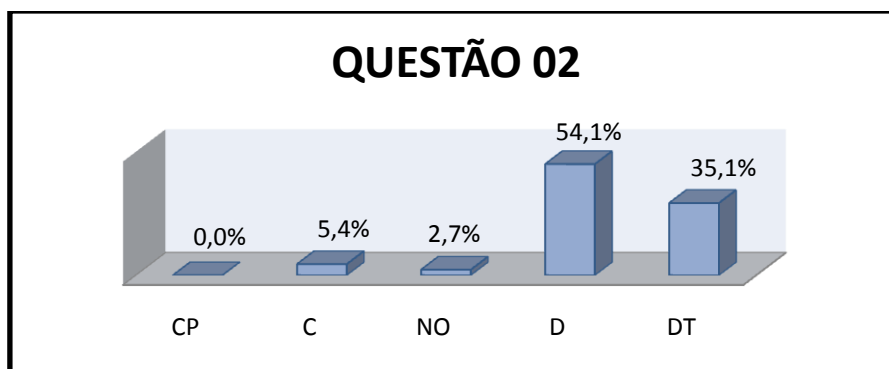


Fig. 78: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 02

3. Os conteúdos foram abordados de forma interessante.

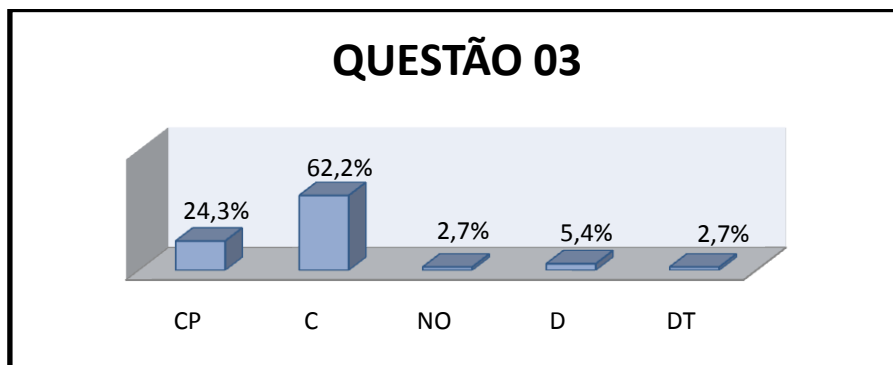


Fig. 79: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 03

4. Foram estabelecidas relações entre teoria e prática.

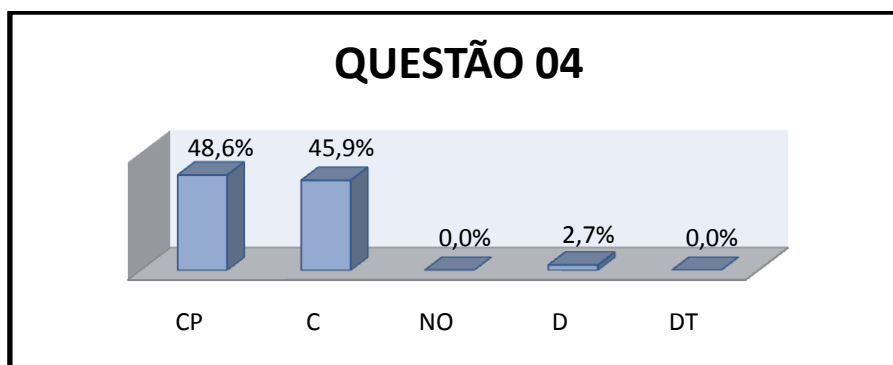


Fig. 80: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 04

5. Aliar o conteúdo das radiações com a Física Moderna foi interessante.

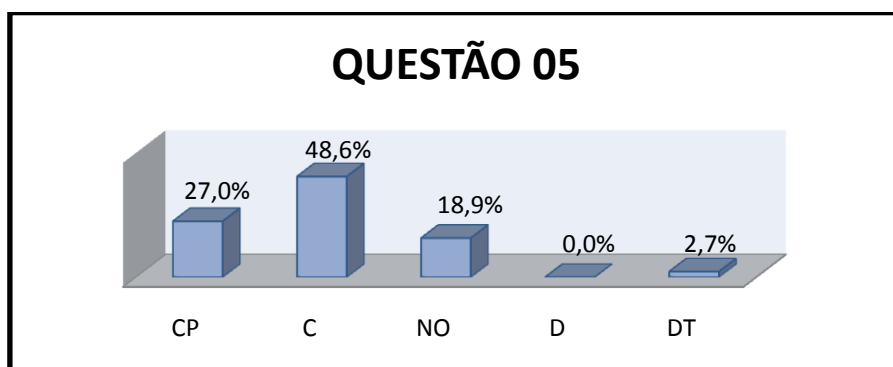


Fig. 81: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 05

6. Você recomendaria esta abordagem para outras turmas.

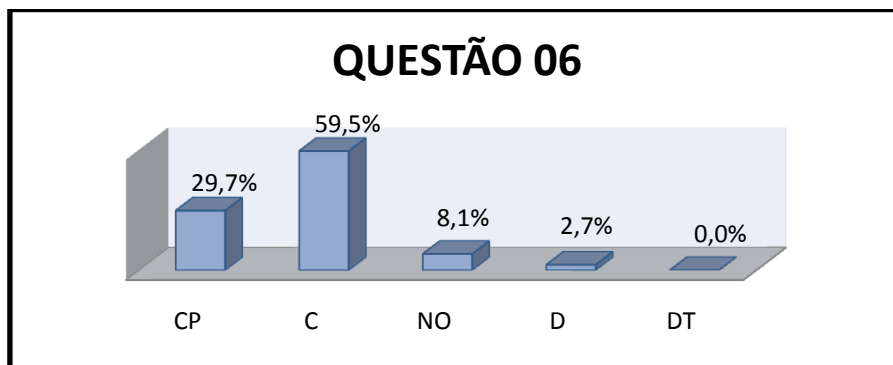


Fig. 82: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 06

7. Foram relacionados conteúdos com outras disciplinas.

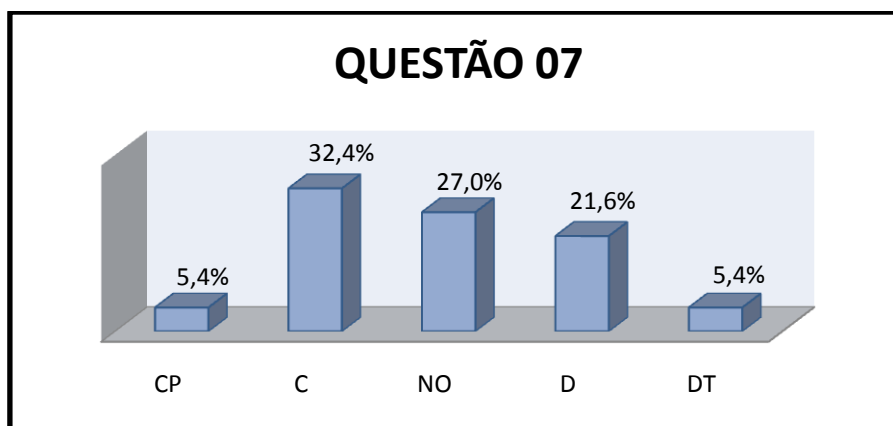


Fig. 83: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 07

8. O professor se mostrou motivado durante as aulas.

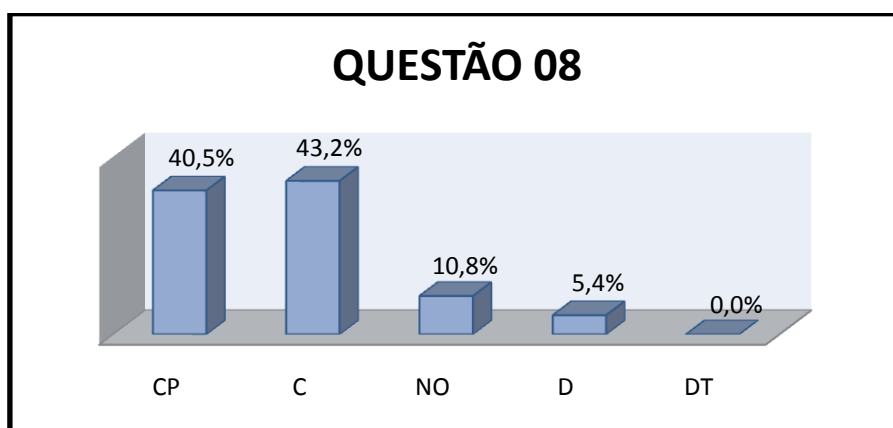


Fig. 84: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 08

9. O conteúdo tem relação com o cotidiano.

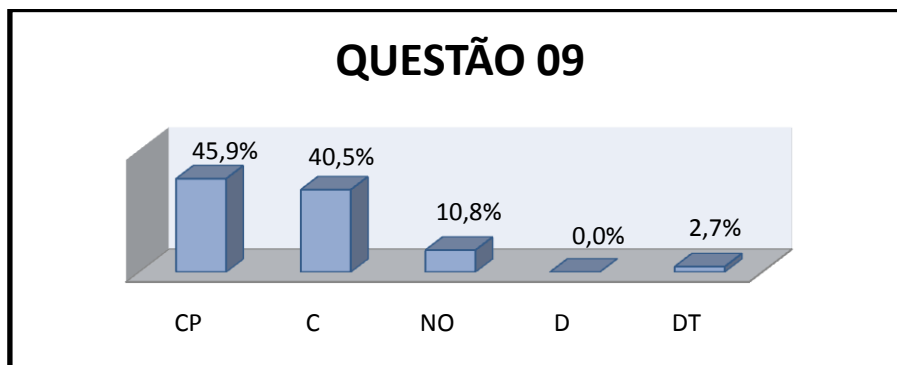


Fig. 85: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 09

10. Houve engrandecimento do seu conhecimento científico.

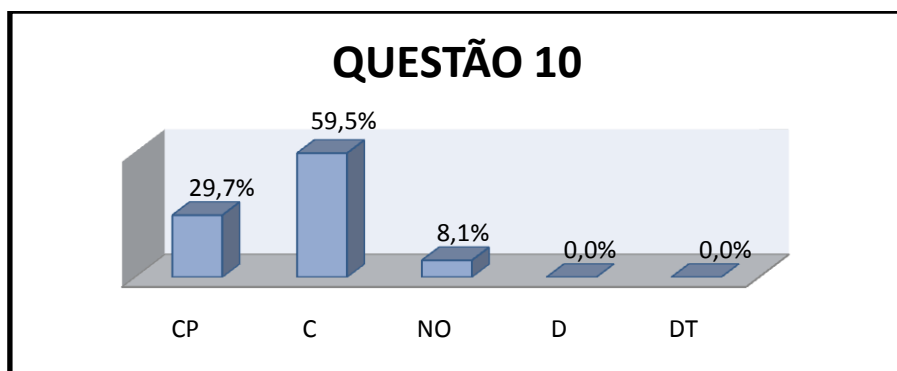


Fig. 86: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 10

11. Passei a me interessar por Física Moderna.

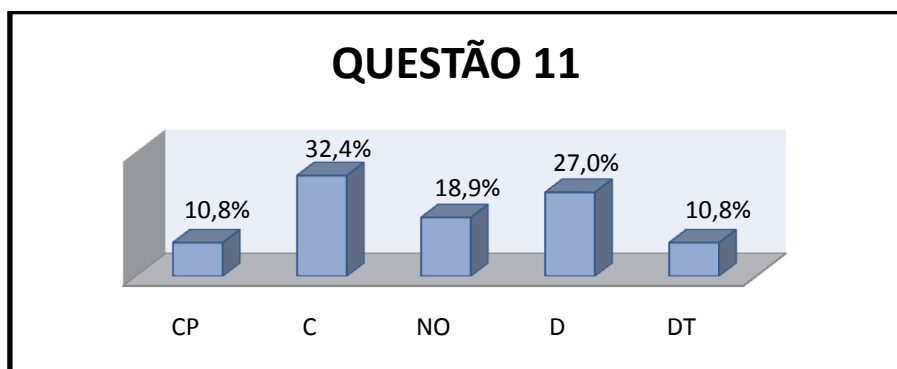


Fig. 87: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 11

12. Acredito que compreendi melhor os conceitos físicos relacionados.

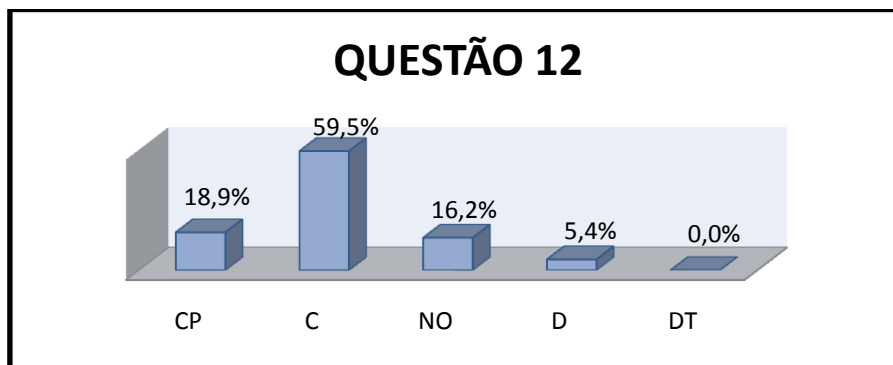


Fig. 88: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 12

13. Assisti a maior parte das aulas com interesse.

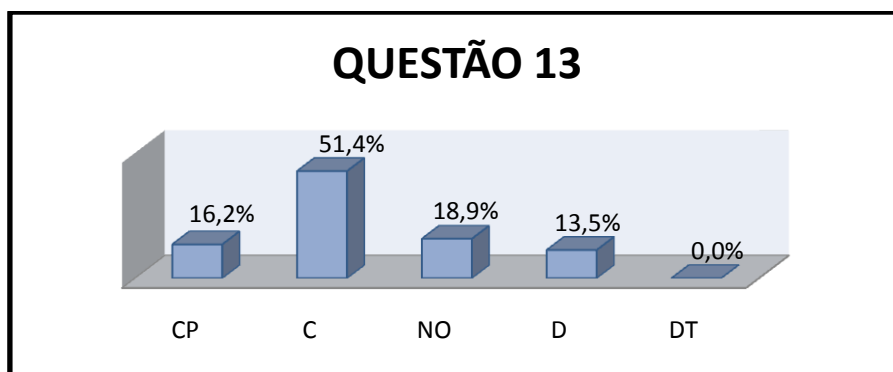


Fig. 89: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 13

14. Consegui entender o conteúdo, mesmo não tendo efetuado cálculos.

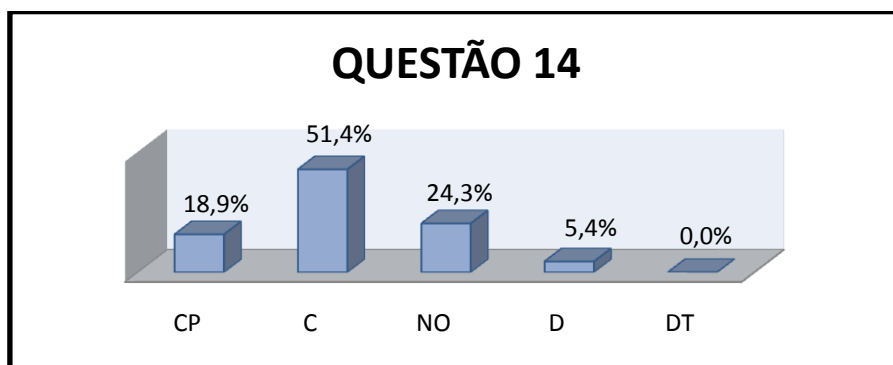


Fig. 90: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 14



15. Prefiro aprender no modo “tradicional”.

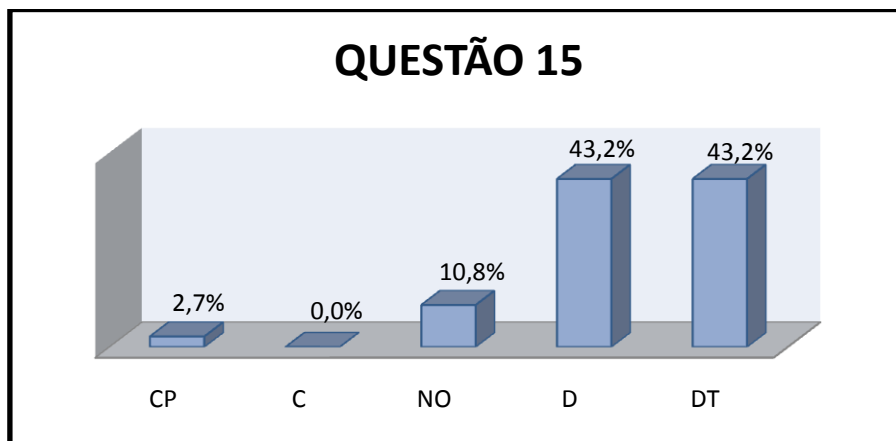


Fig. 91: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 15

16. O uso de aplicativos computacionais não foi válido.

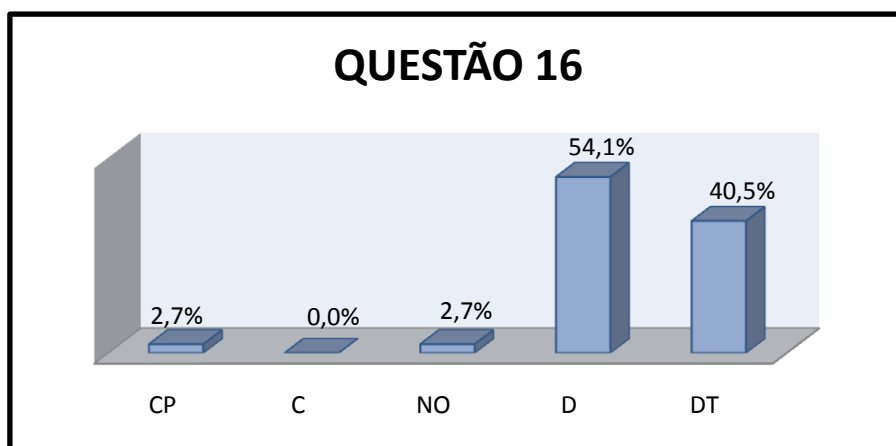


Fig. 92: gráfico das respostas obtidas no questionário opinativo – questão 16

Poderia destacar aspectos positivos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados à Física Moderna?

- ✓ “Ela nos apresentou uma forma mais interessante e mais fácil de compreender”. (3)
- ✓ “Uso do laboratório/aulas práticas” (13)
- ✓ “Novidades interessantes relacionando prática e teoria”(1)
- ✓ “Uso dos folders” (1)
- ✓ “Explicação detalhada e clara” (2)

- ✓ *“Uso de métodos práticos e eficazes”* (1)
- ✓ *“A professora explicou bem a matéria”* (2)
- ✓ *“As atividades realizadas em grupo”* (2)
- ✓ *“Trabalhos em sala”* (1)
- ✓ *“O ensino não só da teoria, mas também a forma prática”* (1)
- ✓ *“Aulas dinâmicas”* (2)
- ✓ *“A forma entusiasmada de explicar”* (1)
- ✓ *“Aulas legais, conteúdo sobre ondas é legal e mais fácil de entender”* (1)
- ✓ *“Mostrar como é utilização a radiação eletromagnética sua importância”* (1)
- ✓ *“A professora mostrou interesse e houve colaboração da turma”* (1)
- ✓ *“Uso do laboratório de informática”* (1)
- ✓ Não destacaram os aspectos os positivos (6)

Poderia destacar aspectos negativos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados à Física Moderna?

- ✓ *“Não houve”* (16)
- ✓ *“A professora falou muito, pouca demonstração de situações”* (1)
- ✓ *“Muita informação no mesmo dia”* (1)
- ✓ *“Deveria ter exigido mais dos estudantes”* (1)
- ✓ *“Não houve, mas o assunto era muito complexo”* (1)
- ✓ *“Pouca explicação sobre como o assunto irá ajudar no cotidiano”* (1)
- ✓ *“Foi monótono o uso do data show”* (1)
- ✓ Não destacaram os aspectos negativos (13)

## CAPÍTULO 07 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados obtidos fizemos um comparativo dos resultados obtidos no pré e no pós-teste pelo grupo de controle (GC) e pelo grupo experimental (GE). Além disso, com o objetivo de verificar a ocorrência da aprendizagem significativa, utilizamos os resultados obtidos no estudo dirigido e na prova bimestral realizada pelos estudantes. É importante destacar que esse dois instrumentos de avaliação foram utilizados como um recurso a mais, na tentativa de comprovação da aprendizagem significativa e não como instrumento de comparação entre o GC e o GE, uma vez que só foram aplicados ao segundo grupo. Outra característica importante que devemos ressaltar é que o estudo dirigido foi utilizado, também, como um instrumento de estudo para os estudantes, uma vez que, para sua realização, foi possível consultar o material didático que eles dispunham sobre o assunto (apostilas e “folders”). A prova bimestral foi realizada aproximadamente duas semanas após a conclusão da aplicação do projeto.

Como dito anteriormente, os pré e pós-teste apresentam questões que, para sua resolução, os estudantes precisaram utilizar os conhecimentos do tópico Ondas Eletromagnéticas através da visão da Física Clássica e /ou da Física Moderna e Contemporânea. Observamos que ambos os grupos apresentaram um aumento de respostas corretas no pós-teste em relação ao pré-teste, porém, nas questões em que tornava necessário um conhecimento maior da FMC o GE (fig. 60 – p. 94) apresentou respostas mais satisfatórias que o GC (fig. 59 – p. 94). Passemos agora a uma análise mais detalhada dos dados obtidos.

Na questão 01 dos testes (fig. 39 e 40 – p. 84) observamos crescimento nas respostas correta em ambos os grupos, GC (13%) e GE (7%), porém algo que nos chamou a atenção foi que o número de respostas corretas no pré-teste era bastante bom em relação às demais

questões, provavelmente pelo fato dos estudantes conhecerem o termo ‘radiação eletromagnética’ através das aulas de química (resposta dada pelos estudantes ao serem indagados de onde conheciam tal termo).

Na segunda questão (fig. 41 e 42 – p. 85) houve um crescimento maior do GE (20%) do que no GC (6%). Acreditamos que esse fato deve-se a um maior contato do GE com o espectro eletromagnético durante o desenvolvimento das aulas.

Na questão 03 (fig. 43 e 44 – p. 86) ambos os grupos apresentaram crescimento. Percebemos no decorrer das aulas, através das manifestações dos estudantes, que eles compreenderam bem a diferença entre calor e temperatura.

As questões 04 (fig. 45 e 46 – p. 87), 06 (fig. 49 e 50 – p. 89) e 10 (fig. 57 e 58 – p. 93) dos testes e as questões 01 (fig.61 – p. 96), 04 (fig.64 – p. 97), 05 (fig. 65 – p. 98) e 10 (fig. 70 – p. 102) do estudo dirigido apresentam a característica de tratar da utilização prática, benefícios ou malefícios de algumas radiações eletromagnéticas. Em ambos os grupos, houve um crescimento satisfatório nos testes (entre 19% e 35%). Na prova bimestral comprovamos o mesmo fato nas questões 01 (fig.71 – p. 103), 02 (fig.72 – p. 103) e 03 (fig. 73 – p. 104), onde os estudantes tiveram um desempenho variando de 55% a 81% de acerto sobre o tema. Ao tratarmos desses assuntos durante as aulas, notamos grande interesse dos estudantes em conhecer um pouco mais dessas radiações que permeiam o nosso dia-a-dia; eram vários os questionamentos que envolviam o tema durante as nossas aulas. Outro fator que acreditamos que tenha contribuído para esse resultado positivo foi a confecção de folders por parte dos estudantes, nos quais deveriam constar o meio de produção da radiação eletromagnética, sua utilização no dia-a-dia e os possíveis malefícios à saúde humana e ao meio ambiente, atividade essa que foi realizada tanto pelo GE quanto pelo GC.

Observamos um desempenho muito bom dos estudantes nas questões que tratam das radiações eletromagnéticas inseridas no nosso cotidiano. Nessas questões, o número de resposta corretas comprovam a eficácia do uso dessa abordagem no ensino de FMC. Na questão 01 do estudo dirigido (fig. 61 – p. 96), que trata sobre microondas, 70% dos estudantes responderam a questão corretamente e 28% acertou 2 ou 3 itens dos 4 itens que compõem a questão. No mesmo instrumento de avaliação, a questão 05 (fig. 65 – p. 98), que trata sobre radiação ultravioleta, 35% dos estudantes respondeu todos os itens corretamente e 40% respondeu corretamente 2 ou 3 itens dos 4 itens que compõem a questão.

Na questão 05 dos testes (fig. 47 e 48 – p. 88) o GE apresentou, no pós-teste, um pequeno crescimento de 13% em relação ao pré-teste. Acreditamos que esse resultado tenha se dado devido a pouca ênfase dada à relação  $v = \lambda \cdot f$ , uma vez que não realizamos atividades que solicitasse do estudante relacionar diretamente frequência e fonte de emissão, e a relação entre comprimento de onda, velocidade e frequência, devido à escassez de tempo e à grande quantidade de conteúdos a serem desenvolvidos. Esse baixo rendimento foi confirmado pelas questões 02 e 03 do estudo dirigido (fig. 62 e 63 – p. 96 e 97), onde um número muito pequeno de estudantes conseguiu respondê-las corretamente, 45% na questão 02 e somente 13% na questão 03.

Através das questões 07 (fig. 51 e 52 – p. 90) e 08 (fig. 53 e 54 – p. 91) dos testes notamos uma grande diferença, que acreditamos ter sido provocada pelo tratamento aplicado no GE. Enquanto o GC (fig. 51 e 53 – p. 90 e 91) não apresentou nenhuma mudança percentual no aprendizado dos temas desenvolvidos nessas questões, dualidade onda-partícula e a definição de fóton, o GE (fig. 52 e 54 – p. 90 e 91) apresentou um desenvolvimento muito bom, uma diferença de 32% na questão 07 e 55% na questão 08, em relação ao pré-teste, o que nos leva a acreditar que é possível ensinar FMC para estudantes do EM. Isso aconteceu também na prova bimestral. A questão 06 da prova bimestral (fig. 76 – p. 107) trata de temas

como dualidade e efeito fotoelétrico e 55% dos estudantes a responderam corretamente. Nessa questão, podemos observar que somente 01 estudante (3%) respondeu erroneamente sobre dualidade onda-partícula e nenhum associou o efeito fotoelétrico como consequência do caráter corpuscular da luz, algo que, para nós, é muito satisfatório. O estudo dirigido também pode confirmar nossa conclusão. Na questão 07 (fig. 67 – p. 100) 55% dos estudantes conseguiram associar corretamente os fenômenos que comprovam o caráter ondulatório e caráter corpuscular da luz. Na questão 08 (fig. 68 – p. 101) 30% dos estudantes julgaram corretamente os 06 itens da questão e 43% acertou 04 ou 05 itens que envolvem os temas de FMC trabalhados durante desenvolvimento do nosso trabalho.

Na questão 09 dos testes (fig. 55 e 56 – p. 92) o GE apresentou um resultado positivo em relação ao GC, porém não desenvolveram o quanto esperávamos. Apesar do uso do aplicativo sobre os modelos atômicos, notamos uma grande dificuldade dos estudantes quanto à compreensão do conceito de estados de energia; tanto que, no estudo dirigido, questão 09 (fig. 69 – p. 101), somente 23% estudantes a acertaram. Após verificarmos o baixo desempenho nessa questão, realizamos com os estudantes uma nova correção da atividade aplicada no laboratório de informática, a correção do estudo dirigido e a resolução de exercício em sala de aula. Percebemos que a estratégia utilizada surtiu efeito positivo, uma vez que na prova bimestral, na questão que trata sobre o mesmo tema, questão 04 (fig.74 – p. 105), o nível de resposta corretas subiu para 71%.

Outro fator que nos chamou atenção na prova bimestral foi a ‘nova’ visão dos estudantes sobre os modelos atômicos. Eles estão acostumados a trabalhar com analogias no momento de estudo sobre modelos atômicos na disciplina de Química, tanto que, nas primeiras aulas, ao falarmos do modelo atômico de Bohr a resposta mais comum de ouvirmos era de que ele igual ao sistema solar. Ao planejarmos as aulas em que trataríamos do modelo atômico de Bohr levamos em consideração as conclusões obtidas SOUZA et. al (2006) em seu

estudo, que sugere a introdução dos aspectos históricos que contribuíram para a modificação dos modelos atômicos, a explicação do por que o novo modelo foi elaborado, por que foi modificado ou substituído, entre outras questões. Acreditamos que nossa abordagem foi positiva uma vez que, na questão 05 da prova bimestral (fig.75 – p. 106), somente 16% dos estudantes associou diretamente o referido modelo atômico ao sistema planetário, o que nos leva a acreditar que essa é realmente uma abordagem satisfatória para a introdução do modelo atômico de Bohr.

Uma questão que nos chamou muito a atenção foi a questão 06 do estudo dirigido (fig. 66 – p. 99). Trata-se de uma questão discursiva, na qual solicitado do estudante que descreva a concepção atual da natureza da luz; nela, somente 40 % dos estudantes conseguiram descrever corretamente o que foi solicitado, enquanto que no pós-teste, na questão que trata do mesmo tema, questão 07 (fig.52 – p. 90), 68% a responderam corretamente. Durante a aula de correção do estudo dirigido ao discutirmos a questão, muitos estudantes afirmaram que sabiam do que se tratava, mas não conseguiam expressar de forma escrita o que queriam dizer, o que nos faz notar a grande dificuldade de nossos estudantes em escrever para se expressar. Ao observar com mais rigor o resultado do estudo dirigido, percebemos que, em todas as questões discursivas, nas quais os estudantes tinham que escrever sobre o tema abordado, questões 02, 03, 04 e 06 (p. 96, 97 e 99), o nível de acertos ficou abaixo dos 50 %, algo que relacionamos diretamente a essa dificuldade de expressão escrita.

O questionário opinativo nos revelou as opiniões dos estudantes em relação ao trabalho desenvolvido. Optamos por utilizar um questionário de múltipla escolha, com o intuito de coletar as impressões dos estudantes, uma vez que eles demonstraram dificuldades de se expressar escrevendo. Os tópicos que mais nos chamaram atenção foram:

- ✓ 86,5% acharam que os conteúdos foram abordados de forma interessante.

- ✓ 75,6% acham que foi interessante aliar o conteúdo de radiações com FMC.
- ✓ 89,2% recomendariam o uso dessa abordagem para outras turmas.
- ✓ 86,4 % acham que o conteúdo tem relação com o cotidiano.
- ✓ 89,2% acham que houve engrandecimento do seu conhecimento científico.
- ✓ 43,2 % passaram a se interessar por FMC.
- ✓ 70,3% conseguiram entender o conteúdo, mesmo não efetuando cálculos.
- ✓ 94,6% acharam válido o uso de aplicativos computacionais.

Após o levantamento desses dados concluímos que os estudantes acharam a experiência interessante e despertaram para a FMC.

## **7.1 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS**

Para a análise estatística dos dados obtidos usamos o programa BioStatic 4.0, esse programa começou a ser desenvolvido na Universidade do Pará e é dirigido especialmente a estudantes de graduação e pós-graduação das áreas médicas e biológicas. Apesar do BioStatic 4.0 ser um programa voltada para a área médica, o seu uso é justificado, uma vez que faremos uso somente de cálculos estatísticos gerais, desvio padrão e teste t, que se aplicam a qualquer área de pesquisa. Escolhemos esse programa devido a sua facilidade de aquisição, já que é um programa de uso gratuito, acessível pela internet, possui sua interface em português e é de fácil manuseio, diferentemente de outros pacotes estatísticos que tentamos utilizar.

### **7.1.2- Desvio padrão**

O desvio padrão avalia a dispersão do conjunto de valores em análise. Segundo BARBETTA (2007), quanto maior o desvio padrão mais dispersos são os valores observados.



Através do programa BioStat 4.0 construímos o gráfico do desvio padrão para o pós-teste do grupo experimental e do grupo de controle:

Devido a média e o desvio padrão serem fortemente influenciados por valores discrepantes e observando o desvio padrão para o GE, notamos que os valores variam de 4 a 10 acertos (fig. 93), mostrando a heterogeneidade da turma analisada. Decidimos então, utilizar o teste  $t$  para avaliar o desempenho dos estudantes após a aplicação do tratamento proposto.

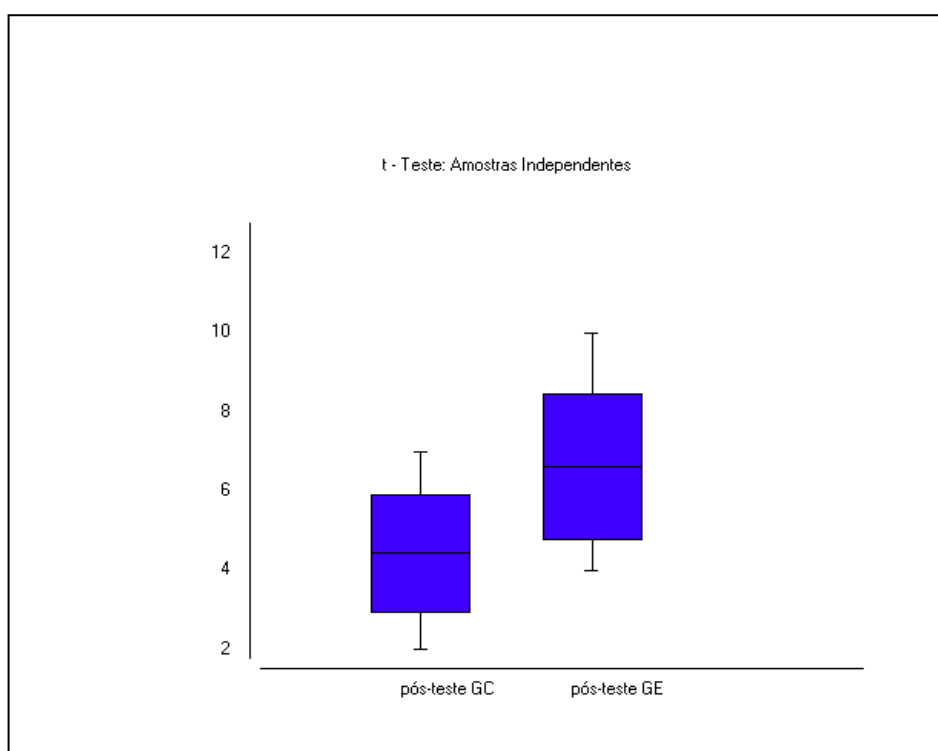


Fig. 93: gráfico do desvio padrão para o pós-teste – GC e GE

### 7.1.2 – Teste $t$

BARBETTA (2007) afirma que esse é um teste apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, baseado em termos de valores médios para duas amostras.

Para a aplicação do teste  $t$  duas hipóteses devem ser formuladas em termos de valores médios. Para colocar à prova as hipóteses deve-se observar uma amostragem antes e depois

do tratamento. O teste pode ser realizado por duas amostras pareadas, onde um único grupo é analisado antes e depois do tratamento, ou também é realizado em amostras independentes. Para isso, é preciso ter dois grupos diferentes, construídos aleatoriamente, onde um grupo é submetido a um tratamento e o outro não.

A estatística do teste tem como base a diferença entre as médias das duas amostras, mas também leva em consideração o número de elementos de cada amostra e a variabilidade interna de cada uma delas.

Quando o valor calculado do *teste t* se aproximar de zero,  $H_0$  poderá ser aceita. Por outro lado, se  $t$  estiver longe de zero,  $H_0$  deverá ser rejeitada em favor de  $H_1$ .

#### **7.1.2.1 – Teste $t$ para nossas amostras**

As hipóteses por nós formuladas são:

- $H_0$ : o desempenho dos estudantes, em conteúdos de Ondas Eletromagnéticas, não se altera com a introdução de tópicos de FMC.
- $H_1$ : o desempenho dos estudantes, em conteúdos de Ondas Eletromagnéticas, aumenta com a introdução de tópicos de FMC.

Para a comprovação da eficácia do tratamento, os valores utilizados para a realização do *teste t* foi o número de acertos dos estudantes no pós-teste aplicados ao grupo controle e ao grupo experimental.

Através da análise da tabela gerada pelo programa estatístico, figura 94, podemos comprovar que a média do grupo experimental é maior do que a do grupo controle o que nos leva a crer que a aprendizagem significativa foi maior no grupo experimental do que no grupo controle.

No nosso estudo o teste  $t$  resultou no valor de 5,2092, valor longe de zero, podendo comprovar que  $H_1$  é verdadeira, ou seja, o tratamento utilizado foi eficaz na introdução de tópicos de FMC. Segundo a análise a nossa amostra possui homocedasticidade, o que significa dizer há uma homogeneidade de variância e esta é uma propriedade fundamental, que deve ser garantida, sob pena de invalidar toda a análise estatística.

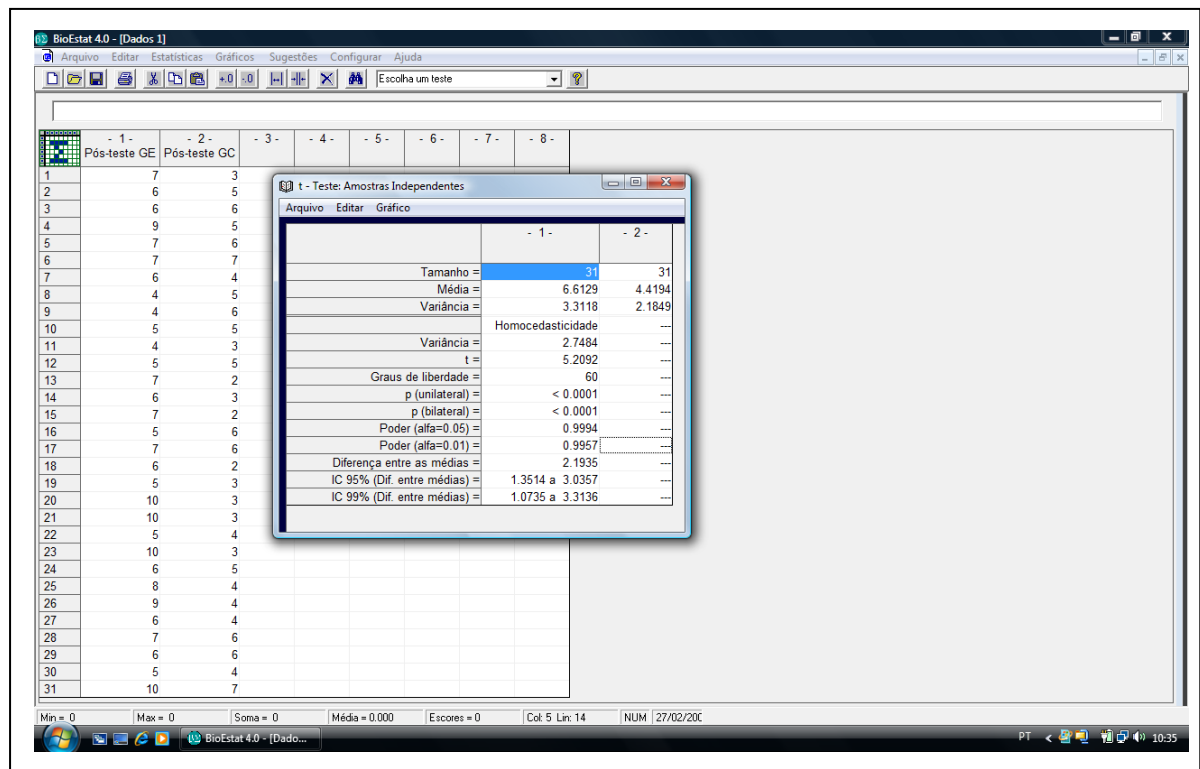


Fig. 94: resultado do teste  $t$  obtido através do programa BioStat 4.0

O valor de  $p$  é a probabilidade do valor de  $t$  ter sido obtido por um erro amostral, no caso  $p = 0,0001$ , ou seja, há uma chance em mil desse resultado ter ocorrido por um erro amostral.

A tabela (fig. 94) nos fornece ainda o valor de IC que é o intervalo de confiança. Segundo DANCEY e REIDY (2006) o IC são estimativas intervalares para a média populacional e nos fornece um intervalo dentro do qual podemos constatar, com determinada

confiança, que ele contém a média da população. Notamos que a diferença entre as médias é de 2,1935 o que leva a concluir que temos 99% de chances da  $H_1$  ser verdadeira, uma vez que para o IC de 99% a diferença entre as médias deve estar no intervalo de 1,0735 a 3,3136.

## CAPÍTULO 08 – CONCLUSÃO

Neste trabalho de pesquisa tínhamos como meta verificar a possibilidade de inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio e comprovar que os estudantes desse nível de ensino são capazes de aprender significativamente os tópicos por nós propostos.

Ao selecionarmos os conteúdos que seriam desenvolvidos tivemos a preocupação de escolher aqueles passíveis de serem bem compreendidos sem apelo às fórmulas matemáticas mais elaboradas. Percebemos que essa foi uma das grandes qualidades do nosso projeto, pois, a partir do momento que os estudantes visualizaram que não seria necessário o recurso matemático para compreender os temas desenvolvidos, eles receberam a proposta com mais entusiasmos.

A partir dos dados que coletamos, constatamos que nossos estudantes, do 2º ano do Ensino Médio, aprenderam significativamente conteúdos de Física Moderna, e mais, que a introdução desses conteúdos, concomitante com o ensino da Física Clássica, permitiu a eles uma aprendizagem mais efetiva também dos conteúdos clássicos.

Acreditamos que foi uma boa escolha a nossa em aplicar o nosso tratamento em turma de 2º ano, pois, assim podemos mostrar que não é necessário que o estudante assimile toda a Física Clássica, para somente depois, no 3º ano, e se der tempo, ter algum contato com a Física Moderna. Lembramos que a proposta por nós apresentada pode ser aplicada nas duas séries finais do EM, tanto que, no ano de 2008, utilizamos a proposta de ensino, para o modelo atômico de Bohr, no 3º ano do EM, no 1º bimestre, concomitante com o estudo da Eletrostática e colhemos bons resultados, percebendo, então, que os estudantes realmente compreenderam o modelo atômico de Bohr.

Durante todo desenvolvimento do nosso trabalho, vivenciamos o entusiasmo e o interesse de nossos estudantes em conhecer um pouco mais da Ciência e Tecnologia do mundo ao seu redor.

Das atividades que propomos, identificamos um maior interesse dos estudantes durante as aulas de laboratório, tanto de física (experimental) quanto de informática. Foi muito gratificante vermos em nossos estudantes o brilho no olhar ao verem os espectros de luz e conseguirem associá-los ao conteúdo visto no laboratório de Informática. Essa foi uma das aulas que mais nos chamou, atenção, pois, com materiais tão simples, conseguimos despertar em nossos estudantes o prazer da descoberta.

Apesar dos resultados positivos que obtivemos, percebemos que algumas questões precisam ser revistas, pois a quantidade de conteúdo trabalhado foi muito grande para o curto espaço de tempo que dispúnhamos, uma vez que só tínhamos duas horas/aula por semana. Acreditamos que se tivéssemos tido mais tempo para leitura de texto, resolução e correção de exercícios, os resultados poderiam ter sido ainda mais satisfatórios.

Como produto educacional resultante de nossa pesquisa, disponibilizamos aos professores interessados um manual contendo as aulas desenvolvidas, com todas as informações e materiais necessários para sua aplicação em sala de aula. É importante lembrarmos que para sua aplicação nós fizemos o uso de “data show” e do laboratório; porém é imprescindível ressaltarmos que a ausência desses recursos não inviabiliza o desenvolvimento do projeto, uma vez que é possível projetar os slides em “PowerPoint” gravando-os em CD ou DVD e reproduzi-los usando um aparelho de DVD e uma TV, ou ainda utilizando-os em forma de transparências e projetando-os com um retroprojetor. Quanto às atividades de laboratório, é possível realizá-las em sala de aula com o uso de materiais alternativos/baixo custo.

Hoje estamos convictos de que a maior barreira que precisamos transpor para tornar a inserção de FMC no EM uma realidade, está na formação de nossos professores de Física. É notório, tanto nos trabalhos que analisamos, como nas conversas informais que temos com os nossos colegas de profissão, que a questão da formação do professor é preponderante na inclusão da FM em nossas escolas. É necessário que haja investimentos e esforços nessa área se quisermos que realmente essa inserção se efetive, pois se o professor não tem domínio e, conseqüentemente, segurança sobre determinado conteúdo, é evidente que ele relutará em tentar ensiná-lo. Sendo assim, tornam-se necessários novos trabalhos que proponham melhor formação ou aperfeiçoamento.

Essa realidade que vislumbramos a partir de agora, a imediata necessidade de aperfeiçoamento de nossos professores de física, nos oferecem novas perspectivas. Assim o caminho a seguir é desenvolver um novo trabalho de pesquisa com o objetivo de promover o aperfeiçoamento de nossos professores de forma a possibilitar e tornar efetiva a inserção de FMC no EM se torne uma realidade. Acreditamos que os neste aperfeiçoamento deve-se incluir um aprofundamento conceitual sobre temas de FMC e o estudo das vertentes pedagógicas que favorecem a inserção.

## **CAPÍTULO 09 – PRODUTO EDUCACIONAL**

Como resultado de nossa pesquisa produzimos um CD-ROM, para uso livre, contendo a descrição das aulas que foram desenvolvidas para aplicação do nosso projeto de pesquisa.

Para cada aula, por nós proposta, apresentamos os objetivos, a carga horária necessária para o seu desenvolvimento, o material didático a ser utilizado, além de uma descrição detalhada dos passos que seguimos.

No CD-ROM apresentamos os slides produzidos em “PowerPoint” que foram utilizados nas aulas, as apostilas de uso dos estudantes, os roteiros utilizados no laboratório de Física e de Informática, além dos instrumentos de avaliação utilizados durante a implementação do projeto.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, R. ; CARVALHO, W. L. P. A perspectiva de estudantes sobre a inserção da Física Moderna no ensino médio. In: V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2005, Bauru. *Caderno de Resumos*. Bauru: ABRAPEC, 2005. v. 5. p. 108-108
- BARBETTA, P. A.. Estatística aplicada às Ciências Sociais. 7ª Ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Orientações curriculares para o ensino médio. Volume 2, 2006. 135 p.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Parâmetros Curriculares: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Ministério da Educação e do Desporto. Lei 9.394/96 - Diretrizes e Bases da Educação Nacional.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna?. *Investigação em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, RS. 10(3), 2005. <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>
- CATELLI, F.; PEZZINI, S. Laboratório caseiro: observando espectros luminosos - espectroscópio portátil. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v.19, n. 2, 2002. <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/19-2/index.html>
- CAVALCANTE, M. A. O ensino de uma nova Física e o exercício da cidadania. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo. v. 21, n. 4, 1999.
- CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; BARROS, J. A. A. Inserção de física moderna no ensino médio: difração de um feixe de laser. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis. v. 16, n. 2, 1999, a.
- CAVALCANTE, M. A.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. O uso da internet na compreensão de temas de Física Moderna para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo. v. 23, n.01, 2001, b.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. *Cad.Cat.Ens.Fís*. Florianópolis, v. 18, n. 3: p. 298-316, dez. 2001.
- DANCEY, C. P; REIDY, J. Tradução de Lorí Viali. Estatística sem Matemática para Psicologia usando SPSS para Windows. Porto Alegre. Ed. Artmed, 2006.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino de mecânica quântica introdutória. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre. v. 6, n.01, 2001. <http://www.fc.unesp.br/pos/revista/pdf/revista11vol1/ar10r11v1.pdf>

- LAVILLE, C.; DIONNE, J. Tradução de Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.
- LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de Física do ensino médio. *Revista Ciência & Educação*, Bauru. v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.
- MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. Contribuições da história da ciência no ensino de ciências: alternativa de inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio. *Enseñanza De Las Ciencias*, 2005. Número Extra. VII Congreso.
- MEDEIROS, A.. Eric Rogers e o ensino de Física Moderna. *Física na Escola*. São Paulo. v. 8, n.1, 2007.
- MENEZES, L. C. Física para o Ensino Médio. *Física na Escola*. São Paulo. v. 1, n. 1, 2000.
- MOREIRA, M. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- MOREIRA, M. A. Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos. Universidade do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Porto Alegre. 2003. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>
- OLIVEIRA, F.F.; VIANNA, D.M. Física Moderna no Ensino Médio: uma proposta usando raios-x. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Jaboticatubas, 2004.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre. v. 5, n. 01, 2000.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis. v. 22, n. 01, 2005.
- PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru – São Paulo, v.4, p. 63 -73.
- PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis. v. 16, n. 1: p. 7-34, abr. 1999. <http://www.fsc.ufsc.br/ccef/port/16-1/index.html>
- REZENDE JUNIOR, M. F; CRUZ, F. F. S. Física Moderna e Contemporânea: Do consenso de temas à elaboração de propostas. 4º Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2003, Bauru - SP. *Atas...*, 2003.
- SCHMITT, C. E. O uso da astronomia como instrumento para a introdução ao estudo das radiações eletromagnéticas no Ensino Médio. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SOUZA, V. C. Assis.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino de modelos atômico de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os estudantes pensam a partir delas. *Investigação em Ensino de Ciências*. Porto Alegre. v. 11, n. 01, 2006.

TERRAZZAN, E. A. Grupo de Trabalho de Professores de Física: articulando a produção de atividades didáticas, a formação de professores e a pesquisa em educação. In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia. *Atas...* Águas de Lindóia, 2002.

TERRAZZAN, E. A. Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo. FEUSP, 1994.

TERRAZZAN, E. A.. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis.* v. 9. n. 03; p. 209-214. 1992.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense Ensino de Física, Florianópolis.* v. 15, n. 2: p. 121-135, 1998.

**APÊNDICE A**  
**PRÉ-TESTE/PÓS-TESTE**

NOME: \_\_\_\_\_ SÉRIE: \_\_\_\_\_ TURMA: \_\_\_\_\_

Em todas as questões assinale a alternativa que achar correta e faça um comentário se quiser.

1. O que você entende por radiação eletromagnética?

- a) espécie de veneno que é emitido pelos materiais “radioativos”;
- b) a ação de rádio-amadores;
- c) onda eletromagnética que se propaga no vácuo, com velocidade de 300.000 km/s;
- d) propriedade de transmitir informações, por qualquer forma de transmissão.

Comentário:

---

---

2. O que você entende por espectro eletromagnético?

- a) forma de ser que pode atravessar obstáculos;
- b) conjunto de frequências das ondas eletromagnéticas;
- c) faixa determinada de frequência das ondas de rádio AM;
- d) meio por onde se propagam as ondas eletromagnéticas;

Comentário:

---

---

3. Qual a diferença entre calor e temperatura?

- a) calor é a sensação que sentimos, quando somos expostos a altas temperaturas e temperatura é o que marca o termômetro;
- b) temperatura é uma sensação humana e o calor é um fluído que emana dos corpos mais quentes que nós;
- c) calor é a radiação térmica emitida por um corpo devido a diferença de temperatura entre ele e o meio onde se encontra, enquanto que a temperatura é uma medida do grau médio de vibração das moléculas que constituem o corpo a ser observado;
- d) calor é um tipo de fluído solar e temperatura é um estado de equilíbrio térmico com o ambiente.

Comentário:

---

---

4. Existe alguma forma de se detectar uma radiação eletromagnética, sem o uso de aparelhos eletrônicos?

- a) sim, dependendo da frequência da radiação a ser detectada;
- b) não, radiação eletromagnética necessita de aparelhos elétricos ressonantes (que repercute o som; que faz eco);
- c) sim, podemos detectar as radiações eletromagnéticas utilizando o sentido do olfato, pois a radiação eletromagnética tende a queimar os corpos sobre os quais ela incide;
- d) não, pois não podemos determinar de onde elas procedem. Precisamos primeiro localizar a sua fonte.

Comentário:

---

---

5. A frequência de uma onda eletromagnética pode dar alguma informação sobre a fonte que a emitiu?

- a) não, pois a frequência depende apenas do meio em que a onda se propaga;
- b) sim, uma vez que a frequência é determinada pela fonte que a emitiu;
- c) não, pois a frequência da onda eletromagnética sempre pode ser transformada por interferência de outras fontes;
- d) sim, devido ao vácuo.

Comentário:

---

---

6. Os raios X (tipo de radiação eletromagnética), utilizados amplamente na Medicina, são prejudiciais à saúde, por quê?

- a) porque os aparelhos que emitem os raios X têm em seu interior elementos químicos radioativos;
- b) porque os raios X atravessam o nosso corpo;
- c) porque a sua radiação é ionizante, ou seja, pode alterar a configuração eletrônica das moléculas que constituem os tecidos vivos;
- d) por que os aparelhos de raios X necessitam de altas-voltagens para funcionar.

Comentário:

---

---

7. O que você entende por dualidade onda-partícula?

- a) a propriedade das ondas eletromagnéticas de se comportarem como ondas e como partículas, simultaneamente;
- b) a propriedade de uma partícula qualquer ser transformada em uma onda, por ação de radiação qualquer;
- c) é a função do nêutron ao sofrer decaimento radioativo;
- d) são ondas periódicas formadas por um aglomerado de partículas que viajam pelo vácuo.

Comentário:

---

---

8. O que você entende por fóton?

- a) partícula subatômica que constitui a luz visível;
- b) pacote de energia bem definida que se propagam no vácuo à 300.000 km/s;
- c) luz emitida por um flash eletrônico;
- d) partículas que provêm de lâmpadas fluorescentes, sem cor definida.

Comentário:

---

---

9. O que você entende por “órbitas quantizadas” dos elétrons nos átomos?

- a) significa que há um determinado número inteiro de elétrons que podem participar das variadas órbitas possíveis nos átomos;
- b) significa que as órbitas são na verdade estados de energia bem definidos, onde existe uma probabilidade de se encontrar elétrons;
- c) que é possível contar as camadas eletrônicas dos átomos;
- d) são órbitas dos elétrons, em torno do núcleo, que possuem um número inteiro de energia cinética de translação.

Comentário:

---

---

10. A radiação eletromagnética produzida por todos os aparelhos eletrônicos são inofensivos à saúde humana?

- a) sim, pois todos os aparelhos eletrônicos disponíveis são criteriosamente analisados antes de serem colocados no mercado;

- b) sim, pois todos os aparelhos utilizados oferecem uma blindagem eficiente às radiações nocivas;
- c) não, pois dependendo do aparelho a radiação emitida pode ser ionizante, prejudicando assim a saúde humana;
- d) não, uma vez que sendo uma radiação eletromagnética há sempre perigo da exposição a essa radiação.

Comentário:

---

---

## APÊNDICE B

### MOVIMENTO CORPUSCULAR X MOVIMENTO ONDULATÓRIO

Mirele Sousa Soares

Imagine a seguinte situação: você e um amigo vão pescar e estão de lados opostos de um lago. Como você poderia se comunicar com ele? Você poderia lançar uma flecha com uma mensagem, jogar uma pedra na água para que sejam formadas perturbações em sua superfície, gritar seu nome, acender uma lanterna, telefonar usando um telefone celular, fazer mímica, entre outras situações.

Se analisarmos as possíveis situações veremos que em algumas delas nós temos um transporte de matéria, como no caso da flecha com a mensagem e em outras temos transporte somente de energia, como no caso da luz emitida por uma lanterna.

No nosso dia-a-dia podemos ter movimentos corpusculares ou ondulatórios. O movimento corpuscular ocorre quando uma ‘porção’ de matéria se move de um ponto a outro, enquanto no movimento ondulatório você tem uma porção de energia sendo transportada, sem que haja o transporte de matéria.

Qual a diferença entre uma vidraça sendo quebrada ao ser atingida por uma pedra e uma sendo quebrada como resultado de uma grande explosão? No primeiro caso a janela se quebra devido a um movimento corpuscular, a pedra se move até que se choque com o vidro, no segundo caso temos um movimento ondulatório, uma vez que não temos porção de matéria sendo transportada até vidraça, mas sim a energia produzida durante a explosão que se desloca até a vidraça e ao atingí-la faz com que a mesma se quebre.

A energia no movimento ondulatório se transporta através de ondas, mas o que são ondas?



Muitos tipos de ondas estão presentes na nossa vida. Nós enxergamos os objetos a nossa volta porque a luz emitida por eles sensibiliza os nossos olhos, conseguimos nos comunicar com as pessoas utilizando os meios de comunicação através de ondas (ondas de rádio, ondas de televisão, microondas via satélite). Podemos ouvir música, vozes e ruídos devido às ondas sonoras. Devido às limitações que temos no nosso sistema visual e auditivo não conseguimos perceber todos os tipos de ondas luminosas e sonoras à nossa volta.

No nosso dia-a-dia podemos encontrar outros tipos de ondas como ondas formadas na superfície da água, quando cai alguma coisa em sua superfície, ou aquelas que aparecem em uma corda esticada quando sacudimos uma das extremidades.

Todas as ondas possuem algo em comum: são energias que se propagam através de um meio, porém o meio não acompanha essa propagação, qualquer que seja o tipo de onda.

## APÊNDICE C

### APOSTILA 01 - ONDAS

Denomina-se ondas o movimento causado por uma perturbação que se propaga através do meio. Uma onda transmite energia sem o transporte de matéria (fig. 1).



Fig.1: Onda: transporte de energia sem transporte de matéria.

Como exemplos de movimentos ondulatórios temos: uma pessoa movimenta a extremidade de uma corda, e a perturbação propaga-se até a outra extremidade; um terremoto no fundo do mar causa uma perturbação nas águas do oceano, e esta perturbação propaga-se até encontrar algum continente, causando ondas gigantes conhecidas como *Tsunamis*; um alto falante causa uma perturbação nas moléculas de ar, e esta perturbação propaga-se até nossos ouvidos permitindo que possamos ouvir o som gerado pelo mesmo.

Uma onda pode ser **classificada** quanto à sua **natureza**, quanto à **direção de propagação** e quanto à **direção de vibração**.

#### **Natureza**

As ondas podem ser classificadas de acordo com a sua natureza (características físicas) em dois grupos: ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.

As **ondas mecânicas** têm como principal característica a necessidade de um meio material para se propagarem, a energia mecânica se propaga através das partículas de um meio material, sem que essas partículas sejam transportadas. É apenas a energia que muda de local, passando de partícula a partícula. Uma onda mecânica nunca se propaga no vácuo.

Como exemplos de ondas mecânicas temos as ondas em cordas, o som, ondas que se propagam em superfícies líquidas.

As **ondas eletromagnéticas** são formadas por dois campos variáveis, o campo elétrico e o campo magnético, se propagam através de um meio material ou na ausência dele, portanto se propagam no vácuo. Todas as ondas eletromagnéticas têm em comum a velocidade de propagação, que depende do meio material no qual ela se propaga. Sua velocidade no vácuo é de aproximadamente 300.000 km/s ou  $3 \cdot 10^8$  m/s.

Como exemplos de ondas eletromagnéticas temos as ondas de rádio e TV, as microondas, radiação infravermelha, a luz visível, radiação ultravioleta, raios X, raios  $\gamma$  e outras. O que diferencia uma onda eletromagnética da outra é sua fonte de produção e a faixa de frequência na qual ela se encontra.

O espectro eletromagnético (fig. 2) é a distribuição da intensidade da radiação eletromagnética com relação ao seu comprimento de onda ou frequência.

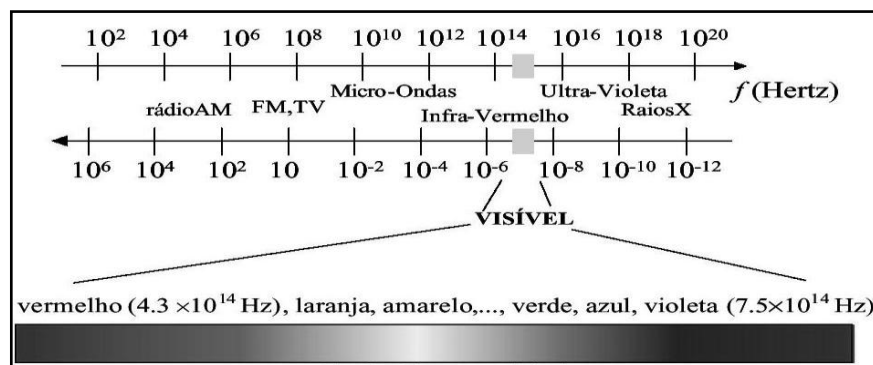


Fig. 2: Espectro eletromagnético

### Direção de propagação

Unidimensional: movem-se em uma única direção, como no caso das ondas em cordas.

Bidimensional: movem-se em duas dimensões, em um plano, como na superfície de um lago.

Tridimensionais: movem-se em todas as direções como as ondas sonoras

No estudo das ondas bidimensionais e tridimensionais temos dois conceitos que são de grande importância, a definições de frente de onda e de raio de onda.

**Frente de onda** (fig. 3 e 4) é a fronteira entre a região já atingida pela onda e a região que ainda não é atingida. **Raio de onda** é a linha que tem origem na fonte de ondas, indicam a direção e o sentido de propagação das ondas num meio e são sempre perpendiculares às frentes de onda.

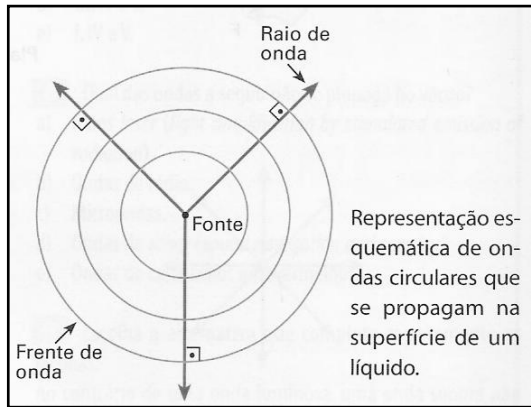


Fig. 3: frente e raio de onda

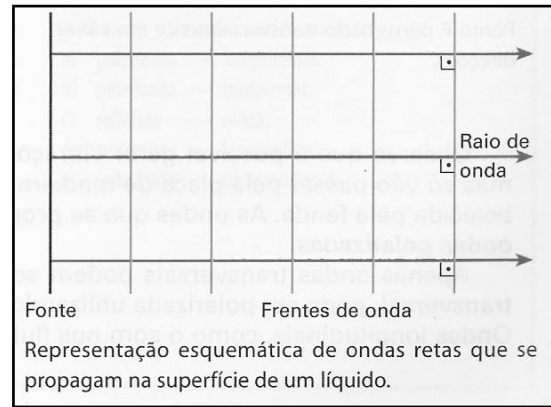


Fig. 4: frente e raio de onda

### Direção da vibração

As vibrações de um movimento ondulatório podem ocorrer na mesma direção ou na direção perpendicular à de sua propagação. Podendo ser classificadas como longitudinais ou transversais. Existem casos em que ocorrem vibrações nas duas direções, tratam-se das chamadas ondas mistas.

Nas **ondas transversais** (Fig. 5) a vibração é perpendicular a propagação das ondas (Fig. 6), exemplos: ondas em cordas, ondas eletromagnéticas.

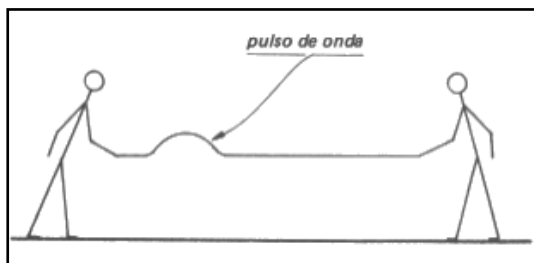


Fig. 5: onda transversal

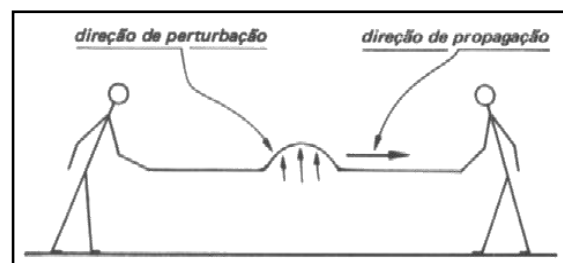


Fig. 6: direção de vibração da onda transversal

*A onda está propagando-se da esquerda para a direita, na horizontal, mas qualquer ponto da corda move-se para cima e para baixo, na vertical Como a direção de propagação*

da onda é perpendicular, ou seja, forma um ângulo de  $90^\circ$  com a direção de oscilação de qualquer ponto sobre a corda, dizemos que ela é transversal.

Nas **ondas longitudinais** (Fig. 7) a vibração coincide com a propagação das ondas (Fig. 8), como exemplo temos o som se propagando em meios fluidos.

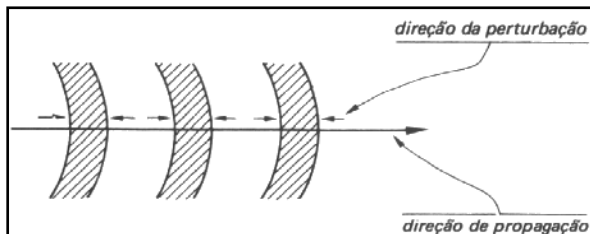
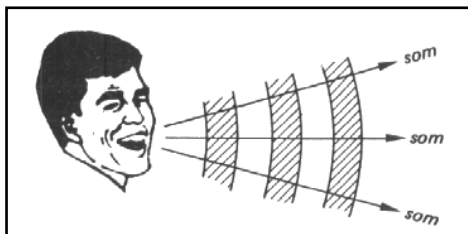


Fig. 7: onda longitudinal

Fig. 8: direção de vibração da onda longitudinal

Note que a voz gera uma onda que se propaga da esquerda para a direita (Fig. 7), e que qualquer molécula de ar que esteja no caminho também irá se mover no sentido horizontal. Aqui a direção de propagação da onda coincide com a direção de oscilação dos corpos que estiverem no caminho dela.

Nas **ondas mistas** temos ondas mecânicas que se constituem de vibrações transversais e longitudinais simultaneamente (Fig. 9). Como exemplos podemos citar as ondas em superfícies de líquidos nos casos dos mares e lagos que são produzidas pela ação dos ventos sobre a superfície da água (Fig. 10), o som ao se propagar em meios sólidos, etc.



Fig. 10: onda no mar

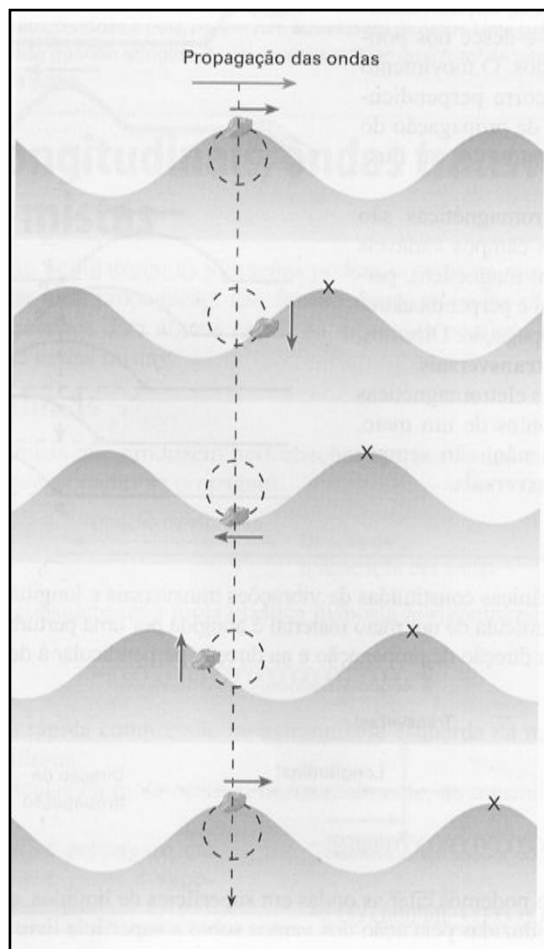


Fig. 9: Onda mista

## ONDAS PERIÓDICAS

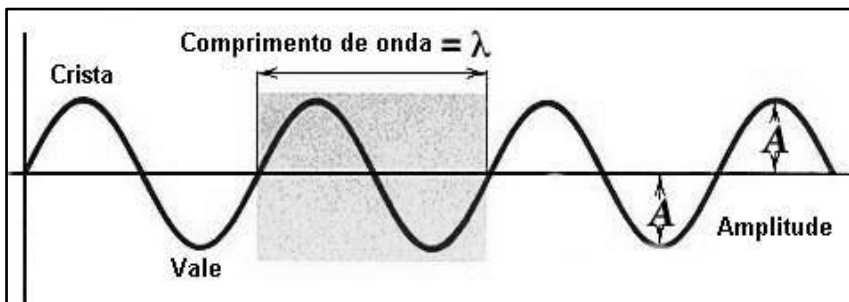


Fig. 11: elementos de uma onda Periódica

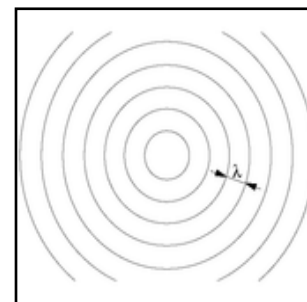


Fig. 12:  $\lambda$

Quando um pulso segue o outro em uma sucessão regular tem-se uma onda periódica. Nas ondas periódicas, o formato das ondas individuais se repete em intervalos de tempo iguais.

**Comprimento de onda** ( $\lambda$ ) é a distância entre dois pontos consecutivos do meio que vibram em fase (Fig. 11 e 12).

O ponto mais alto da onda chama-se **crista**, e o ponto mais baixo denomina-se **vale** (Fig. 11). Abaixo você pode ver um barquinho na crista da onda e o outro no vale. Uma grandeza importante nas ondas periódicas é a sua **amplitude** (Fig. 13), ela representa o valor máximo de oscilação que a onda produz, é o deslocamento máximo de um ponto, em relação à posição de equilíbrio. A amplitude está associada a energia que a onda transporta, quanto maior a energia usada para produzir um onda maior será a amplitude gerada.

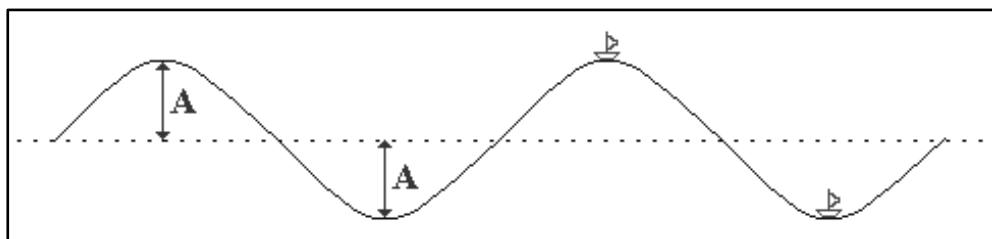


Fig. 13: amplitude de uma onda

O **comprimento de onda**, representado pela letra  $\lambda$  (lambda), mede a distância entre duas cristas consecutivas da mesma onda, ou então a distância entre dois vales consecutivos da mesma onda.

Na figura 14 apresentamos as três maneiras possíveis de ser medir o comprimento de onda.

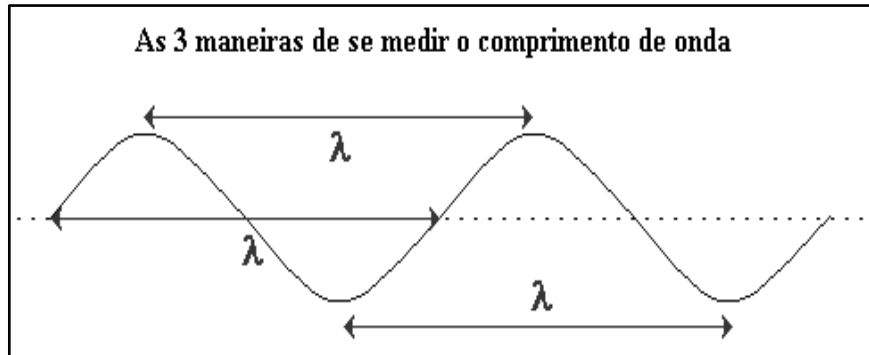


Fig. 14: três maneiras de se medir o comprimento de onda

O fator principal que caracteriza uma onda é o transporte de energia sem transporte de matéria. A grandeza que mede a quantidade de energia irradiada de um ponto a outro é chamada de **intensidade** de uma onda. A unidade de medida da intensidade de uma onda no SI é  $\text{J/s.m}^2$ , que equivale ao  $\text{W/m}^2$ . A intensidade de uma onda é diretamente proporcional ao quadrado de sua amplitude, assim se dobrarmos a amplitude da onda quadruplicaremos a intensidade da energia irradiada por ela.

Toda onda periódica possui o que chamamos de frequência e período. A **frequência** ( $f$ ) indica o número de vezes que o movimento periódico ocorre em uma unidade de tempo, sua unidade de medida no SI é o hertz (Hz) e o **período** ( $T$ ) indica o intervalo de tempo em que o movimento periódico se repete, no SI sua unidade de medida é o segundo (s). A frequência de um movimento periódico é o inverso de seu período:

$$f = \frac{1}{T}$$

### Equação fundamental da ondulatória

$$v = \lambda \cdot f \quad \text{ou} \quad \lambda = v \cdot T$$

É aconselhável o uso do Sistema Internacional, onde a velocidade é dada em **m/s**, o comprimento de onda em **metros** e a frequência em **Hertz**. O período neste caso ficaria em **segundos**.

### Exercícios

1. Por que é impossível ouvirmos, aqui na Terra, uma explosão solar?

2. Das ondas citadas a seguir, qual delas não é uma onda eletromagnética?
- Infravermelho.
  - Radiação gama.
  - Ondas luminosas.
  - Ondas de rádio.
  - Ultra-som.
3. No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem:
- Mesma frequência
  - Mesma amplitude
  - Mesmo comprimento de onda
  - Mesma quantidade de energia
  - Mesma velocidade de propagação
4. Das ondas citadas a seguir, qual é longitudinal?
- Ondas em cordas tensas.
  - Ondas na superfície da água.
  - Ondas luminosas.
  - Ondas eletromagnéticas.
  - Ondas sonora propagando-se no ar.
5. Analise as afirmativas:
- O som é uma onda mecânica.
  - A luz é onda eletromagnética.
  - A luz pode ser onda mecânica.
  - O som pode propagar-se no vácuo.
  - A luz pode propagar-se no vácuo.

São verdadeiras:

- I, II e III.
- I, III e IV.
- II, III e V.
- I, II e V.
- Todas as afirmativas.



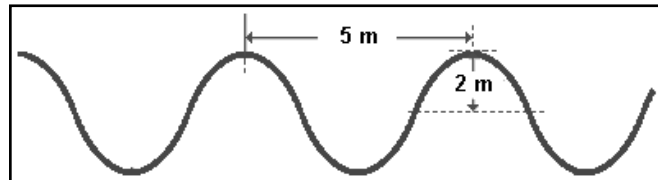
6. Analise as afirmativas:

- I. Toda onda mecânica é sonora.
- II. As ondas de rádio, na faixa de FM, são transversais.
- III. Abalos sísmicos são ondas mecânicas.
- IV. O som é sempre uma onda mecânica, em qualquer meio.
- V. As ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) são ondas mecânicas.

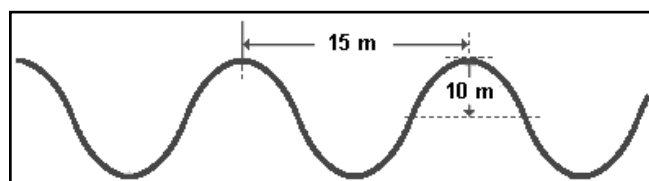
São verdadeiras:

- a. I, II e III
  - b. I, III e V
  - c. II, III e IV.
  - d. III, IV e V.
  - e. I, IV e V
7. Qual das ondas a seguir não se propaga no vácuo?
- a. Raio *laser* (*Light amplification by stimulated emission of radiation*)
  - b. Ondas de rádio.
  - c. Microondas.
  - d. Ondas de *sonar* (*sound navigation and ranging*).
  - e. Ondas de calor (raios infravermelhos).
8. Uma onda mecânica é dita transversal se as partículas do meio movem-se:
- a. Perpendicularmente a sua direção de propagação.
  - b. Paralelamente à direção de propagação da onda.
  - c. Transportando matéria na direção de propagação da onda.
  - d. Com a velocidade da luz na direção de propagação da onda.
  - e. Em movimento retilíneo e uniforme.
9. O que as ondas de rádio e de luz têm em comum? O que é diferente entre elas?
10. Qual das duas possui o comprimento de onda mais curto: radiação ultravioleta ou infravermelha? Qual possui a maior frequência?
11. O que requer um meio físico para se propagar: luz, som ou ambos? Explique.
12. "Durante a propagação da onda não há transporte de matéria, apenas transporte de energia". Dê exemplos que comprovem essa afirmação.

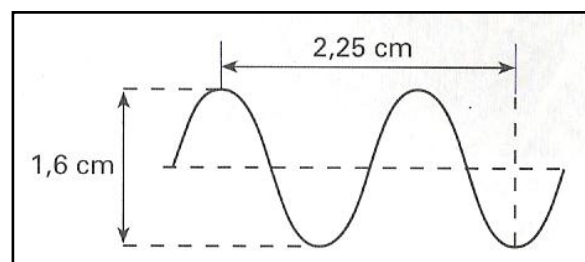
13. Explique por que um pequeno barco de papel flutuando na água apenas sobe e desce quando atingido por ondas que se propagam na superfície do líquido.
14. A figura representa uma onda periódica que se propaga numa corda com velocidade  $v = 10 \text{ m/s}$ . Determine a frequência dessa onda e a amplitude.



15. Um conjunto de ondas periódicas transversais, de frequência  $20 \text{ Hz}$ , propaga-se em uma corda. A distância entre uma crista e um vale adjacente é de  $2 \text{ m}$ . Determine: A) o comprimento de onda; B) a velocidade da onda.
16. Num tanque pequeno a velocidade de propagação de uma onda é de  $0,5 \text{ m/s}$ . Sabendo que a frequência do movimento é de  $10 \text{ Hz}$ , calcule o comprimento da onda.
17. Determine o comprimento de onda de uma estação de rádio que transmite ondas na frequência  $1000 \text{ KHz}$ .
18. Uma onda se propaga ao longo de uma corda com frequência de  $60 \text{ Hz}$ , como ilustra a figura. A) Qual a amplitude da onda? B) Qual o valor do comprimento de onda? C) Qual a velocidade de propagação dessa onda?



19. Uma fonte produz ondas periódicas na superfície de um lago. Essas ondas percorrem  $2,5 \text{ m}$  em  $2 \text{ segundos}$ . A distância entre duas cristas sucessivas de onda é  $0,25 \text{ m}$ . Determine: A) a velocidade de propagação da onda; B) o comprimento de onda; C) a frequência.
20. A figura representa um trecho de uma onda que se propaga a uma velocidade de  $300 \text{ m/s}$ :



Para esta onda, determine:

- a. a amplitude;
- b. o comprimento de onda;
- c. a frequência;
- d. o período

21. Para atrair um golfinho, um treinador emite um ultra-som com frequência de 25.000 Hz, que se propaga na água com velocidade de 1.500 m/s. Qual o comprimento de onda desse ultra-som na água?

22. Ao se bater na superfície de um lago, produz-se uma onda que se propaga com velocidade de 0,4 m/s. A distância entre duas cristas consecutivas da onda é de 8 cm. Com base nesses dados, é correto afirmar:

(01) A onda formada tem comprimento de onda igual a 8 cm.

(02) A amplitude da onda certamente vale 4 cm.

(04) A frequência da onda é de 5 Hz.

(08) A onda, ao se propagar, transfere energia de um ponto a outro da superfície do lago.

(16) Supondo que sob o efeito da onda um ponto na superfície de lago oscile verticalmente, a onda é do tipo longitudinal.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmativas corretas.

23. Um banhista, parado em relação à Terra, conta em uma praia a passagem de 21 cristas de onda equiespaçadas pelo seu corpo. O intervalo de tempo decorrido no evento é de 80 s. Conhecendo a velocidade de propagação das ondas (1,0 m/s), determine o comprimento de ondas do mar nesse local.

## OS FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

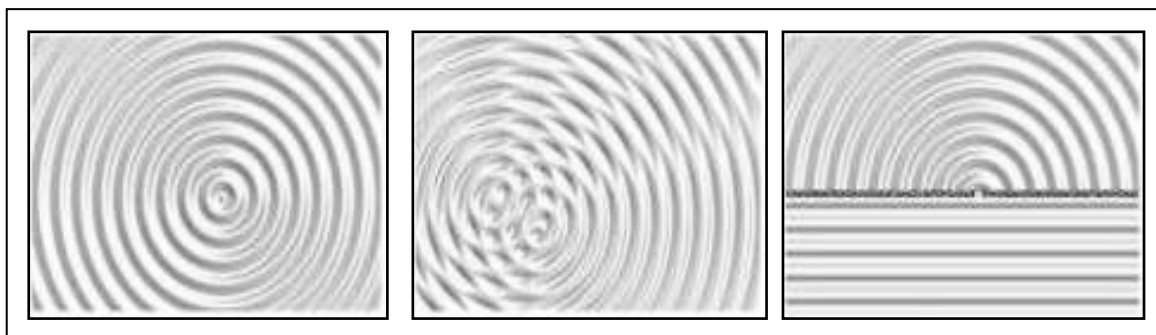


Fig. 15: fenômenos ondulatórios

Vários fenômenos podem ocorrer com uma onda: o desvio ou o contorno que ela realiza ao encontrar obstáculos em sua propagação (a difração), a interferência que ocorre quando se encontram duas ondas produzidas por diferentes fontes e ainda o fenômeno da polarização (Fig. 15).

### ***REFLEXÃO DE ONDAS***

Quando uma onda que se propaga num dado meio encontra uma superfície que separa esse meio de outro, essa onda pode, parcial ou totalmente, retornar para o meio em que estava se propagando (Fig. 16).

As reflexões de ondas bidimensionais e tridimensionais podem ser representadas por seus raios de onda ou pelas próprias frentes de onda.

Usando raios de onda como representação, obtemos a figura 16, que é útil para apresentação das duas leis que regem a reflexão de qualquer tipo de onda.

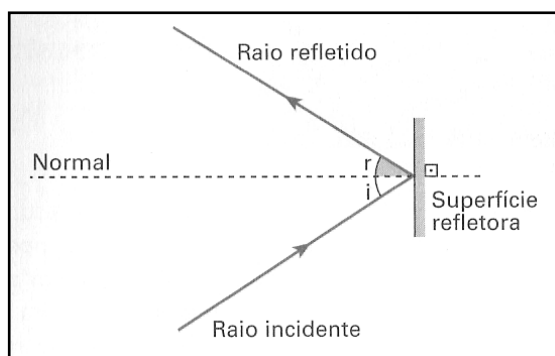


Fig. 16: reflexão

### 1ª Lei da Reflexão:

O raio incidente, o raio refletido e a reta normal à superfície refletora no ponto de incidência estão contidos sempre num mesmo plano, ou seja, são coplanares (Fig. 16).

### 2ª Lei da Reflexão

O ângulo formado pelo raio incidente e a normal (ângulo de incidência  $\hat{i}$ ) e o ângulo formado pelo raio refletido e a mesma reta normal (ângulo de reflexão  $\hat{r}$ ) são sempre de mesma medida:  $\hat{i} = \hat{r}$ .

### REFRAÇÃO DE ONDAS

É o fenômeno segundo o qual uma onda muda seu meio de propagação, de características diferentes.

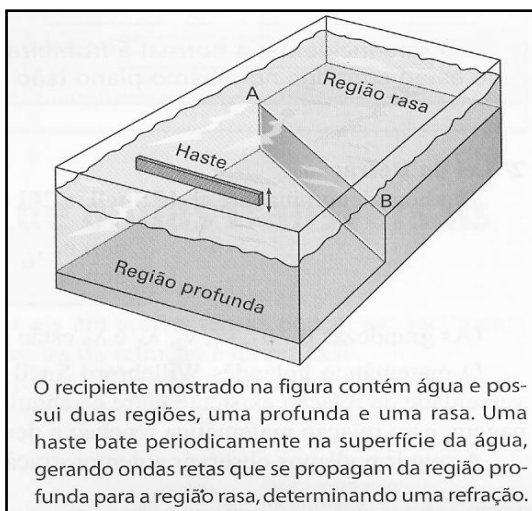


Fig. 17: refração

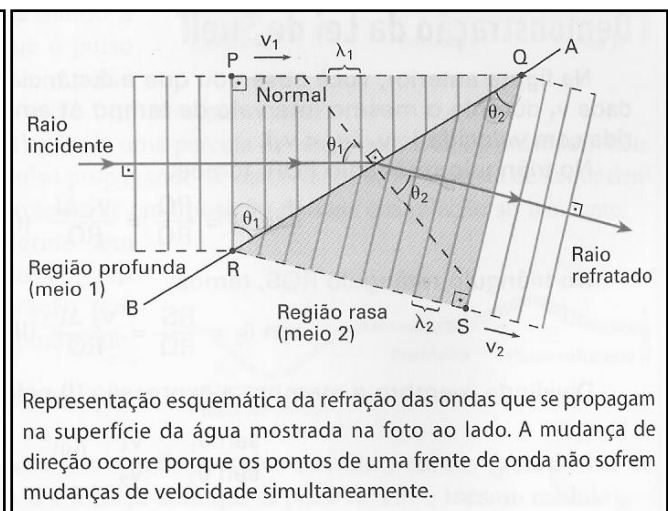


Fig. 18: representação esquemática da refração

Na segunda figura 18, temos:

- ✓  $\theta_1$ : ângulo de incidência. Ângulo formado pelo raio incidente e pela normal, na região profunda. Observe que o ângulo formado pelas frentes incidentes e pela fronteira entre as duas regiões também vale  $\theta_1$ .
- ✓  $\theta_2$ : ângulo de refração. Ângulo formado pelo raio refratado e pela normal, na região rasa. Também vale  $\theta_2$  o ângulo formado pelas frentes refratadas e pela fronteira entre as regiões.
- ✓  $v_1$  e  $\lambda_1$ : velocidade de propagação e comprimento de onda na região profunda.
- ✓  $v_2$  e  $\lambda_2$ : velocidade de propagação e comprimento de onda na região rasa.

A refração de ondas obedece às duas leis apresentadas a seguir:

### 1ª Lei da Refração:

O raio incidente, a normal à fronteira no ponto de incidência e o raio refratado estão contidos no mesmo plano.

### 2ª Lei de Refração:

Também denominada **Lei de Snell**, a 2ª Lei da Refração é expressa pela relação:

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

## INTERFERÊNCIA

*Interferência* é um fenômeno descrito pelo cientista inglês Thomas Young, que representa a superposição de duas ou mais ondas num mesmo ponto. Esta superposição pode ter um caráter de aniquilação, quando as fases não são as mesmas, chamada de interferência destrutiva (fig. 19) ou pode ter um caráter de reforço quando as fases combinam, chamada de interferência construtiva (fig. 20). Exemplo: Quando escutamos música em nosso lar, percebemos que certos locais no recinto é melhor para se ouvir a música do que outros. Isto é porque nestes pontos as ondas que saem dos dois alto-falantes sofrem interferência construtiva. Ao contrário, os locais onde o som está ruim de ouvir é causado pela interferência destrutiva das ondas.

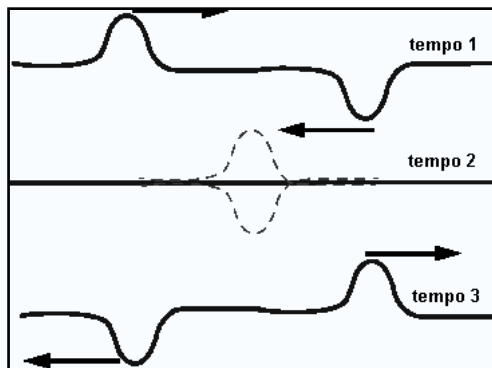


Fig. 19: interferência destrutiva

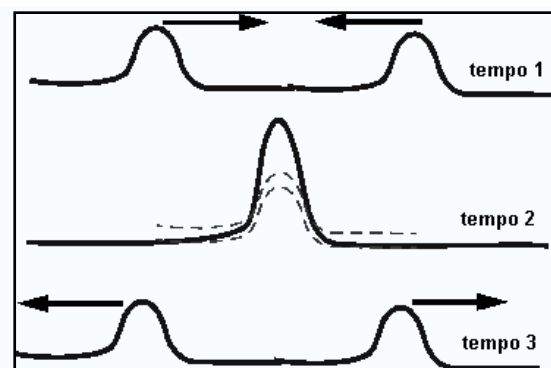


Fig. 20: interferência construtiva

## DIFRAÇÃO

As ondas não se propagam obrigatoriamente em linha reta a partir de uma fonte emissora. Elas apresentam a capacidade de contornar obstáculos, desde que estes tenham dimensões comparáveis ao comprimento de onda.

Ao passarem por esse ponto do espaço, ondas difratadas de uma mesma origem tem a mesma fase e por isso podem interagir uma com a outra naquele ponto (fig.21). A recombinação se ocorre porque as ondas combinam seus máximos e mínimos de amplitude de uma maneira que depende do total de ondas interagentes e das distâncias totais percorridas. O resultado disso varia entre dois extremos: num caso, num dado ponto, um máximo de amplitude se combina com um mínimo, produzindo uma anulação parcial ou total da energia da onda (interferência destrutiva). Por outro lado, quando dois ou mais máximos ou mínimos se encontram, a energia observada é maior (interferência construtiva).

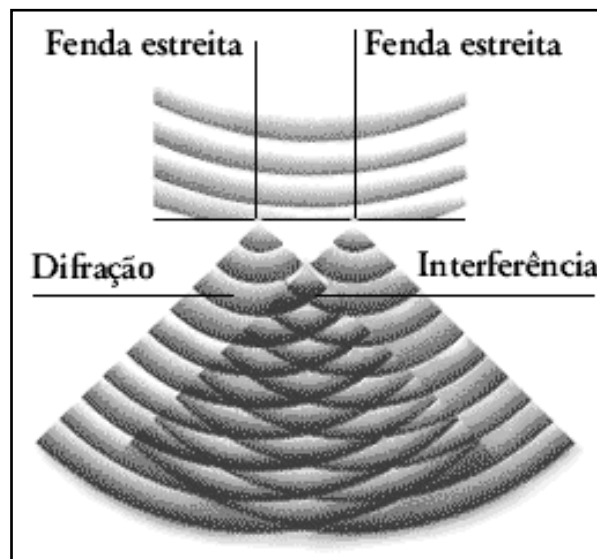


Fig. 21: difração de uma onda

## RESSONÂNCIA

Quando um sistema vibrante é submetido a uma série periódica de impulsos cuja frequência coincide com a frequência natural do sistema, a amplitude de suas oscilações cresce gradativamente, pois a energia recebida vai sendo armazenada (fig. 22).

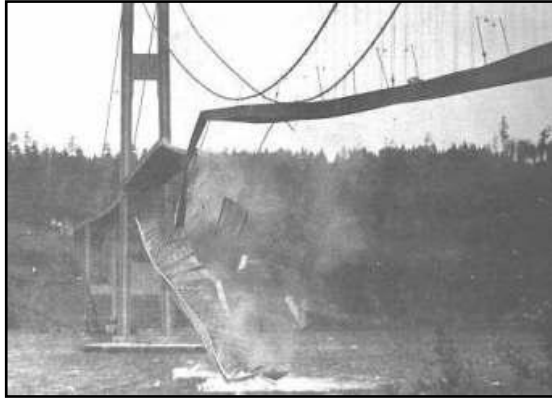


Fig. 22: uma ponte de cordas sofrendo ressonância

## POLARIZAÇÃO

Polarizar uma onda significa orientá-la em uma única direção ou plano (fig.23).

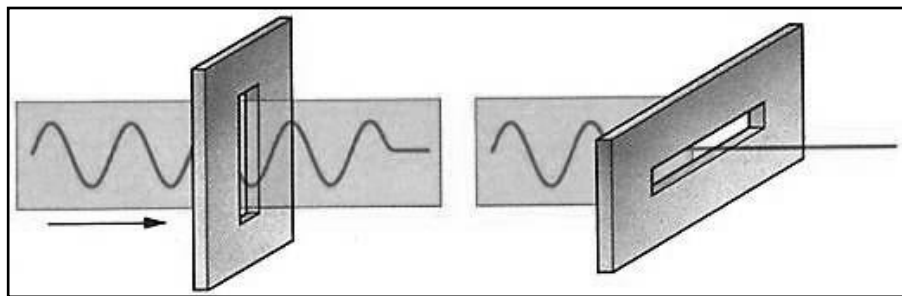


Fig. 23: polarização de uma onda

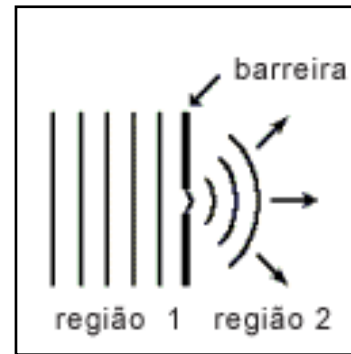
## Questões

1. Conta-se que um famoso tenor italiano, ao soltar a voz num agudo, conseguia romper um copo de cristal. Como é possível explicar fisicamente essa ocorrência?
2. As ondas luminosas também podem sofrer difração, como as ondas sonoras. Explique por que é mais fácil perceber a difração sonora do que a difração luminosa.
3. Conta-se que na Primeira Guerra Mundial uma ponte de concreto desabou quando soldados, em marcha cadenciada, passaram sobre ela. Como é possível explicar essa ocorrência?
4. (Vunesp-SP) A figura a seguir representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de



onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da:

- a. absorção.
- b. difração.
- c. dispersão.
- d. polarização.
- e. refração.



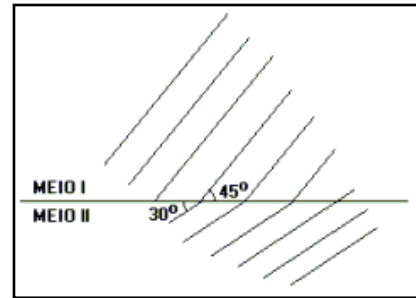
5. (Unirio-RJ) Um vibrador produz ondas planas na superfície de um líquido com frequência  $f = 10 \text{ Hz}$  e comprimento de onda  $\lambda = 28 \text{ cm}$ . Ao passarem do meio I para o meio II, como mostra a figura, foi verificada uma mudança na direção de propagação das ondas.

**Dados:**

$$\text{sen}30^\circ = \text{cos}60^\circ = 0,5$$

$$\text{sen}60^\circ = \text{cos}30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

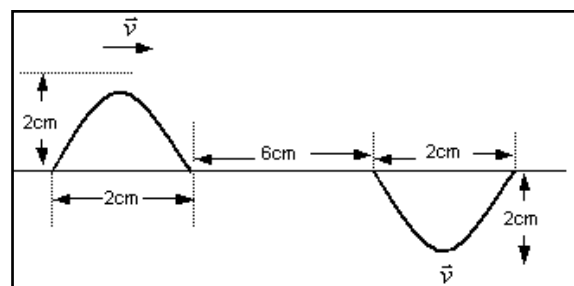
$$\text{sen}45^\circ = \text{cos}45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ e considere } \sqrt{2} = 1,4$$



No meio II os valores da frequência e do comprimento de onda serão, respectivamente, iguais a:

- a. 10 Hz; 14 cm.
- b. 10 Hz; 20 cm.
- c. 10 Hz; 25 cm.
- d. 15 Hz; 14 cm.
- e. 15 Hz; 25 cm.

6. (UFSC) A figura representa dois pulsos de onda, inicialmente separados por 6 cm, propagando-se em um meio com velocidades iguais a 2 cm/s, em sentidos opostos.



Considerando a situação descrita, assinale as proposições corretas:

(01) quando os pulsos se encontrarem, haverá interferência de um sobre o outro e não mais haverá propagação deles.

(02) decorridos 2 segundos, haverá sobreposição dos pulsos e a amplitude será máxima nesse instante e igual a 2 cm.

(04) decorridos 2 segundos, haverá sobreposição dos pulsos e a amplitude será nula nesse instante.

(08) decorridos 8 segundos, os pulsos continuarão com a mesma velocidade e com a mesma forma de onda, independentemente um do outro.

(16) inicialmente as amplitudes dos pulsos são idênticas e iguais a 2 cm.

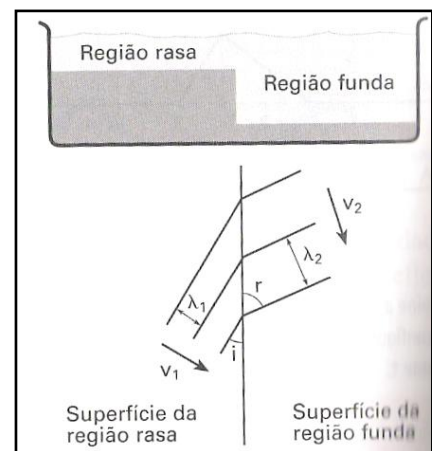
Dê como resposta a soma dos números que precedem as afirmativas corretas.

7. A velocidade de um ultra-som, na água, é igual a 1.450 m/s e, no gelo, é de 3.840 m/s a 0°C. Um ultra-som de frequência igual a  $2,0 \cdot 10^6$  Hz se propaga no mar em direção a um iceberg. Em relação ao comprimento de onda  $\lambda$  e à frequência  $f$  do ultra-som, é correto afirmar que, quando o ultra-som penetra no iceberg:

- $\lambda$  aumenta e  $f$  aumenta.
- $\lambda$  aumenta e  $f$  diminui.
- $\lambda$  aumenta e  $f$  permanece constante.
- $\lambda$  permanece constante e  $f$  aumenta.
- $\lambda$  diminui e  $f$  diminui.

8. A figura ao lado mostra uma cuba de ondas onde há uma região rasa e outra funda. Com uma régua, são provocadas perturbações periódicas retas a cada 4,0 s que se propagam na superfície da água. Sabendo que  $\lambda_1$  (comprimento de onda na região rasa) é igual a 2 cm,  $i$  (ângulo de incidência) é igual a  $30^\circ$  e  $v_2$  (velocidade da onda na região funda) é igual a  $5\sqrt{2}$  cm/s, determine;

- a velocidade ( $v_1$ ) da onda, na região rasa;
- o comprimento de onda ( $\lambda_2$ ), na região funda;
- o ângulo de refração ( $r$ ).



9. Uma onda mecânica com 800 Hz de frequência propaga-se em um meio com comprimento de onda igual a 2,0 m. Ao sofrer refração, essa onda tem sua velocidade reduzida a 50 % de seu valor inicial. Qual será o seu novo comprimento de onda?

## **BIBLIOGRAFIA**

<http://br.geocities.com/saladefisica8/ondas/fenomenos.htm>

<http://br.geocities.com/saladefisica8/ondas/introducao.htm>

<http://br.geocities.com/saladefisica8/ondas/periodicas.htm>

<http://br.geocities.com/saladefisica8/ondas/velocidade.htm>

<http://omnis.if.ufrj.br/~coelho/DI/texto.html>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Difra%C3%A7%C3%A3o>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Interfer%C3%Aancia>

<http://www.imagick.com.br/pagmag/themas2/Ondas/movimento%20ondulat%C3%B3rio.htm>

VILLAS BÔAS, Newton, Tópicos de física, 2: termologia, ondulatória e óptica/Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola – 16 ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

## APÊNDICE D

### ESTUDO DIRIGIDO 01

1. A velocidade das ondas eletromagnéticas no ar, das quais as ondas de rádio são um exemplo, vale  $3 \cdot 10^8$  m/s.
  - a. Qual o comprimento da onda gerada por uma estação de rádio de frequência 860 kHz?
  - b. Ao girar o dial do rádio para sintonizar uma estação de maior frequência, você estará captando ondas de maior ou de menor comprimento de ondas? Justifique.

2. Faça uma distinção entre os movimentos corpusculares e os ondulatórios.

---



---

3. Sugira duas maneiras, uma ondulatória e uma corpuscular, do professor chamar a atenção de um estudante que está conversando, de costas para ele.

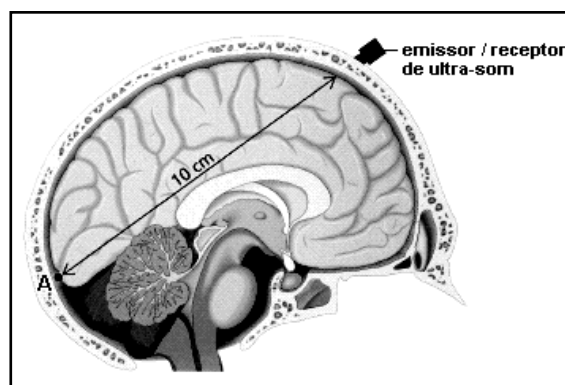
---



---

4. Quando uma corda violão é colocada em vibração, gera, no ar em sua volta, uma onda sonora que caminha com velocidade média de 340 m/s. Se uma corda vibrar com frequência de 510 Hz, qual será o comprimento da onda sonora que se propagará no ar?

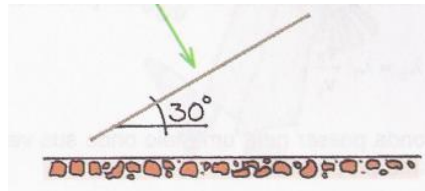
5. Observe, na figura abaixo, que a região de tecido encefálico a ser investigada no exame é limitada por ossos do crânio. Sobre um ponto do crânio se apóia o emissor/receptor de ultra-som.



- a) Suponha a não-existência de qualquer tipo de lesão no interior da massa encefálica. Determine o tempo gasto para registrar o eco proveniente do ponto A da figura.
- b) Suponha, agora, a existência de uma lesão. Sabendo que o tempo gasto para o registro do eco foi de  $0,5 \times 10^{-4}$  s, calcule a distância do ponto lesionado até o ponto A.

Dado: velocidade do ultra-som no cérebro = 1540 m/s

6. Ondas do mar, deslocando-se a 2,0m/s, batem num paredão de concreto e se refletem. A figura abaixo mostra uma das frentes de onda antes da reflexão.
- a) Qual o ângulo de incidência da onda? \_\_\_\_\_
- b) Mostre, na figura, a posição da frente de onda depois da reflexão.
- c) Com que velocidade retornam as ondas refletidas?



7. Uma onda de frequência 20Hz, propagando-se num meio A, onde sua velocidade vale 5,0 m/s, passa para um meio B, onde sua velocidade vale 10m/s.
- a) Qual o comprimento de onda no meio A?
- b) Qual a frequência da onda no meio B?
- c) Qual o comprimento de onda no meio B?
- d) Que fenômeno físico ocorre com essa onda? \_\_\_\_\_

## APÊNDICE E

### APOSTILA 02 - A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A natureza da radiação foi um mistério para os cientistas durante muito tempo. No século passado, *J.C. Maxwell* propôs que essa forma de energia viaja pelo espaço na forma de um campo oscilatório composto por uma perturbação elétrica e magnética na direção perpendicular às perturbações (fig.1).

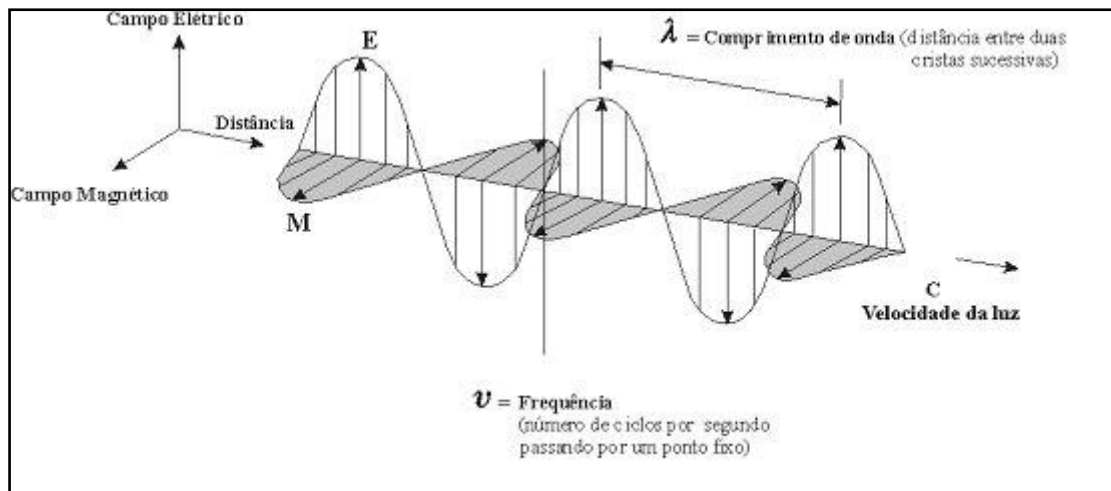


Fig. 1: onda eletromagnética

A maior contribuição de *Maxwell* foi a previsão de que a luz era uma onda eletromagnética. Após estudos posteriores várias descobertas aumentaram o conhecimento sobre essas ondas até concluir-se que vários tipos de radiação, como radiação gama, microondas, ondas de rádio, ultravioleta e infravermelho são todas ondas eletromagnéticas.

### O Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético ou arco-íris de *Maxwell* é a distribuição da intensidade da radiação eletromagnética com relação ao seu comprimento de onda ou frequência. A grandeza que permite diferenciar os diversos tipos de ondas é a frequência das mesmas.

Como todo o espectro eletromagnético é composto de ondas eletromagnéticas é importante ressaltar que as propriedades da reflexão, refração, difração, polarização e interferência valem para todo o espectro.

A radiação é um fenômeno natural que pode ocorrer de muitas formas. Radiação é definida como uma energia que é irradiada. Dependendo da quantidade de energia ela pode ser ionizante ou não-ionizante:

- Radiações não-ionizantes: possuem relativamente baixa energia, não têm energia suficiente para provocar ionização, mas conseguem promover o elétron a um nível energético superior, acarretando a excitação ou ativação.
- Radiações ionizantes: vêm de dentro do núcleo de átomos, possuem altos níveis de energia, podem alterar o estado físico de um átomo e causar a perda de elétrons, tornando-os eletricamente carregados. Este processo chama-se "ionização".

### Regiões do Espectro Eletromagnético

A tabela 1 dá os valores aproximados em comprimento de onda, frequência e energia para regiões selecionadas do espectro eletromagnético.

Tabela1

Espectro de Radiação Eletromagnética				
Região	Comp. Onda (Angstroms)	Comp. Onda (centímetros)	Frequência (Hz)	Energia (eV)
Rádio	$> 10^9$	$> 10$	$< 3 \cdot 10^9$	$< 10^{-5}$
Micro-ondas	$10^9 - 10^6$	$10 - 0.01$	$3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{12}$	$10^{-5} - 0.01$
Infravermelho	$10^6 - 7000$	$0.01 - 7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{12} - 4,3 \cdot 10^{14}$	$0.01 - 2$
Visível	$7000 - 4000$	$7 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14}$	$2 - 3$
Ultravioleta	$4000 - 10$	$4 \cdot 10^{-5} - 10^{-7}$	$7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$	$3 - 10^3$
Raios X	$10 - 0.1$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{17} - 3 \cdot 10^{19}$	$10^3 - 10^5$
Raios Gama	$< 0.1$	$< 10^{-9}$	$> 3 \cdot 10^{19}$	$> 10^5$

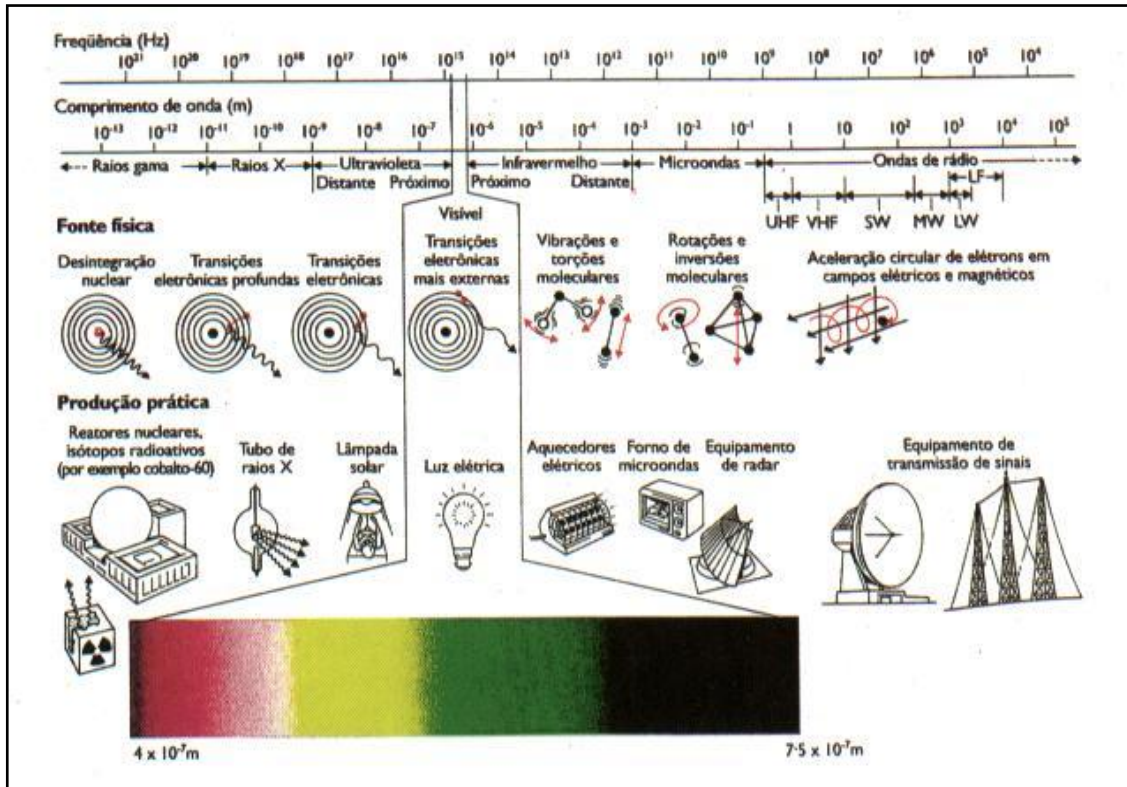


Fig. 2: representação gráfica do espectro eletromagnético

**Ondas de rádio** são radiações eletromagnéticas com comprimento de onda maior do que a radiação infravermelha. A frequência das ondas de rádio chama-se radiofrequência (RF) e é a menor do espectro eletromagnético. Estas ondas e frequências são usadas para a comunicação por meio de rádios e antenas. Os equipamentos como um rádio de pilha e as redes WiMAX, são exemplos de sistemas que utilizam as ondas de rádio para a comunicação.

As ondas de rádio são geradas por osciladores eletrônicos instalados geralmente em um lugar alto, para atingir uma maior região. Vão da frequência de  $10^4 \text{ Hz}$  a  $10^7 \text{ Hz}$ , tem comprimento de onda grande, o que permite que elas sejam refletidas pelas camadas ionizadas da atmosfera superior, a ionosfera (fig.3). São ondas que têm a capacidade de contornar obstáculos como árvores, edifícios, de modo que é relativamente fácil captá-las num aparelho rádio-receptor.

As ondas com comprimento de onda entre  $10^4 \text{ m}$  (10 km) e  $10^{-1} \text{ m}$  (10 cm) são utilizadas para a transmissão de ondas de rádio, de uso marítimo e aeronáutico, ou nas transmissões de rádio AM (amplitude modulada) ou FM (frequência modulada).



Dentre as ondas de rádio se encontram as ondas de TV, cujas emissões são feitas a partir de 50 MHz. É costume classificar as ondas de TV em bandas de frequência (faixa de frequência), que são:

- VHF : very high frequency (54 MHz à 216 MHz: canal 2 à 13)
- UHF : ultra-high frequency (470 MHz à 890 MHz: canal 14 à 83)
- SHF : super-high frequency
- EHF : extremely high frequency
- VHFI : very high frequency indeed

As ondas de TV não são refletidas pela ionosfera (fig. 4), de modo que para estas ondas serem captadas a distâncias superiores a 75 km é necessário o uso de estações repetidoras.

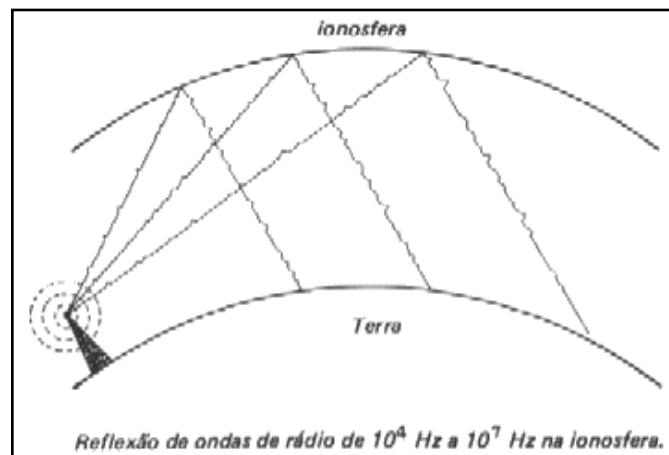


Fig. 3: ondas de rádio sendo refletidas pela ionosfera

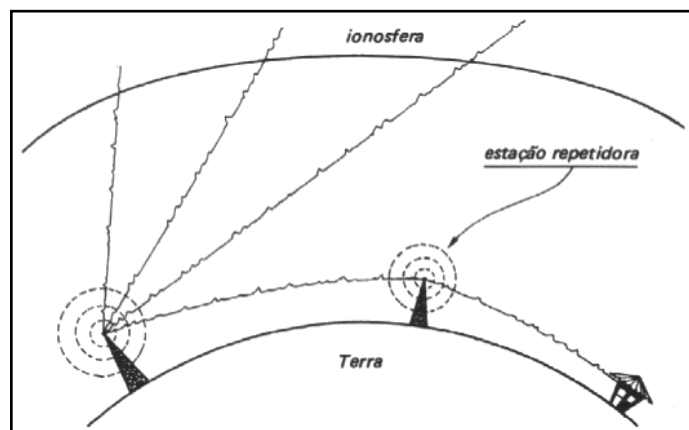


Fig. 4: ondas de TV

**Microondas** (também designadas SHF- Super High Frequency) são ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda maiores que os dos raios infravermelhos, mas

menores que o comprimento de onda das ondas de rádio variando de 30 cm (1 GHz de frequência) até 1 cm (30 GHz de frequência).

Um forno de microondas usa um gerador de microondas do tipo *magnetron* para produzir microondas em uma frequência de aproximadamente 2,45 GHz para cozinhar os alimentos. As microondas cozinham os alimentos, fazendo com que as moléculas de água e outras substâncias presentes nos alimentos vibrem. Esta vibração cria um calor que aquece o alimento. Já que a maior parte dos alimentos orgânicos é composta de água, este processo os cozinha facilmente.

As microondas são usadas nas transmissões para um satélite de comunicações, porque as microondas atravessam facilmente a atmosfera terrestre, com menos interferência do que ondas mais longas (fig. 5). Além disso, as microondas permitem uma maior largura de banda do que o restante do espectro eletromagnético. O radar também usa radiação em microondas para detectar a distância, velocidade e outras características de objetos distantes.

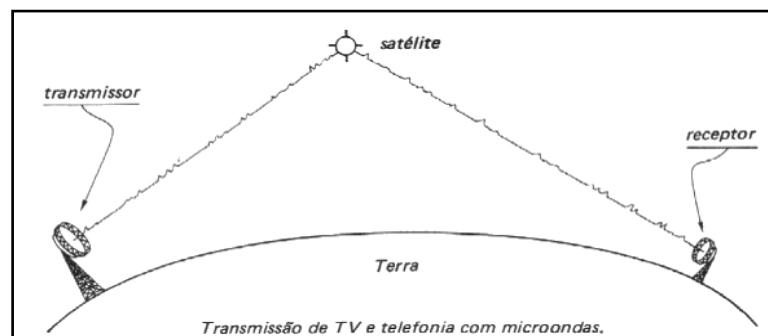


Fig. 5: transmissão de microondas via satélite

Redes Locais sem-fio, tais como Bluetooth, WI-FI, WIMAX e outros usam microondas na faixa de 2,4 a 5,8 GHz. Alguns serviços de acesso à Internet por rádio também usam faixas de 2,4 a 5,8 GHz. TV a cabo e Internet de banda larga por cabo coaxial, bem como certas redes de telefonia celular móvel, também usam as frequências mais baixas das microondas.

**A radiação infravermelha** é a radiação cuja frequência vai entre  $10^{11}$  Hz até  $10^{14}$  Hz, e está associada a objetos aquecidos. É a radiação que sentimos na forma de calor.

A natureza composta da luz branca foi demonstrada pela primeira vez por Newton, em 1664, quando decompôs a luz solar por meio de um prisma, projetando-a numa tela. A imagem alongada e colorida do Sol foi chamada por ele de *espectro*.

Em 1880, o astrônomo inglês William Herschel (1738 - 1822) repetiu a experiência de Newton, com a finalidade de descobrir qual das cores do arco-íris daria mais resultado no aquecimento do bulbo de um termômetro. Percebeu que o termômetro era aquecido pelo violeta, pelo azul e pelo vermelho. No entanto, o aquecimento era mais eficaz com o alaranjado e com o vermelho. Finalmente, percebeu que o bulbo do termômetro se aquecia ainda mais se fosse colocado na região escura que se estende além do extremo vermelho do espectro. Assim foi descoberta a radiação infravermelha.

Ligeiramente mais longa que a luz visível, situa-se no espectro entre a luz vermelha e as microondas. Por ser uma onda eletromagnética não necessita de um meio para se propagar, pode se deslocar no vácuo com a velocidade da luz. É assim que o calor viaja do Sol até a Terra.

Na faixa de radiações do infravermelho distinguem-se três regiões: infravermelho próximo, médio e longínquo. A subdivisão, não muito precisa, baseia-se na facilidade em produzir e observar essas três modalidades do infravermelho, o que depende de seu comprimento de onda. O infravermelho próximo possui as mesmas propriedades da luz visível, com a diferença de que não é percebido através da visão. Pode ser produzido por qualquer fonte luminosa e ser estudado com os mesmos detectores (chapas fotográficas, fotocélulas, etc.). Já o infravermelho intermediário requer, para ser produzido, técnicas mais refinadas. Finalmente, o infravermelho longínquo necessita de instrumentos especiais.

Embora invisível, a radiação infravermelha pode ser percebida por suas propriedades de aquecimento. Quando um aquecedor elétrico é ligado, sente-se seu calor irradiado antes mesmo que a resistência comece a avermelhar-se.

Se o olho humano fosse sensível a radiação de 10 micrômetros (a faixa de emissão mais comum de corpos à temperatura ambiente), não haveria necessidade de iluminação artificial, pois tudo seria brilhante durante o dia ou a noite. Os seres vivos se destacariam com nitidez por serem mais quentes e, portanto, mais brilhante que o ambiente. Apenas os objetos frios ficariam negros. Assim, sem o emprego de luz artificial, seria difícil descobrir qualquer coisa que estivesse no interior dos refrigeradores.

Alguns animais, como as cobras, possuem uma "visão" de 10 micrômetros que lhes permite apanhar suas presas à noite. Esta habilidade de perceber objetos quentes no escuro

apresenta um evidente valor militar e seu controle tem impulsionado muitas pesquisas sobre sistemas de detecção.

A radiação infravermelha encontra aplicações práticas muito importantes. É utilizada, por exemplo, para aquecer ambientes, cozinhar alimentos e secar tintas e vernizes.

Em medicina, tem amplo uso terapêutico, sendo empregada no tratamento de sinusite, dores reumáticas e traumáticas. A radiação infravermelha penetra na pele, onde sua energia é absorvida pelos tecidos e espalhada pela circulação do sangue.

Existem aparelhos especiais que permitem ver um objeto pela detecção das radiações infravermelhas que ele emite. Um exemplo prático é dado pelo sistema de alarme infravermelho: qualquer interrupção de um feixe dessas radiações ocasiona a criação de um impulso elétrico no detector de controle, ligando o alarme. Esse sistema é usado, também nas portas de elevadores, para evitar que elas se fechem sobre as pessoas.

**Espectro visível** (ou **espectro óptico**) é a porção do espectro eletromagnético cuja radiação pode ser captada pela vista humana (fig. 6). Identifica-se esta radiação como sendo a **luz visível**, ou simplesmente luz. Esta faixa do espectro situa-se entre a radiação infravermelha e a ultravioleta. Para cada frequência da luz visível é associada uma cor.

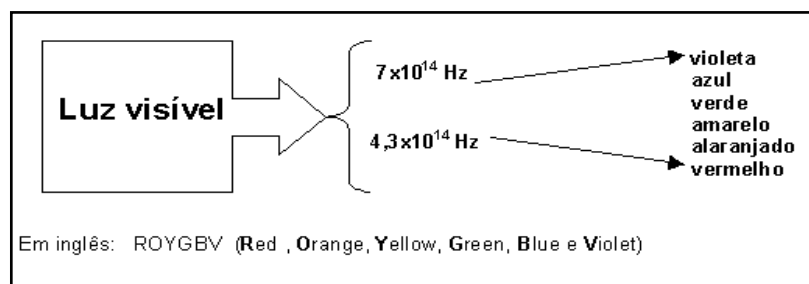


Fig. 6: espectro da luz visível ao homem

O espectro visual varia muito de uma espécie animal para a outra. Nós humanos vemos numa faixa que vai do vermelho ao violeta, passando pelo verde, o amarelo e o azul. Já as cobras vêm no infravermelho e as abelhas no ultravioleta, cores para as quais somos cegos. Mesmo entre os humanos pode haver grandes variações. Por isto, os limites do espectro ótico não estão bem definidos.

Na figura 7 apresentamos a relação cor – frequência – comprimento de onda – energia para a luz visível.



Fig. 7: relação cor – frequência – comprimento de onda – energia

A **radiação ultravioleta (UV)** é a radiação eletromagnética com um comprimento de onda menor que a da luz visível e maior que a dos raios X, de 380 a 1 nm, sua frequência está entre  $10^{14}$  Hz e  $10^{18}$  Hz. O nome significa *mais alta que (além do) violeta* (do latim *ultra*), pelo fato que o violeta é a cor visível com comprimento de onda mais curto. Esta radiação é prejudicial à saúde humana, pois se ficarmos expostos a ela durante longos períodos corremos o risco de desenvolver câncer de pele.

A radiação UV pode ser subdividida em *UV próximo* (comprimento de onda de 380 até 200 nm - mais próximo da luz visível), *UV distante* (de 200 até 10 nm) e *UV extremo* (de 1 a 31 nm).

No que se refere aos efeitos à saúde humana e ao meio ambiente, classifica-se como *UV-A* (400 – 320 nm, também chamada de "luz negra" ou onda longa), *UV-B* (320–280 nm, também chamada de onda média) e *UV-C* (280 - 100 nm, também chamada de UV curta ou "germicida"). A maior parte da radiação UV emitida pelo sol é absorvida pela atmosfera terrestre. A quase totalidade (99%) dos raios ultravioletas que efetivamente chegam a superfície da Terra são do tipo UV-A. Seu efeito bactericida faz com que seja utilizada em dispositivos com o objetivo de manter a assepsia de certos estabelecimentos comerciais. Outro uso é a aceleração da polimerização de certos compostos.

*Luz negra:* existem certas lâmpadas ultravioleta que emitem comprimentos de onda próximos à luz visível, inicialmente eram utilizadas em silos de armazenamento de cereais pois têm um efeito fungicida. Estas são chamadas de lâmpadas de "luz negra" e também são utilizadas para obter efeitos decorativos em certos ambientes. O UV destas lâmpadas é obtido principalmente através de uma lâmpada fluorescente sem a proteção do componente (fósforo) que a faz emitir luz visível.

Geralmente as lâmpadas fluorescentes comuns contém gás (mercúrio) que na ionização, emite radiação no comprimento de onda do ultravioleta. Esta radiação ao se propagar excita uma camada de fósforo depositada na superfície interna da ampola de vidro que emite luz visível (branca).

A chamada *lâmpada de luz negra* não conta com o revestimento de fósforo, deixando assim passar toda radiação ultravioleta. É muito usada em boates e também como acessório de automotivo.

**Os raios X** têm uma frequência próximo a  $10^{20}$  Hz. Os exames de raios X são usados para diagnosticar fraturas e doenças, mas também podem ser aplicados para análise de materiais. Eles são usados no tratamento de câncer e no estudo das estruturas de cristais.

Os raios X são ondas eletromagnéticas de alta frequência produzidas em tubos de vácuo, nos quais um feixe de elétrons é submetido a uma rápida desaceleração ao colidir contra um alvo metálico (fig. 8).

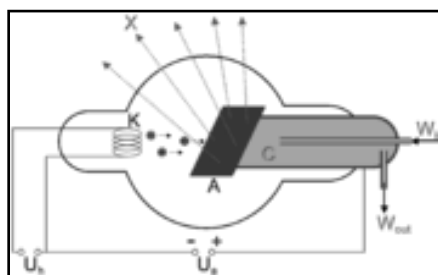


Fig. 8: tubo de vácuo

Eles foram descobertos em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Röntgen, enquanto estudava um fenômeno de luminescência. Röntgen usou a denominação raios X por não conhecer a natureza das radiações que havia descoberto. Hoje, sabe-se que os raios X são uma radiação eletromagnética com comprimentos de onda entre 0,001 e 10 nanômetros, consideravelmente menor, portanto que o comprimento de onda da luz - que mede cerca de 500 nanômetros.

*A produção de raios X:* quando uma partícula se move no vácuo, com ausência de força, sua energia se conserva. Se, porém, ela se choca com um obstáculo, ou é freada, parte de sua energia se transforma em radiações eletromagnéticas, mais precisamente em um fóton de radiação. O comprimento de onda da radiação emitida depende da quantidade de energia

perdida pela partícula. Quanto maior essa energia, maior a frequência da radiação emitida (e menor, portanto, seu comprimento de onda).

Um elétron livre, movendo-se no espaço, ao ser acelerado por um canhão eletrônico ou outro tipo de acelerador, pode assumir qualquer valor de energia cinética. Inversamente, pode perder uma quantidade de energia ao sofrer um frenamento. Por isso, pode emitir raios X dotados de qualquer valor de frequência. Freiando diversos elétrons, todos dotados de energias diferentes (o que se consegue muito simplesmente mediante o choque com um sólido), obtém-se uma radiação X que contém todos os comprimentos de onda. Ela é denominada radiação contínua.

Pode-se imaginar que os elétrons de um átomo giram em torno do núcleo em diversas órbitas circulares. Os elétrons cujas órbitas estão mais próximas ao núcleo são ligados mais fortemente a ele. Retirando um desses elétrons, o átomo fica instável e, rapidamente, outro elétron, que anteriormente estava livre ou situado em uma órbita mais externa, toma seu lugar. Nesse processo libera-se energia, que é emitida pelo átomo sob forma de radiação X. A frequência dessa radiação depende da estrutura atômica e da posição de onde provinha o elétron livre ou ligado que efetuou a troca (fig. 9).

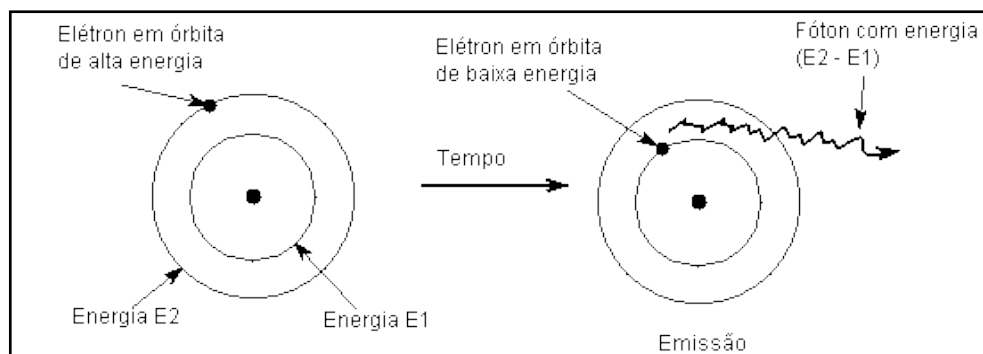


Fig. 9: emissão do raio-X

### *O tubo de raios X*

A figura 10 mostra a estrutura de um tubo de raios X e a blindagem dentro da qual é montado. O feixe de elétrons é produzido pelo aquecimento de um filamento por meio da passagem de uma corrente elétrica, filamento esse colocado no cátodo (eletrodo negativo). Acelerados por um campo elétrico em direção ao ânodo (eletrodo positivo), os elétrons vão se chocar contra um alvo de tungstênio (inserido no ânodo, que é de cobre). No choque, cerca de

1% do feixe de elétrons transforma-se em radiação X, que escapa do tubo através de uma janela. Os 99% restantes convertem-se em calor, motivo que explica o sistema de resfriamento a água de que é dotado o cátodo.

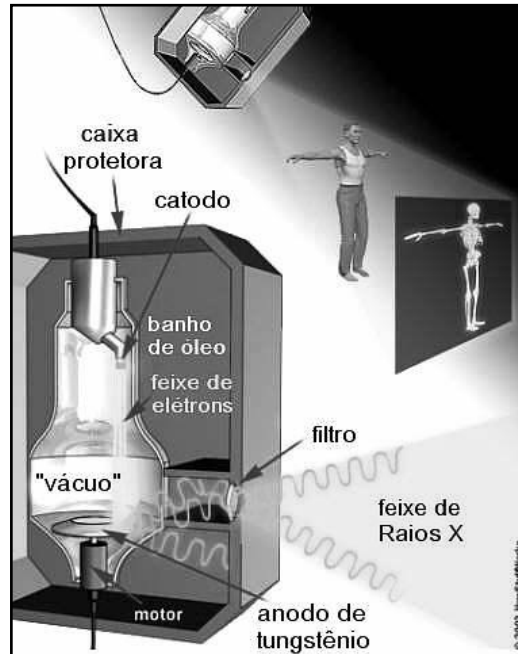


Fig. 10: produção do raio-X

A intensidade da radiação X depende da intensidade da corrente que passa pelo filamento, enquanto o comprimento de onda é inversamente proporcional à diferença de potencial existente entre o cátodo e o ânodo. Esta característica é importante, uma vez que quanto menor é o comprimento de onda, maior é o poder de penetração dos raios X.

*Aplicações dos raios X:* os raios X têm a propriedade de atravessar, com certa facilidade, os materiais de baixa densidade, como os tecidos moles de uma pessoa, e de ser mais absorvidos por materiais de densidade mais elevada, como os ossos do corpo humano, que contém cálcio (material de alta densidade).

Em virtude desta propriedade, logo após a sua descoberta os raios X passaram a ser amplamente usados para se obter radiografias. Somente os raios que ultrapassam o corpo alcançam a chapa fotográfica e a impressionam. Obtém-se, desse modo, uma imagem na qual as "sombras" correspondem aos ossos (fig. 11).





Fig. 11: radiografia

Além do seu emprego nas radiografias, seu poder de penetração é muito útil também na verificação da qualidade e localização de defeitos estruturais em peças e materiais. Os inspetores de alfândega usam os raios X para examinar pacotes e bagagens de mão. Os objetos densos, contidos nas bagagens, absorverão mais raios X que os objetos menos densos; o que permite localizar armas ou objetos metálicos. Os raios X são usados na tomografia computadorizada, no estudo da estrutura cristalina da matéria, inclusive a do DNA, na indústria e em quase todos os campos da ciência e da tecnologia.

Algumas fontes extremamente quentes, tais como algumas estrelas, podem emitir raios X naturalmente, aqueles que alcançam a Terra geralmente são absorvidos pela atmosfera.

#### *Como podemos detectar os raios X?*

Os raios X são invisíveis, mas podemos detectá-los de três maneiras: Primeiro, eles ionizam o ar e outros gases; por conseguinte, podemos usar um detector. Segundo, enegrecem os filmes fotográficos, do mesmo modo que a luz. Terceiro, eles fazem alguns materiais fluorescer, isto é, emitir luz.

O uso do raio-X na odontologia, mesmo em baixa intensidade, pode provocar danos ao DNA das células que revestem internamente a boca. Em pesquisas realizadas no Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da USP, o grupo da professora Gláucia Maria Machado-Santelli colheu amostras da mucosa oral de pessoas que passaram por radiografias panorâmicas (de toda a arcada dentária) e periapicais (focando alguns poucos dentes), por determinação de dentistas, e observou que parte das células teve seu núcleo atingido por alguma espécie de alteração - relacionadas à morte celular e, de algum modo, ao câncer. "Por não estar isento de riscos, o uso do raio-X na odontologia deve ser recomendado criteriosamente, somente quando necessário", recomenda.

A portaria 453, do Ministério da Saúde, de 02 de junho de 1998 estabelece que o equipamento de radiografia intra-oral deve ser instalado em ambiente (consultório ou sala) com dimensões suficientes para permitir à equipe manter-se à distância de, pelo menos, 2 m do cabeçote e do paciente, que ele deve ser instalado em sala específica, atendendo aos mesmos requisitos do radiodiagnóstico médico.

As salas equipadas com aparelhos de raios-x devem dispor de sinalização visível nas portas de acesso, contendo o símbolo internacional da radiação ionizante (fig. 12) acompanhado da inscrição: "raios-x, entrada restrita" ou "raios-x, entrada proibida a pessoas não autorizadas"; deve conter quadro com as seguintes orientações de proteção radiológica, em lugar visível: (i) "paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera para sua proteção durante exame radiográfico"; (ii) "não é permitida a permanência de acompanhantes na sala durante o exame radiológico, salvo quando estritamente necessário"; (iii) "acompanhante, quando houver necessidade de contenção de paciente, exija e use corretamente vestimenta plumbífera para sua proteção durante exame radiológico". Para cada equipamento de raios-x deve haver uma vestimenta plumbífera que garanta a proteção do tronco dos pacientes, incluindo tireóide e gônadas, com pelo menos o equivalente a 0,25 mm de chumbo.



Fig. 12: símbolo internacional da radiação ionizante

**Radiação gama** ou **raio gama** ( $\gamma$ ) é um tipo de radiação eletromagnética produzida geralmente por elementos radioativos, processos subatômicos como a aniquilação de um par pósitron-elétron. Este tipo de radiação tão energética também é produzido em fenômenos astrofísicos de grande violência.

Devido às altas energias que possuem, os raios gama constituem um tipo de radiação ionizante capaz de penetrar na matéria mais profundamente que a radiação alfa ou beta. Devido à sua elevada energia, podem causar danos no núcleo das células, por isso usados para esterilizar equipamentos médicos e alimentos.

A energia deste tipo de radiação é medida em Megaelétron-volts (MeV). Um Mev corresponde a fótons gama de comprimentos de onda inferiores a  $10^{-11}$  metros ou frequências superiores a  $10^{19}$  Hz.

Os raios gama são produzidos na passagem de um nucleon (um próton ou um nêutron) de um nível excitado para outro de menor energia e, na desintegração de isótopos radioativos. Estão geralmente associados com a energia nuclear e aos reatores nucleares. A radioatividade se encontra no nosso meio natural, desde os raios cósmicos que bombardeiam a Terra provenientes do Sol e das Galáxias de fora do nosso sistema solar, até alguns isótopos radioativos que fazem parte do nosso meio natural.

Os raios gamas produzidos no espaço não chegam à superfície da Terra, pois são absorvidos na parte mais alta da atmosfera. Para observar o universo nestas frequências, é necessária a utilização de balões de grande altitude ou observatórios espaciais. Em ambos os casos se utiliza o efeito Compton para detectar os raios gama. Estes raios são produzidos em fenômenos astrofísicos de alta energia como em explosões de supernovas ou núcleos de galáxias ativas. Em astrofísica se denominam GRB (Gamma Ray Bursts) as fontes de raios gama que duram alguns segundos ou algumas poucas horas, sendo sucedidas por um brilho decrescente da fonte em raios X. Ocorrem em posições aleatórias do céu e sua origem permanece ainda sob discussão científica. Em todo caso parecem constituir os fenômenos mais energéticos do universo.

A radiação gama é usada nos exames da medicina nuclear, nomeadamente nas Tomografias por Emissão de Positrões (PET) (fig. 13). Ela é detectável com uma câmera gama.



Fig. 13: Tomógrafo

## O MODELO ATÔMICO DE BOHR

As primeiras especulações sobre a substância ou matéria-prima com a qual o universo é formado surgiram entre os séculos V e VIII a.C com os filósofos gregos. *Tales de Mileto* dizia que a substância primordial do Universo era a água, para *Anaxímenes* era o ar, *Xenófones* acreditava ser a terra a matéria-prima do universo e por último *Empédocles* generalizou as idéias anteriores e afirmava que os elementos fundamentais do universo eram quatro: água, terra, fogo e ar, que se combinavam entre si e formavam todas as outras substâncias.

O grande avanço nas idéias sobre a existência de uma substância primordial veio com os filósofos *Leucipo* e seu discípulo *Demócrito*, segundo eles todas as coisas do universo eram constituídas de partículas minúsculas deram-lhe o nome de átomo, que em grego significa indivisível, eternos e imperecíveis e que se movimentam no vazio, afirmavam que uma substância é formada por átomos idênticos e substâncias diferentes são formadas por átomos diferentes.

Nos séculos XVII e XVIII várias idéias foram propostas para esclarecer questões associadas às questões dos corpos materiais, mas considera-se o ano de 1808 como o início da fase científica da teoria atômica da matéria, ano em que o químico Inglês *John Dalton* admitiu: 1) a existência de átomos invisíveis e imutáveis; 2) que todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos; e 3) os átomos podem ser combinados para formar “átomos compostos”, que hoje chamamos de moléculas.

No início do século XX, surgem os primeiros resultados experimentais que apontam para o entendimento do átomo. O aperfeiçoamento dos tubos de raios catódicos, o desenvolvimento da teoria eletromagnética, a descoberta do elétron, dos raios X e do fenômeno da radioatividade foram muito importantes, no sentido de levantar hipóteses sobre a estrutura interna que os átomos deveriam ter. Para isso tornou-se necessário criar *modelos atômicos*.

O primeiro modelo atômico que surgiu foi chamado de “pudim de ameixas” e foi proposto em 1903 por *J.J. Thomson*, nele o átomo era descrito como uma esfera onde estariam distribuídas as cargas positivas (pudim) e no seu interior estariam incrustados os elétrons (ameixas).

Em 1911, *Rutherford* realizou um experimento no qual ele “bombardeava” uma fina lâmina de ouro com *partículas  $\alpha$*  (alfa – partícula de carga positiva, emitidas pelo polônio radioativo) e observou com um microscópio, que estas incidiam numa chapa fluorescente (ZnS), manchando-a.

Os primeiros resultados experimentais de *Rutherford* estavam de acordo com o modelo atômico de *Thomson*, ou seja, as partículas  $\alpha$  eram ligeiramente desviadas, mas, no geral, terminavam seguindo uma trajetória quase retilínea.

*Hans Geiger*, ex-estudante de *Rutherford* propôs ao seu estudante *Ernest Mardsen* observar cuidadosamente se não haveria partículas  $\alpha$  espalhadas com ângulos de desvios grandes, o que foi comprovado (fig. 14). Assim *Mardsen* observou que: 1) a maioria das partículas  $\alpha$  passava pela lâmina sem sofrer desvio; 2) poucas partículas  $\alpha$  retrocediam ou sofriam um pequeno desvio.

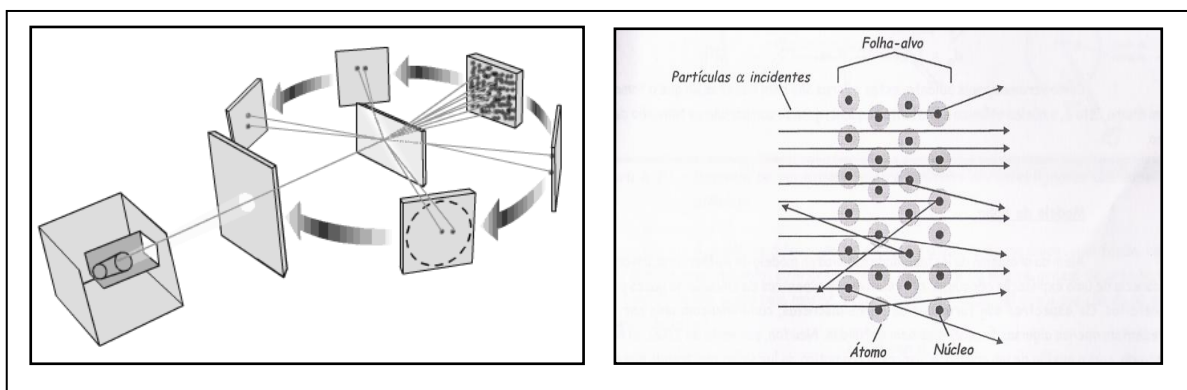


Fig. 14: Espalhamento de Rutherford e um esquema do seu modelo atômico

Após algumas semanas analisando os resultados encontrados *Rutherford* concluiu que: 1) a lâmina seria formada por minúsculos núcleos, onde estaria concentrada a sua massa, e um grande vazio; 2) as partículas  $\alpha$  que sofriam desvio eram porque passavam perto do núcleo e eram repelidas por ele, pois o núcleo era positivo e as partículas  $\alpha$  também; e 3) as partículas  $\alpha$  que vinham na direção do núcleo eram totalmente repelidas e retrocediam.

Assim *Rutherford* concluiu que o modelo atômico de *Thomson* não correspondia à realidade, pois sua experiência mostrava que o átomo deveria ter um núcleo pequeno e com carga positiva, onde se concentraria quase totalmente a sua massa, em volta dos quais girariam os elétrons. Assim estava descoberto o núcleo atômico.

Apesar da simplicidade, o modelo atômico de *Rutherford* era instável, pois, segundo a teoria eletromagnética clássica, um elétron acelerado, movimentando-se em órbita circular, emite radiação eletromagnética continuamente e, ao perder energia, irá em espiral, entrar em

colapso com o núcleo, num curto espaço de tempo (fig. 15). Isso, entretanto, não ocorre, uma vez que as eletrosferas dos átomos são estáveis.

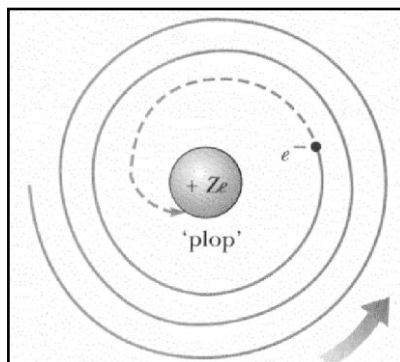


Fig. 15: átomo em colapso

Diante disso a física foi desafiada a encontrar um novo modelo atômico que recuperasse a estabilidade do átomo, esse novo modelo atômico foi proposto por *Niels Bohr* baseado em idéias quânticas. Além do problema da estabilidade atômico, um outro que precisava de explicação adequada era relativo aos espectros de emissão de gases puros e rarefeitos.

Os átomos de um elemento químico no estado gasoso só podem emitir um conjunto de radiações eletromagnéticas de determinadas frequências, característicos do elemento, como se fosse uma impressão digital, esse conjunto de radiações chama-se *espectro de emissão* do elemento. Como o espectro de emissão de um átomo é uma característica dele, a análise desse espectro permite identificá-lo, essa análise espectral tem aplicação na metalurgia, e no controle da composição dos materiais.

Os espectros são formados de linhas discretas, cada um com uma cor, que representam apenas algumas frequências bem definidas. Para investigar as linhas de emissão os físicos e químicos construíram equipamentos especializados, chamados de *espectrômetros ópticos*, que servem para analisar as cores de qualquer fonte de luz.

Tentando entender o espectro de emissão do hidrogênio, em 1885, o matemático e professor *Johann Jacob Balmer* foi capaz de encontrar uma fórmula empírica dos comprimentos de onda, conhecendo os valores de comprimento de onda medido na região visível do espectro: 656,3 nm (vermelho, 486,1 nm (cian ou azul fraco), 434,1 nm (índigo ou azul forte), 410,2 nm (violeta fraco) e 364,6 nm (violeta forte):

$$\lambda = 364,5 \left( \frac{n^2}{n^2 - 4} \right) \text{ ou } \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

Onde  $n$  é um número inteiro ( $n = 3, 4, \dots$ ). O parâmetro  $R=1,097 \cdot 10^7 \text{m}^{-1}$  é a constante de *Rydberg*. Nos anos seguintes, outras tentativas de explicação dos espectros atômicos resultaram na obtenção de novas séries em diferentes regiões: série de *Lyman* (1916) na ultravioleta e as séries de *Paschen* (1908), *Brackett* (1922) e *Pfund* (1924), na infravermelha (fig. 16).

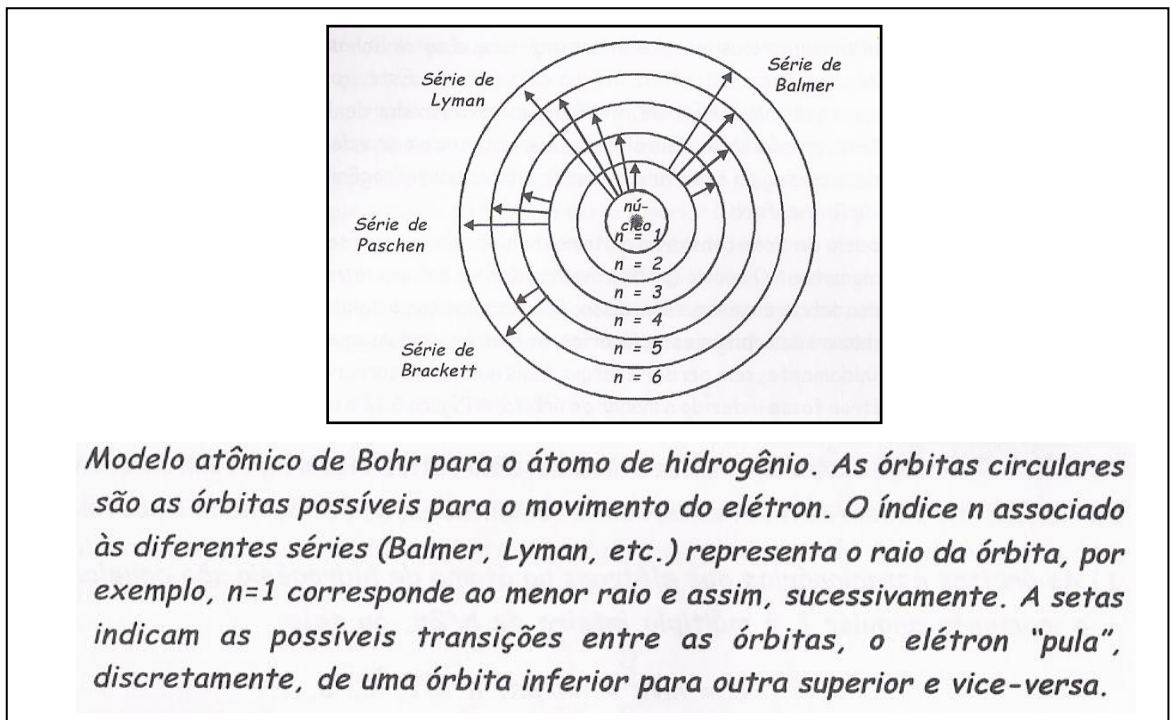


Fig. 16: emissão do espectro para o átomo de hidrogênio

Para justificar a série de *Balmer*, *Bohr* supôs que o fato de um átomo emitir sempre as mesmas linhas implica que estas possam estar de certa forma relacionadas com a estrutura interna desse átomo.

O modelo atômico de *Bohr* considera o átomo de hidrogênio como sendo equivalente a um sistema solar. O núcleo (próton maciço) seria o Sol, em torno do qual o elétron (planeta) descreve uma órbita circular. Só são possíveis, ao elétron, determinadas órbitas, que ele chamou de *órbitas estacionárias*, que seriam aquelas onde o mesmo se movimenta, indefinidamente sem perder energia e que só ocorreria uma mudança na energia quando o elétron fosse induzido a mudar de órbita.

Na elaboração de seu modelo, *Bohr*, utilizou a hipótese do *quantum* de energia de *Planck*, introduziu suas hipóteses na forma de dois postulados:

1) O elétron pode se mover em determinadas órbitas sem irradiar energia. Essas órbitas estáveis são chamadas de *estados estacionários*. As órbitas estacionárias são aquelas nas quais o momento angular do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de  $h/2\pi$ . Isto é,

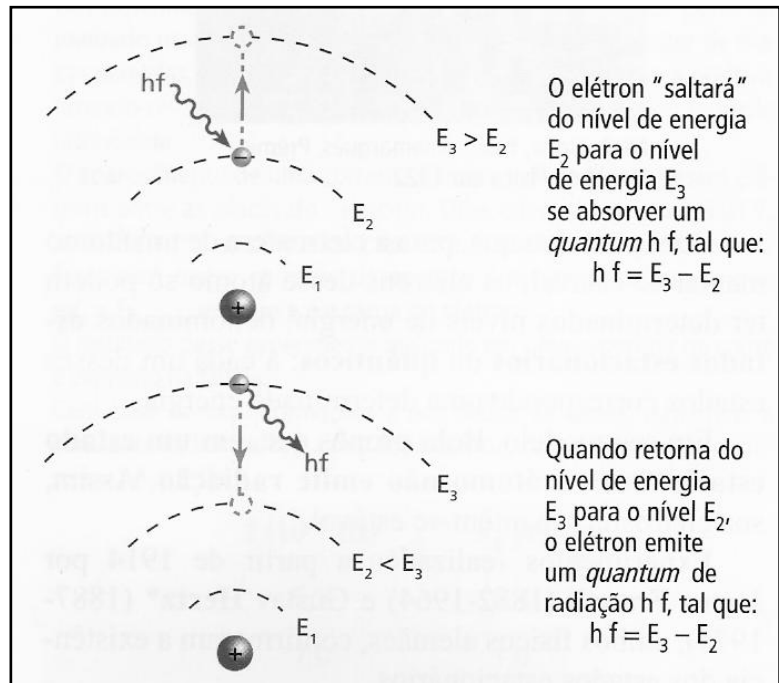
$$mvr = nh/2\pi,$$

onde  $m$  é massa e  $v$  é a velocidade, do elétron,  $r$  é o raio da órbita,  $h$  é a constante de Planck ( $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ ) e  $n$  é o número da órbita (número quântico principal)

2) Um elétron numa dada órbita estacionária não emitirá nem absorverá qualquer radiação. Isto só ocorre, quando o elétron “salta” de uma órbita  $i$  com energia inicial  $E_i$  para uma outra órbita  $f$  com energia final  $E_f$  (fig. ao lado). Nessa transição o elétron absorve ou emite um fóton. Assim, a diferença de energia entre as duas órbitas  $i$  e  $f$  é dada pela expressão:

$$E_i - E_f = h \cdot f_{if}$$

onde  $h$  é a constante de Planck e  $f_{if}$  é a frequência de emissão ou absorção de um fóton. Se  $f_{if}$  for positivo, então a  $E_f$  é menor, e teremos uma emissão de radiação (fóton), mas se o sinal de  $f_{if}$  for negativo significa que houve uma absorção de radiação (fóton).



No caso de uma radiação eletromagnética incidir em um átomo, um elétron dele só pode absorver um fóton (*quantum* de energia) se a energia deste ( $h \cdot f$ ) for exatamente a quantidade de energia necessária para o elétron “saltar” de um nível permitido para outro também permitido. Caso contrário ele não o absorve. Estando o átomo já excitado o elétron retornará ao estado fundamental, pois o estado excitado é instável, para isso ele devolve a



energia que havia absorvido, emitindo um único fóton, assim a energia do fóton emitido tem a mesma energia do fóton incidente (que causou a excitação). Existe também a probabilidade do elétron retornar por etapas do estado excitado para o estado fundamental, saltando dentro dos níveis permitidos. Nesse caso a soma das energias de todos os fótons emitidos é igual à energia do fóton incidente (absorvido) (fig. 17).

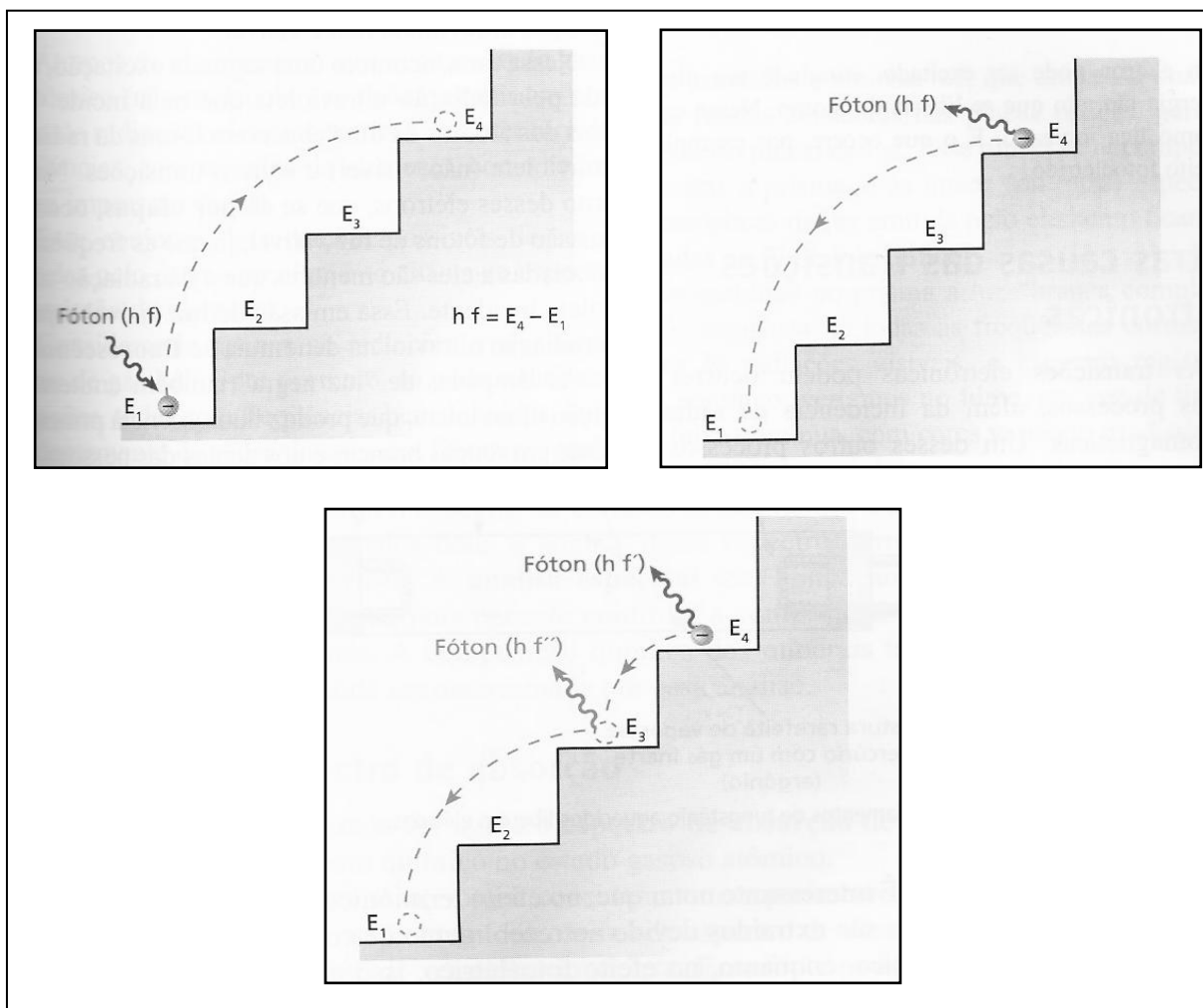


Fig. 17: salto quântico do elétron

A teoria quântica de *Bohr* conseguiu explicar corretamente o espectro de emissão do átomo de hidrogênio e de íons dotados de apenas um elétron, porém não conseguiu esclarecer o espectro de emissão de átomos ou íons com mais de um elétron. O que tornou necessária a busca de uma nova abordagem do átomo.

Depois de muitos esforços surgiu uma teoria satisfatória: a *mecânica quântica*, ela foi desenvolvida em 1925 pelo físico *Erwin Schrödinger* que contou com vários colaboradores. É importante destacar que mesmo sendo considerada satisfatória nos dias de hoje,

provavelmente também poderá a vir sofrer modificações ou até mesmo ser substituída por outra.

### EFEITO FOTOELÉTRICO

Quando a luz incide sobre a superfície de um metal, elétrons podem ser extraídos dessa superfície. O fenômeno é denominado *efeito* fotoelétrico e foi descoberto, em 1887, pelo cientista alemão Heinrich Hertz (1857-1894) (fig. 18).

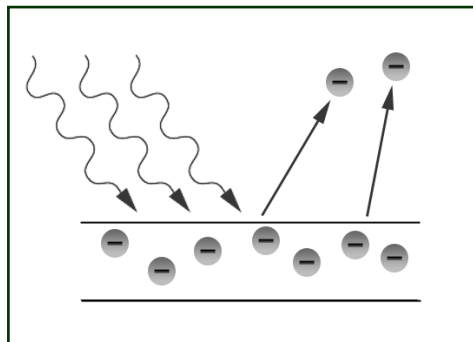


Fig. 18: efeito fotoelétrico

Os elétrons que giram à volta do núcleo são aí mantidos por forças de atração. Se a estes for fornecida energia suficiente, eles abandonarão as suas órbitas. O efeito fotoelétrico implica que, normalmente sobre metais, se faça incidir um feixe de radiação com energia superior à energia de remoção dos elétrons do metal, provocando a sua saída das órbitas: sem energia cinética, se a energia da radiação for igual à energia de remoção, ou com energia cinética, se a energia da radiação exceder a energia de remoção do elétron.

A grande dúvida que se tinha a respeito do efeito fotoelétrico era que quando se aumentava a intensidade da luz, ao contrário do esperado, a luz não arrancava os elétrons do metal com maior energia cinética. O que acontecia era que uma maior quantidade de elétrons era ejetado.

Por exemplo, a luz vermelha de baixa energia estimula os elétrons para fora de uma peça de metal. Na visão clássica, a luz é uma onda contínua cuja energia está espalhada sobre a onda. Todavia, quando a luz fica mais intensa, mais elétrons são ejetados, contradizendo, a visão da física clássica que sugere que os elétrons deveriam se mover mais rápido (maior energia cinética) do que as ondas. Se a luz incidente é de cor azul, essa mudança resulta em elétrons muito mais rápidos. A razão é que a luz pode se comportar não apenas como ondas contínuas, mas também como feixes discretos de energia chamados de fótons. Um fóton azul,

por exemplo, contém mais energia do que um fóton vermelho. Esta interpretação corpuscular da luz também explica por que a luz de maior energia aumenta o número de elétrons ejetados - com mais fótons colidindo no metal, mais elétrons têm probabilidade de serem atingidos.

No ano de 1900, Max Planck (1858-1947) apresentou à Sociedade Alemã de Física um artigo que introduzia a idéia de quantização da energia, segundo a qual um corpo aquecido não emite energia de modo contínuo.

Em 1905, Albert Einstein utilizou a idéia de quantização para explicar o efeito fotoelétrico, recebendo, por isso, o prêmio Nobel de Física, em 1921. Einstein considerou a luz ou qualquer radiação eletromagnética não uma onda, mas composta de "partículas" de energia denominadas *fótons*. A energia de um fóton é denominada *quantum*.

Um fóton da luz incidente, ao atingir o metal, é completamente absorvido por um único elétron que, com essa energia adicional, pode escapar de metal. O movimento dos elétrons deslocados pela incidência da luz gera uma corrente elétrica. Os elétrons emitidos são denominados *fotoelétrons*.

A energia de um fóton, isto é, um quantum de energia  $E$  de uma radiação eletromagnética de frequência  $f$ , é dada pela *equação de Planck*:

$$E = h \cdot f$$

A constante de proporcionalidade  $h$  é denominada *constante de Planck*. Seu valor, no Sistema Internacional, é dado por:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s ou } h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s.}$$

Cada fóton cede sua energia  $E = h \cdot f$  a um único elétron do metal. Cada elétron para ser extraído do metal necessita receber, no mínimo, uma quantidade de energia  $W$ , denominada *função de trabalho*, que é uma característica de cada metal. Sendo  $E = h \cdot f \geq W$ , o elétron é expulso do metal. A diferença  $(h \cdot f) - W$  é a energia cinética máxima  $E_C$  que o elétron adquire, pois  $W$  é a energia mínima para extrair o elétron. Assim, podemos escrever a *equação fotoelétrica de Einstein*:

$$E_c = (h \cdot f) - W$$

#### A Célula fotoelétrica

Uma célula fotoelétrica (fig. 19) é construída colocando-se um catodo (c) e um anodo (a) metálicos no interior de uma ampola de vidro na qual foi feito o vácuo. A superfície

côncava do catodo é revestida por uma fina camada de metal alcalino. A luz atravessa a janela de quartzo, incide na superfície do metal e libera elétrons, que são atraídos pelo anodo (a). O circuito, então, se fecha e o amperímetro (A) acusa a passagem de corrente elétrica.

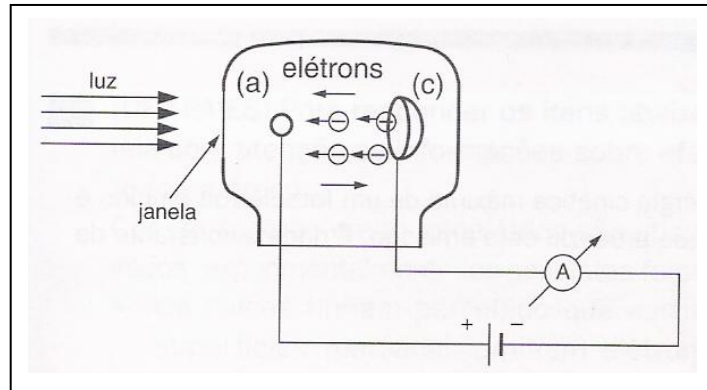


Fig. 19; célula fotoelétrica

A célula fotoelétrica descrita tem caráter apenas histórico. Atualmente, são utilizados sistemas mais simples e mais eficazes, com o mesmo princípio de funcionamento, chamados *fotossensores*.

Os fotossensores são usados em diversos dispositivos. Por exemplo, uma porta pode ser aberta quando uma pessoa dela se aproxima. Um feixe de luz é, nesse caso, interrompido, originando uma variação na intensidade da corrente que aciona o dispositivo de abertura da porta. Um sistema semelhante permite disparar alarmes contra ladrões. As lâmpadas de iluminação das ruas acendem, automaticamente, ao entardecer, através de sistemas que utilizam fotossensores.

A intensidade da corrente elétrica nos fotossensores é aproximadamente proporcional à intensidade da luz incidente. Por isso, é possível medir a intensidade da luz pela intensidade da corrente elétrica que ela gera. Esse fato é utilizado, por exemplo, nos fotômetros das máquinas fotográficas. O fotômetro mede a intensidade da luz refletida pelos objetos, fornecendo as condições necessárias correspondentes ao melhor tempo de exposição do filme.

### Exercício

1. O que são ondas eletromagnéticas?
2. Diferencie radiação ionizante de radiação não ionizante. Dê exemplos de cada uma.
3. Coloque as ondas eletromagnéticas, a seguir, em ordem crescente de energia: raios X, raios gama, ondas de rádio, microondas e radiação ultravioleta.

4. Cite uma utilização, no nosso cotidiano, para as ondas a seguir:
  - a. Ondas de rádio
  - b. Infravermelho
  - c. Microondas
  - d. Raios X
5. Diferencie UVA e UVB.
6. Explique, resumidamente, o modo de produção dos raios X.
7. Quais os cuidados básicos, necessários, para a utilização do raio X odontológico?
8. Descreva o modelo atômico de Rutherford.
9. Por que o modelo de Rutherford era falho?
10. Descreva o modelo atômico de Bohr.
11. O que ocorre quando o elétron salta de um nível de energia mais interno para um nível de energia mais externo? E se ele percorrer o caminho contrário?
12. O que é o efeito fotoelétrico?
13. Dê algumas aplicações do efeito fotoelétrico no nosso dia-a-dia.
14. O que é o caráter dual da luz?
15. O que diz a teoria de Louis de Broglie?

## **BIBLIOGRAFIA**

BISCUOLA, G. J.; Tópicos de física, 3: eletricidade, física moderna, análise dimensional / Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas, Ricardo Helou Doca. 17. ed. Refom. E ampl. – São Paulo: Saraiva, 2007

CHESMAN, C. Física Moderna: experimental e aplicada / Carlos Cherman, Carlos André, Augusto Macedo. – 2º ed. – São Paulo; Editora Livraria da Física, 2004

<http://br.geocities.com/saladefisica5/leituras/infravermelho.htm>

<http://br.geocities.com/saladefisica5/leituras/raiosx.htm>

[http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2006-09-17\\_2006-09-23.html](http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2006-09-17_2006-09-23.html)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito\\_fotoel%C3%A9ctrico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_fotoel%C3%A9ctrico)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o\\_gama](http://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_gama)

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Raios\\_X](http://pt.wikipedia.org/wiki/Raios_X)

<http://www.ficharionline.com/ExibeConteudo.php5?idconteudo=5890>

<http://www.guia.heu.nom.br/ondas.htm>

<http://www.if.ufrgs.br/oei/stars/espectro.htm>

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

<http://www.odontologia.com.br/noticias.asp?id=741&idesp=20&ler=s>

<http://www.pontodosaber.com/fisica26.html>

[http://www.rxnet.com.br/portaria\\_svs\\_453/principal\\_portaria.htm](http://www.rxnet.com.br/portaria_svs_453/principal_portaria.htm)

[http://www.scb.org.br/fc/FC58\\_19.htm](http://www.scb.org.br/fc/FC58_19.htm)

## APÊNDICE F

### ROTEIRO – LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA

1. Acesse a página:

[http://ciencias.huascar.edu.pe/modulos\\_brasil/quimica/estrutura\\_atom/aradiacao.htm](http://ciencias.huascar.edu.pe/modulos_brasil/quimica/estrutura_atom/aradiacao.htm)

2. Clique, no campo laranja, do lado esquerdo da tela, no link “Um olhar dentro do átomo”.

3. Clique em “Iniciar” para começar a animação.

4. De acordo com as explicações em sala de aula sobre o átomo de Rutherford, responda:

5. Como é o movimento das partículas nesse experimento? Por que ao se chocar com a folha fina de ouro, a grande maioria das partículas não sofre desvios?

---

---

6. Por que tão poucas partículas são desviadas, e um menor número ainda deflete com ângulos tão grandes?

---

---

7. Descreva o modelo atômico que Rutherford para explicar o que foi visualizado nesse experimento.

8. Clique, no campo laranja, do lado esquerdo da tela, no link “Entendendo átomo”.

9. No novo link que se abre clique em “A radiação eletromagnética” e responda:

10. Das ondas eletromagnéticas apresentadas na simulação acima, quais podem ser percebidas pelos nossos sentidos?

---

---

11. Das ondas eletromagnéticas apresentadas na simulação acima, escolha três exemplos e fale sobre outros usos de cada uma delas. Qual dessas radiações pode ser parcialmente bloqueada pelo uso de filtro solar?

12. Clique no link “O modelo atômico de Bohr”. Faça o que se pede durante a simulação e responda:

13. O que acontece quando o elétron salta de um nível mais interno para um mais externo?

---

---

14. E quando ele salta de um nível mais externo para um mais interno?

---

---

15. Como se comporta a variação de energia do elétron, mostrada no gráfico ao lado da animação, em relação a sua posição nos níveis de energia na eletrosfera?

---

---

16. Observe com atenção o que acontece quando o elétron salta do 6º, 5º, 4º e do 3º nível para o 2º nível de energia e responda:

17. Todas as linhas espectrais mostradas no espectro apresentam a mesma cor?

---

---

18. Que relação você poderá fazer entre a cor da linha espectral e a quantidade de energia liberada no salto eletrônico?

---

---



## APÊNDICE G

### ROTEIRO – LABORATÓRIO DE FÍSICA USANDO O ESPECTRÔMETRO DE MÃO

1. Segurar o espectrômetro de modo que o lado impresso esteja virado para cima. Em um quarto bem iluminado, segurar o espectrômetro de modo que um olho visualize a lente de difração (com o outro olho fechado). Você deve ver a escala ilustrada em figura 1. Você deve, também, observar cores em vários lugares dentro do espectrômetro. Isto é causado pela luz que entra no espectrômetro das diferentes fontes.

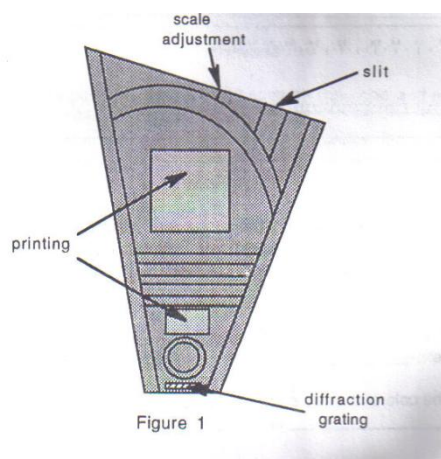


Figura 1

2. Observar que o disco plástico com a lente de difração pode ser girado. Olhando no espectrômetro, você deve observar que as cores se movem enquanto você gira o disco. Girar o disco até que você veja cores em uma linha horizontal à sua esquerda. As cores devem aparecer entre as duas linhas dos números nas escalas.

3. Olhar para uma lâmpada incandescente iluminada, através do espectrômetro. Ter cuidado para apontar a régua (no lado direito do espectrômetro) para a lâmpada e olhar à direita no espectro na escala. Você deve ver um espectro contínuo das cores do vermelho até o violeta. Na escala abaixo (figura 2), extrair as cores que você vê. Usar lápis coloridos escrever as cores observadas. As várias cores são descritas pelo comprimento de onda nos nanômetros (nm) ou pela energia da partícula da luz, um fóton, expressado em elétron-volt (eV).

(1 eV =  $1,6022 \cdot 10^{-19}$  joule)

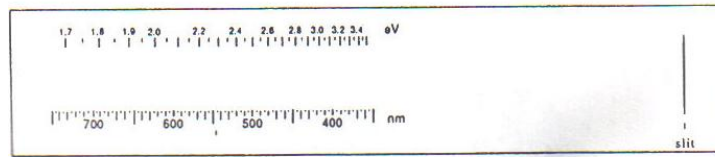


Figura 2

4. Ler o número na escala que corresponde à luz o mais distante à direita que você pode ver e o número que corresponde à luz o mais distante à esquerda que você pode ver.

a) O espectro observado estende do \_\_\_\_ nm a \_\_\_\_ nanômetro.

b) As cores nestes lugares na escala são: \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

5. Olhar agora uma luz fluorescente através do espectrômetro. Descrever o espectro que você vê. É diferente do espectro que você observou em etapa 1?

6. Escrever outra vez os fins do espectro. O espectro colorido estende do \_\_\_\_\_ nm ao \_\_\_\_\_ nm

O espectro da luz fluorescente deve incluir diversas “linhas verticais brilhantes”. Estas são imagens da régua. Indicar as posições destas linhas na escala abaixo (fig. 3).

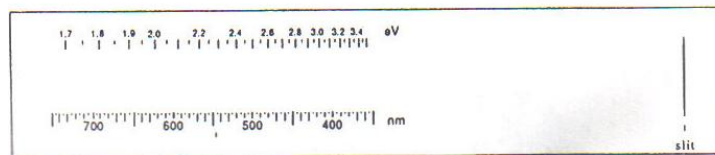


Figura 3

7. Apontar a régua de seu espectrômetro em direção a uma superfície branca onde tenha uma luz fluorescente brilhando nela, tal como uma parede ou uma tela do filme, e medir os fins do espectro e as posições de todas as linhas brilhantes que você vir. Gravar seus dados na figura 4.

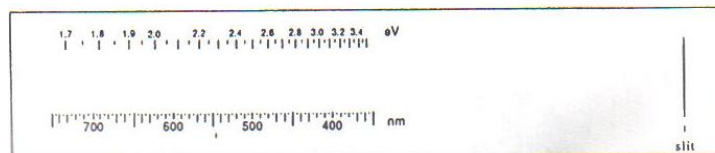


Figura 4

a) Comparar o resultado de etapas 6 e 7. O espectro a que você viu da luz fluorescente é similar ou diferente do espectro que você viu quando você olhou a superfície branca?

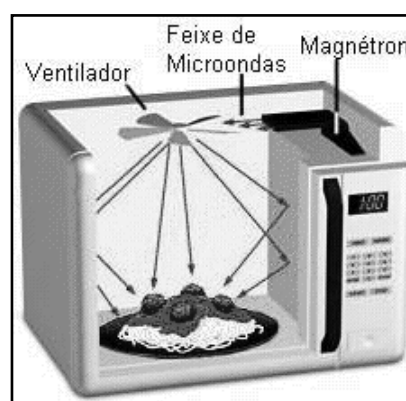
- b) Por que você acha que o espectro era similar ou diferente?
- c) Observe na tabela fixada no espectrômetro e identifique o tipo de material que compõe a lâmpada que está emitindo a luz fluorescente.

## APÊNDICE H

### ESTUDO DIRIGIDO 02

A atividade a seguir tem como objetivo revisar os conteúdos trabalhados durante o bimestre: ondas eletromagnéticas. Para sua realização é permitido consultar a apostila sobre o conteúdo e os folders produzidos pela turma sobre o assunto. Não é permitida a troca de material, de qualquer espécie, durante a realização da atividade.

6. (UnB – 2001) Como qualquer outra radiação, as microondas podem ser refletidas, transmitidas ou absorvidas, dependendo do material com que interagem. O forno de microondas utiliza todos esses três fenômenos. No forno, como ilustra a figura ao lado, um dispositivo chamado magnétron gera microondas de frequência igual a 2,45 GHz que, por meio de um dispersor, são inseridas no interior do



forno em várias direções, visando minimizar a formação de ondas estacionárias. As microondas são, então, refletidas pelas paredes metálicas do forno e absorvidas pelas moléculas de água do alimento colocado no seu interior. A partir dessas informações, julgue os itens que se seguem.

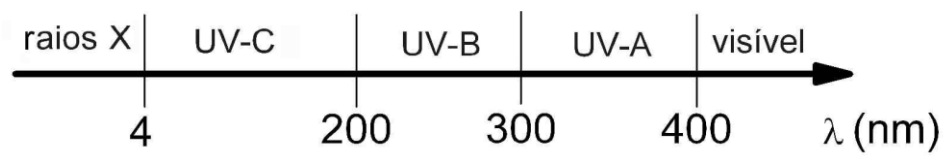
- e. ( ) No interior do forno de microondas, as moléculas de água do alimento são responsáveis pela conversão de energia eletromagnética em energia térmica.
- f. ( ) Considerando que as microondas não conseguem atingir as moléculas de água que estão a uma maior profundidade em peça grande de alimento, é correto afirmar que as partes internas dessa peça serão cozidas principalmente devido às correntes de convecção.
- g. ( ) Vasilhames apropriados para cozer alimentos em microondas devem ser feitos de matérias que absorvam radiação eletromagnética na faixa de  $2 \cdot 10^9$  Hz a  $3 \cdot 10^9$  Hz.
- h. ( ) A eliminação das ondas estacionárias pela atuação do dispersor permite que os alimentos sejam cozidos mais uniformemente.

7. Coloque em ordem crescente de suas frequências as seguintes radiações eletromagnéticas: raios X, ultravioleta, raios  $\gamma$ , microondas, ondas de rádio AM e radiação visível.
- 
- 

8. Considere um feixe de microondas e um feixe de luz azul, ambos propagando-se no vácuo. Agora responda: a velocidade de propagação e o comprimento de ondas das microondas são maiores, menores ou iguais às da luz azul. Explique sua resposta.
- 
- 

9. Certamente, você já teve a oportunidade de ver que, em uma radiografia, a silhueta dos ossos aparece bastante clara, sobre o fundo escuro. Analisando o processo de absorção de raios X pela chapa fotográfica, responda: na radiografia, a quantidade de raios X que incidiu nas regiões claras é maior ou menor do que nas regiões escuras? Explique.
- 
- 

10. A radiação ultravioleta corresponde à faixa do espectro eletromagnético de comprimentos de onda entre 4 nanômetros e 400 nanômetros. Essa faixa, por sua vez, é dividida em três zonas: UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura abaixo.



Os efeitos da radiação ultravioleta podem ser muito perigosos para a vida. A radiação na faixa UV-C, mais energética, é capaz de destruir alguns microrganismos, mas felizmente, nas altas camadas da atmosfera, ela interage com o oxigênio ( $O_2$ ), convertendo-o em ozônio ( $O_3$ ) e não chega a atingir a superfície do planeta. As faixas UV-A e UV-B estão associadas ao bronzeamento e à vermelhidão da pele nos seres humanos.

Com relação ao tema abordado no texto acima, julgue os itens a seguir.

- e. ( ) A radiação na faixa UV-C é mais energética que as das faixas UV-B e UV-A porque tem maior frequência.
- f. ( ) A radiação ultravioleta pode sofrer reflexão, refração e polarização.
- g. ( ) Uma molécula, ao absorver um fóton de radiação na faixa UV-A, pode emitir radiação na faixa UV-C.
- h. ( ) A principal defesa de seres humanos contra a exposição à radiação UV-B é o tecido adiposo sob a derme.

7. (UFMG) A natureza da luz é uma questão que preocupa os físicos há muito tempo. No decorrer da história da física, houve predomínio ora da teoria corpuscular – a luz seria constituída de partículas -, ora da teoria ondulatória – a luz seria uma onda. Descreva a concepção atual da natureza da luz.

---



---



---

8. (PUCMG – 1998) Complete as lacunas do trecho com as palavras que, na mesma ordem, estão relacionadas nas opções a seguir. “A luz, quando atravessa uma fenda muito estreita, apresenta um fenômeno chamado de \_\_\_\_\_ e isto é interpretado como resultado do comportamento \_\_\_\_\_ da luz. Porém quando a luz incide sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser emitidos da superfície sendo este fenômeno chamado \_\_\_\_\_, que é interpretado como resultado do comportamento \_\_\_\_\_ da luz.”

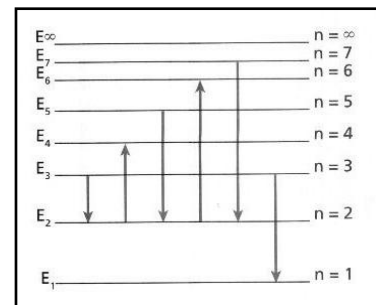
Assinale a opção CORRETA encontrada:

- f) Difração, ondulatório, efeito fotoelétrico, corpuscular.
- g) Difração, corpuscular, efeito fotoelétrico, ondulatório.
- h) Interferência, ondulatório, efeito Compton, corpuscular.
- i) Efeito fotoelétrico, corpuscular, difração, ondulatório.
- j) Ondas. Magnéticos, fótons, elétrico.

9. De acordo com a Física Quântica e com relação ao efeito fotoelétrico, julgue os itens:

- a. ( ) A radiação eletromagnética manifesta tanto propriedades ondulatórias (na interferência e na difração) como propriedades corpusculares (nos processos de absorção e de emissão).
- b. ( ) Os raios X e a radiação gama são ondas eletromagnéticas emitidas pelos núcleos atômicos.
- c. ( ) Considere que o cálcio presente na água de um aquífero possa ser identificado em um teste de chama. Nesse caso, de acordo com o modelo atômico de Bohr, a cor observada pela chama é conseqüência do retorno dos elétrons excitados desse átomo aos seus níveis fundamentais.
- d. ( ) A ocorrência desse efeito depende da frequência, e não da intensidade da radiação utilizada.
- e. ( ) A velocidade com que um elétron é ejetado depende da frequência da radiação usada, mas não de sua intensidade.
- f. ( ) Para uma determinada radiação incidente, a velocidade dos elétrons ejetados depende do metal usado na experiência.

10. O esquema seguinte representa algumas das possíveis transições do átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Observe os sentidos das transições indicadas e determine quais indicam que o elétron absorve energia e quais indicam que o elétron libera energia.



11. Defina as radiações a seguir como ionizante ou não-ionizante e cite, pelo menos duas, utilidades para elas:

e. Raios X

f. Ultravioleta

g. Microondas

---

h. Raios gama

---



## APÊNDICE I

### EXERCÍCIO DE REVISÃO

1. Diferencie radiação ionizante de radiação não-ionizante e dê 2 exemplos de cada uma.
2. (UFG – GO) Para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein, em 1905, apoiou-se na hipótese de que:
  - a ( ) A energia das radiações eletromagnéticas é quantizada.
  - b ( ) O tempo não é absoluto, mas depende do referencial em relação ao qual é medido.
  - c ( ) Os corpos contraem-se na direção de seu movimento.
  - d ( ) Os Elétrons em um átomo somente podem ocupar determinados níveis discretos de energia.
  - e ( ) A velocidade da luz no vácuo corresponde à máxima velocidade com que se pode transmitir informações.
3. (UEPB) Em 1905, Albert Einstein apresentou seu trabalho referente ao efeito fotoelétrico. Este explicou, com base na hipótese de Max Planck apresentada em 1900, segundo a qual a radiação térmica emitida por um corpo negro é constituída por *quanta* de energia, que a energia dos elétrons emitidos por uma placa metálica iluminada depende apenas da frequência da luz incidente. Naquele período, constatou-se que, para alguns fenômenos que ocorrem com a luz, ela se comporta como onda produzindo interferência (como no experimento da dupla fenda de Young). Entretanto, em outros fenômenos ela apresenta comportamento de partícula (como no efeito fotoelétrico). Diz-se então que a luz possui uma natureza dual: ora se comporta como uma onda, ora se comporta como partícula. A respeito da dualidade onda-partícula da luz, apresentam-se as seguintes proposições:
  - I. O comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz são simultâneos.
  - II. O comportamento ondulatório da luz exclui o seu comportamento corpuscular.
  - III. O comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz são equivalentes.

Com relação às proposições apresentadas, é **correto** afirmar que:

- a. Apenas II é verdadeira.
- b. II e III são verdadeiras.

- c. Apenas I é verdadeira.
- d. I e III são verdadeiras.
- e. Apenas III é verdadeira.

4. (UFMG – 1999) No modelo de Bohr para o hidrogênio, a energia do átomo:

- a. ( ) Pode ter qualquer valor.
- b. ( ) Tem um único valor fixo.
- c. ( ) Independe da órbita do elétron.
- d. ( ) Tem alguns valores possíveis.

5. (Unirio-RJ) Os raios X, descobertos em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Roentgen, são produzidos quando elétrons são desacelerados ao atingirem um alvo metálico de alto ponto de fusão como, por exemplo, o tungstênio. Essa desaceleração produz ondas eletromagnéticas de alta frequência denominada raios X, que atravessam a maioria dos materiais



conhecidos e impressionam chapas fotográficas. A imagem do corpo de uma pessoa em uma chapa de raios X representa um processo em que parte da radiação é:

- a ( ) Refletida, e a imagem mostra apenas a radiação que atravessou o corpo, e os claros e escuros da imagem devem-se aos tecidos que refletem, respectivamente, menos ou mais os raios X.
- b ( ) Absorvida pelo corpo, e os tecidos menos e mais absorvedores da radiação representam, respectivamente, os claros e escuros da imagem.
- c ( ) Absorvida pelo corpo, e os claros e escuros da imagem representam, respectivamente, os tecidos mais e menos absorvedores de radiação.
- d ( ) Absorvida pelo corpo, e os claros e escuros na imagem são devido à interferência dos raios X oriundos de diversos pontos do paciente sob exame.
- e ( ) Refletida pelo corpo e parte absorvida, sendo que os escuros da imagem correspondem à absorção e os claros, aos tecidos que refletem os raios X.

6. (UFRGS) Entre as ondas eletromagnéticas mencionadas na tabela, identifique a que tem maior comprimento de ondas e a que apresentam a maior energia de um fóton associado à onda, respectivamente.

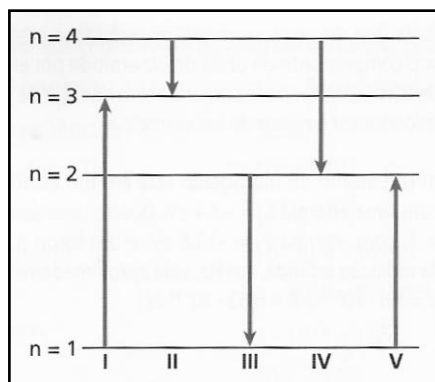
Infravermelho	Microondas
Raios X	Ultravioleta

- a ( ) Microondas – raios X
- b ( ) Ultravioleta – raios X
- c ( ) Microondas – infravermelho
- d ( ) Ultravioleta infravermelho
- e ( ) Raios X - infravermelho
7. (UFRGS) Em qual das alternativas as radiações eletromagnéticas estão citadas na ordem crescente de energia do fóton associado às ondas?
- a ( ) Raios gama, luz visível, microondas
- b ( ) Raios gama, microondas, luz visível
- c ( ) Luz visível, microondas, raios gama
- d ( ) Microondas, luz visível, raios gama
- e ( ) Microondas, raios gama, luz visível.
8. No início do século XX, Rutherford estava envolvido numa pesquisa cujo objetivo era descrever e explicar os fenômenos que acompanhavam a passagem das partículas alfa através da matéria. Um dos seus estudantes observou que, vez por outra, as partículas alfa, em vez de seguirem direta ou indiretamente, eram defletidas pela matéria e se desviavam em ângulos consideráveis. Os grandes desvios surpreenderam Rutherford que, mais tarde, declarou que “foi o mais incrível acontecimento da minha vida. Tão incrível como se você disparasse um projétil de 15 polegadas contra um pedaço de papel e o projétil se refletisse e viesse atingi-lo. As conclusões de Rutherford foram:
- I. A matéria tem em sua constituição grandes espaços vazios e os núcleos são densos e eletricamente positivos;
  - II. Os elétrons ocupam órbitas circulares ao redor do núcleo (níveis estacionários);
  - III. Formulação de um novo modelo atômico, planetário, em substituição do “modelo pudim de passas”;
  - IV. Descoberta dos raios X, radiações eletromagnéticas emitidas pela matéria quando bombardeado pelas partículas alfa.
- Nestas condições podemos afirmar que:
- a ( ) I, II e III são verdadeiras;

- b ( ) I, III e IV são verdadeiras;  
 c ( ) I e II são verdadeiras;  
 d ( ) Todas são verdadeiras.

9. O que são fótons?

10. O diagrama abaixo mostra os níveis de energia ( $n$ ) de um elétron em certo átomo.

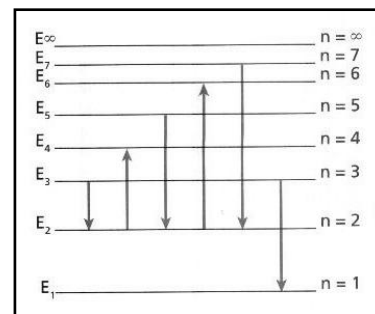


- a. Em quais transições está havendo absorção de energia?  
 b. Em quais transições está havendo liberação de energia?  
 c. Supondo ser esse um átomo de hidrogênio em quais transições está havendo emissão de fóton de luz visível?

**APÊNDICE J****PROVA BIMESTRAL**

1. (UFMG – MG) Uma onda de rádio é emitida por uma estação transmissora e recebida por um aparelho receptor situado a quilômetros de distância. Para que ocorra a propagação da onda de rádio, entre a estação transmissora e o aparelho receptor:
  - a ( ) Deve existir um meio material qualquer.
  - b ( ) Deve existir um meio material que contenha elétrons livres.
  - c ( ) Deve existir um meio material que contenha fótons.
  - d ( ) Não é necessária a presença de um meio material.
  - e ( ) Nenhuma das alternativas.
  
2. (UFGRS – RS) Os raios X e a luz diferem por que:
  - a ( ) A frequência dos raios X é maior do que a frequência da luz visível.
  - b ( ) A luz é constituída de ondas transversais e os raios X de ondas longitudinais.
  - c ( ) Os raios X são desviados por campos elétricos e magnéticos enquanto a luz não sofre desvio.
  - d ( ) Os raios X são partículas neutras e a luz é constituída de corpúsculos carregados eletricamente.
  - e ( ) No espaço vazio a velocidade dos raios X é superior à velocidade da luz.
  
3. (FURG – RS) Trata-se de radiações eletromagnéticas de altíssima frequência, liberadas quando o núcleo de uma substância radioativa se desintegra. Têm alto poder de penetração, o que as tornam muito perigosas para o ser humano, porque podem causar câncer. Contudo, podem ser usadas para tratar pacientes portadores de câncer, porque, apesar de prejudicar ao tecido sadio, causam danos ainda maiores ao tecido canceroso. A que o texto se refere?
  - a ( ) Partículas  $\alpha$
  - b ( ) Partículas  $\beta$
  - c ( ) Microondas
  - d ( ) Raios X
  - e ( ) Raios  $\gamma$

4. O esquema seguinte representa algumas das possíveis transições do átomo de hidrogênio. Nesse esquema,  $n = \infty$  significa que o elétron foi removido do átomo, ou seja, o átomo está ionizado. Observe os sentidos das transições indicadas, analise os itens a seguir e marque a única alternativa INCORRETA:



- a ( ) Nas transições indicadas pelas setas que apontam para cima o elétron está absorvendo energia.
- b ( ) Nas transições indicadas pelas setas que apontam para baixo o elétron está liberando energia.
- c ( ) Em todos os saltos quânticos representados na figura o elétron está emitindo luz visível.
- d ( ) O elétron irá emitir luz visível quando realizar um salto quântico cujo estado fundamental é o  $n = 2$  (Série de Balmer).
- e ( ) No caso de uma radiação eletromagnética incidir em um átomo, um elétron dele só pode absorver um fóton se a energia deste for exatamente igual à quantidade de energia necessária para o elétron “saltar” de um nível permitido para outro também permitido.
5. (UFRGS-RS) No início do século XX, as teorias clássicas da Física, como o eletromagnetismo, de Maxwell, e a mecânica, de Newton – não conduziam a uma explicação satisfatória para a dinâmica do átomo. Nessa época, duas descobertas históricas tiveram lugar: o experimento de Rutherford demonstrou o núcleo atômico, e a interpretação de Einstein para o efeito fotoelétrico revelou a natureza corpuscular da interação da luz com a matéria. Em 1913, incorporando os resultados dessas descobertas, Bohr propôs um modelo atômico que obteve grande sucesso, embora não respeitasse as leis da física clássica. Considere as seguintes afirmações sobre a dinâmica do átomo.
- I. No átomo, os raios das órbitas dos elétrons podem assumir um conjunto contínuo de valores, tal como os raios das órbitas dos planetas em torno do Sol.
  - II. O átomo pode existir, sem emitir radiação, em estados estacionários cujas energias só podem assumir um conjunto discreto de valores.
  - III. O átomo absorve ou emite radiação somente ao passar de um estado estacionário para outro.

Quais dessas afirmações foram adotadas por Bohr como postulados para o seu modelo atômico?

- a ( ) Apenas I.
- b ( ) Apenas II.
- c ( ) Apenas III.
- d ( ) Apenas II e III.
- e ( ) I, II e III.

6. Sobre o caráter dual da luz e o efeito fotoelétrico analise os itens a seguir e marque a única alternativa INCORRETA:

- a ( ) A luz, em certas interações com a matéria, comporta-se como uma onda eletromagnética; em outras interações ela se comporta como partícula, como os fótons no efeito fotoelétrico.
- b ( ) A difração e a interferência são fenômenos que somente podem ser explicados satisfatoriamente por meio do comportamento ondulatório da luz.
- c ( ) O efeito fotoelétrico somente pode ser explicado satisfatoriamente quando consideramos a luz formada por partículas, os fótons.
- d ( ) O efeito fotoelétrico é consequência do fenômeno ondulatório da luz.
- e ( ) Devido à alta frequência da luz violeta, o “fóton violeta” é mais energético do que o “fóton vermelho”.

## APÊNDICE K

### QUESTIONÁRIO OPINATIVO

\*O objetivo deste questionário é o de colher a opinião dos estudantes quanto às aulas sobre radiações eletromagnéticas. Utilize o seguinte código para assinalar a afirmativa de sua escolha.

**CP –Concordo Plenamente**

**C – Concordo**

**NO – Não tenho Opinião ou estou indeciso**

**D – Discordo**

**DT – Discordo Totalmente**

1. As aulas não estimularam o interesse pela matéria.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

2. O professor foi pouco didático.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

3. Os conteúdos foram abordados de forma interessante.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

4. Foram estabelecidas relações entre teoria e prática.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

5. Aliar o conteúdo das radiações com a Física Moderna foi interessante.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

6. Você recomendaria esta abordagem para outras turmas .

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

7. Foram relacionados conteúdos com outras disciplinas .

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------



8. O professor se mostrou motivado durante as aulas.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

9. O conteúdo tem relação com o cotidiano.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

10. Houve engrandecimento do seu conhecimento científico.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

11. Passei a me interessar por Física Moderna.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

12. Acredito que compreendi melhor os conceitos físicos relacionados.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

13. Assisti a maior parte das aulas com interesse.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

14. Consegui entender o conteúdo, mesmo não tendo efetuado cálculos.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

15. Prefiro aprender no modo “tradicional”.

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

16. O uso de aplicativos computacionais não foi válido

<b>CP</b>	<b>C</b>	<b>NO</b>	<b>D</b>	<b>DT</b>
-----------	----------	-----------	----------	-----------

Poderia destacar aspectos positivos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados à Física Moderna?

---



---

Poderia destacar aspectos negativos, quanto à forma do professor tentar tornar o conteúdo das radiações interessante, através de aspectos relacionados à Física Moderna?

---



---

## APÊNDICE L

### CD-ROM – PROPOSIÇÃO DIDÁTICA

Neste apêndice consta o CD-ROM, resultado do nosso projeto de pesquisa e de livre distribuição para professores do Ensino Médio.

Para acessá-lo é necessário um computador com o programa “Microsoft PowerPoint”.



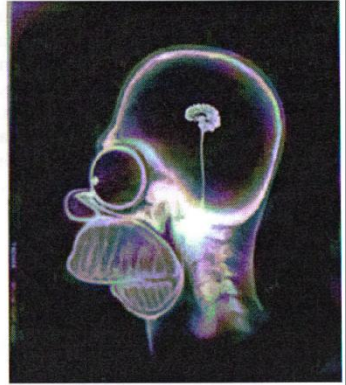
Ao abrir o CR-ROM clique no arquivo “Proposição Didática” e aperte a tecla F5 para iniciar a apresentação. Na tela “Índice” você encontrará um link para cada parte que compõe essa proposição didática, bastando assim clicar no tópico desejado.

## ANEXO I

## Folders sobre as radiações eletromagnéticas produzidos pelos estudantes

<p>Centro de Ensino médio Ave Branca 2ºMF Professora: Mirele</p> <p><u>Radiação Gama</u></p> <p><b>Componentes:</b> Amanda Cristine-05 Jeniffer-18 Mariana-25 Rosane-36 Sandra-37 Thaís-39 Zeni-43</p>		<p><b><u>Malefícios</u></b></p> <p>As emissões Gama são caracterizadas por ondas eletromagnéticas de elevada energia, que se propagam com a velocidade da luz, mas de curtíssima frequência altamente penetrante e de forte poder ionizador (quebra dos átomos do ar e dos tecidos vivos), ofensas às moléculas humanas que tornam-se lesadas ao receberem seus impactos. A radiação gama pode atravessar vários metros de ar, objetos, o corpo humano, uma parede e placa metálicas que estejam em sua trajetória, apenas sendo bloqueada por vários metros de concreto ou um bloco de 50 cm de chumbo. Esta é a emissão que mais arranca elétrons da matéria que atravessa, notadamente o tecido humano.</p> <p><b><u>Bibliografia</u></b></p> <p><a href="http://embrarad.com.br/radiacao.asp">http://embrarad.com.br/radiacao.asp</a></p>
--	--	---


<p><b><u>Produção</u></b></p> <p>Os raios gama são as ondas eletromagnéticas de frequências mais elevadas e, portanto, de menores comprimentos de ondas. São emitidos por aceleradores de partículas e pelo núcleo de substâncias radioativas, como o cobalto 60 e o célio 137, durante certas reações nucleares.</p> <p>Os efeitos desejados dos produtos expostos à irradiação Gama são: esterilização, descontaminação, redução da carga microbiana e modificação do material</p> <p>A radiação gama não deixa resíduos no material e assim o material processado não se torna radioativo.</p>	<p><b><u>Utilização</u></b></p> <p>A radiação gama já é utilizada em escala comercial há mais de 40 anos, contando hoje com mais de 150 plantas operacionais, espalhadas pelo Mundo.</p> <p>A radiação gama tem um largo uso em aplicações industriais, tais como: esterilização de material médico-cirúrgico, odontológico, de laboratório, frascos, embalagens, fármacos, descontaminação de produtos, cosméticos, matérias primas, fototerápicos, chás, processamento de alimentos, especiarias, condimentos, corantes, coloração de vidros, pedras preciosas, melhoria de fibras sintéticas e de polímeros, produção de inoculantes para a agricultura, impregnação de madeiras e outros materiais.</p>	<p><b><u>Benefícios</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Economicamente viável para grandes ou pequenas quantidades de produtos</li> <li>• Um dos processos mais rápidos de esterilização existentes na atualidade</li> <li>• Alto poder de penetração, sendo o processo realizado na embalagem final dos produtos</li> <li>• Planta automatizada, não há necessidade de manuseio dos produtos.</li> <li>• Não necessita quarentena ou tratamento pós esterilização (não deixa resíduos).</li> <li>• Permite imediato uso dos materiais, após o término do processo</li> <li>• Facilmente validado</li> <li>• Processo de esterilização existente de menor agressividade ao meio ambiente.</li> </ul>
---	---	---

<p><b>Malefícios</b></p> <p>Cientistas da Universidade de Oxford acreditam que o uso de raio X para ajudar diagnósticos causa 700 casos de câncer por ano na Grã-Bretanha. Os pesquisadores da universidade acreditam que cerca de 0,6% do total de risco de câncer pode ser devido à exposição a raios X em hospitais. Os especialistas dizem que os médicos devem evitar exames "desnecessários" de raio X.</p> <p><b>Benefícios</b></p> <p>"Eles incluem a identificação de casos de câncer ainda no início e a possibilidade de tratamento inicial, o que provavelmente permite mais casos de cura de câncer do que a exposição radiológica pode causar"</p> <p>Professor Adrian Dixon</p>	<p><b>Centro de Ensino Médio Ave Branca</b></p> <p>2ºMF</p> <p>Ana Paula Nº 07        Dayane Nº 09        Felipe T. Nº 13        Jéssica A. Nº 19        Juliana Nº 24.22        Patrícia Nº 30        Priscilla Nº 33</p> <p>Prof: Sandra/Mirela</p> 	 
--	---	---

<p><b>Introdução</b></p> <p>Os raios X são emissões eletromagnéticas de natureza semelhante à luz visível. Seu comprimento de onda vai de 0,05 angström (5 pm) até centenas de angströms (1 nm).</p> <p>O espectro de comprimentos de onda utilizável correspondente a aproximadamente entre 1 nm a 5 picômetros.</p> <p>Como toda energia eletromagnética de natureza ondulatória, os raios X sofrem interferência, polarização, refração, difração, reflexão, entre outros efeitos. Embora de comprimento de onda muito maior, sua natureza eletromagnética é idêntica à da luz</p> 	<p><b>Utilização</b></p> <p>Apesar da utilização médica dos raios X ser a mais comum na vida do cidadão, existem outras utilizações de importância relevantes: verificação de soldas, caracterização de redes cristalinas, além de aplicações nos campos da Astrofísica e da Astronomia.</p> 	<p><b>Produção</b></p> <p>O dispositivo que gera Raios X é chamado de tubo de Coolidge. Da mesma forma que uma válvula termiônica, este componente é um tubo oco e evacuado, ainda possui um catodo incandescente que gera um fluxo de elétrons de alta energia. Estes são acelerados por uma grande diferença de potencial e atingem ao ânodo ou placa.</p> <p>O ânodo é confeccionado em tungstênio. A razão deste tipo de construção é a geração de calor pelo processo de criação dos raios X. O tungstênio suporta temperaturas que vão até 3340 °C. Além disso possui um razoável valor de número atômico (74) o que é útil para o fornecimento de átomos para colisão com os elétrons vindos do catodo (filamento). Para não fundir, o dispositivo necessita de resfriamento através da inserção do tungstênio em um bloco de cobre que se estende até o exterior do tubo de raios-X que está imerso em óleo. Esta descrição refere-se ao tubo de anodo fixo.</p>
---	--	--

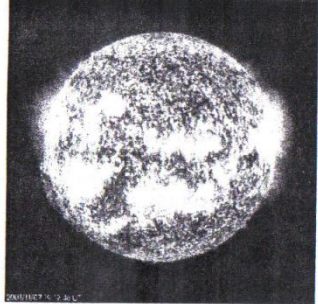
**Integrantes**

Ana Ludmila  
Luis Carlos  
Marcus  
Marlon  
Nicholas  
Pedro  
Vanessa

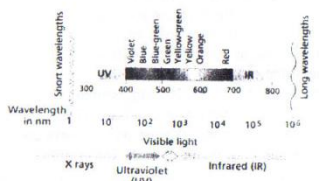


**Bibliografia**

<http://tecnocientista.info/Imagens/applications/PhotoGalleryManager/images>  
[http://nautilus.fis.uc.pt/www/hiptextos/espectro/hiper\\_espectro\\_iv.html](http://nautilus.fis.uc.pt/www/hiptextos/espectro/hiper_espectro_iv.html)  
[http://stargazers.gsfc.nasa.gov/images/sun\\_images/astromers\\_electromag/seit\\_00304.gif](http://stargazers.gsfc.nasa.gov/images/sun_images/astromers_electromag/seit_00304.gif)  
[http://www.achetudoeregiao.com.br/ANIM AIS/radiacao\\_ultravioleta.htm](http://www.achetudoeregiao.com.br/ANIM AIS/radiacao_ultravioleta.htm)  
<http://educar.sc.usp.br/optica/curiosid.htm>



# Ultravioleta



**Espectro eletromagnético** é o intervalo completo da radiação eletromagnética, que contém desde as ondas de rádio, as microondas, o infravermelho, a luz visível, os raios ultravioleta, os raios X, até a radiação gama.

A **radiação ultravioleta (UV)** é a radiação eletromagnética ou os raios ultravioletas com um comprimento de onda menor que a da luz visível e maior que a dos raios X, de 380 nm a 1 nm. O nome significa mais alta que (além do) violeta (do latim ultra), pelo fato que o violeta é a cor visível com comprimento de onda mais curto e maior frequência.

A **radiação UV** pode ser subdividida em UV próximo (comprimento de onda de 380 até 200 nm - mais próximo da luz visível), UV distante (de 200 até 10 nm) e UV extremo (de 1 a 31 nm)

No que se refere aos efeitos à saúde humana e ao meio ambiente, classifica-se como UVA (400 – 320 nm, também chamada de "luz negra" ou onda longa), UVB (320–280 nm, também chamada de onda média) e UVC (280 - 100 nm, também chamada de UV curta ou "germicida"). A maior parte da radiação UV emitida pelo sol é absorvida pela atmosfera terrestre. A quase totalidade (99%) dos raios ultravioletas que

efetivamente chegam a superfície da Terra são do tipo UV-A. A radiação UV-B é parcialmente absorvida pelo ozônio da atmosfera e sua parcela que chega à Terra é responsável por danos à pele. Já a radiação UV-C é totalmente absorvida pelo oxigênio e o ozônio da atmosfera.

**Fontes desta radiação**

O Sol é o principal fornecedor de radiação UV, mas é também necessário cuidado com lâmpadas de bronzeamento, instrumentos de soldadura, lasers, entre outros. Vários fatores influenciam a dose de UV que recebemos do sol. As nuvens absorvem a luz visível mas em menor grau a ultra-violeta e num dia nublado a quantidade de UV recebida pode ainda ser grande apesar de não se sentir a luz do sol. A quantidade de UV recebida é aumentada quando é refletida por neve que reflete até 80% dos UV ou pela areia que reflete até 25 % dos UV.

**Características**

Radiação UV-B é a principal causa responsável pelo bronzeamento e queimaduras de pele, bem como pela formação de vitamina D na pele, além de influenciar o sistema imunológico. A radiação UV-B é também a principal causa da "cegueira-da-neve" e um importante



fator indutor das cataratas. A radiação UV-B contribui significativamente para o envelhecimento da pele e dos olhos, e os comprimentos de onda da radiação solar UV-B são os mais efetivos da radiação solar para causarem câncer de pele.



**CUIDADOS COM O SOL**


O sol é fundamental para a vida em nosso planeta. Porém, a exposição exagerada aos raios ultra-violeta (UV), que são parte de seus componentes, pode causar alguns danos à saúde.

**Voce sabias...**

Pela mesma razão alguns sabões em pó "lavam mais brancos": após a lavagem, a roupa reflete a parte visível dos raios solares e também transforma o ultravioleta em visível. Portanto, essa peça de roupa emite mais luz visível do que recebe: "é mais branca". Entretanto, isso não significa, necessariamente, que esse sabão deixe a roupa mais limpa do que os outros. Use filtros/bloqueadores solares, diariamente. Preste bastante atenção às partes do corpo que são expostas ao sol todos os dias mesmo quando você não está na praia ou na piscina como rosto, orelhas, pescoço e braços;

<h2 style="text-align: center;">Benefícios</h2> <p>* Redução da dor: causa analgesia, eliminação dos catabólicos, pois aumenta o metabolismo;</p> <p>* Redução do espasmo muscular: é relaxante muscular (ação direta no fuso muscular);</p> <p>* Redução da rigidez articular: o calor atua direto no tecido colagenoso;</p> <p>* Melhora da circulação: o calor provoca vaso dilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo da área;</p> <h2 style="text-align: center;">Malefícios</h2> <p>A RIV pode causar lesões a vários tecidos do corpo, caso seja utilizado em níveis excessivos (tempo e intensidade) do tipo: queimaduras, um aspecto do tipo "eritematoso", pigmentação permanente, formação de bolhas e edema. Deve-se ter cuidado com excesso de sudorese (pode gerar hipotensão) e lesões oculares (pois, a RIV estimula a catarata, por exemplo).</p>		<p style="text-align: right;">Centro de Ensino Médio Ave Branca</p> <div style="text-align: center;">  <h1 style="text-align: center;">Radiação Infravermelha</h1>  <p style="text-align: center;">Componentes do Grupo:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr><td>Alana Christina</td><td>Nº 02</td></tr> <tr><td>Felipe Pereira</td><td>Nº 12</td></tr> <tr><td>Higor Eduardo</td><td>Nº 16</td></tr> <tr><td>Jéssica Wendy</td><td>Nº 20</td></tr> <tr><td>Pâmella Cortes</td><td>Nº 29</td></tr> <tr><td>Débora Coimbra</td><td>Nº 46</td></tr> <tr><td><i>Amanda</i></td><td>Nº 03</td></tr> </table> </div>	Alana Christina	Nº 02	Felipe Pereira	Nº 12	Higor Eduardo	Nº 16	Jéssica Wendy	Nº 20	Pâmella Cortes	Nº 29	Débora Coimbra	Nº 46	<i>Amanda</i>	Nº 03
Alana Christina	Nº 02															
Felipe Pereira	Nº 12															
Higor Eduardo	Nº 16															
Jéssica Wendy	Nº 20															
Pâmella Cortes	Nº 29															
Débora Coimbra	Nº 46															
<i>Amanda</i>	Nº 03															

<h2 style="text-align: center;">Produção</h2> <p>A radiação infravermelha é produzida como um resultado de movimentos moleculares no interior de matérias aquecidas. Um aumento na temperatura acima de zero absoluto resulta na vibração ou rotação de moléculas no interior da matéria, o que leva à emissão de radiação infravermelha. A temperatura do corpo afeta o comprimento de onda da radiação emitida, e a frequência média da radiação emitida eleva-se com uma elevação na temperatura. Portanto, quanto mais elevar a temperatura do corpo, maior será a temperatura média resultante, menor será o comprimento de onda.</p>	<h2 style="text-align: center;">Utilização</h2> <p>A radiação infravermelha é usada para obter fotos de objetos distantes encobertos pela atmosfera, também muito utilizada por astrônomos para observar estrelas e nebulosas que são invisíveis com luz normal. Uma outra utilidade deste tipo de radiação é o uso nas fotografias infravermelhas, que são muito precisas. O infravermelho foi muito utilizado na II Guerra Mundial.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Figura 1      Figura 2</p> <p>Fig<sup>1</sup> - Radiografia da flor da columbina. Fig<sup>2</sup> - Registro em filme do calor deixado no chão por um cadáver, logo após um crime, por meio de infravermelhos.</p>	<h2 style="text-align: center;">Referências Bibliográficas</h2> <p><a href="http://www.fisica.net/denis/rad1c.htm">http://www.fisica.net/denis/rad1c.htm</a></p> <p><a href="http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/eletro/radiacao_infravermelha.htm">http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/eletro/radiacao_infravermelha.htm</a></p> <p><a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_infravermelha">http://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_infravermelha</a></p> <p><a href="http://www.fisica.net/quantica/curso/radiacao_infravermelha_e_ultravioleta.php">http://www.fisica.net/quantica/curso/radiacao_infravermelha_e_ultravioleta.php</a></p>
--	---	---



Esta tudo bem quenda, botei o peru no micro-ondas e estou dando a papinha do bebê.

**Alunos**

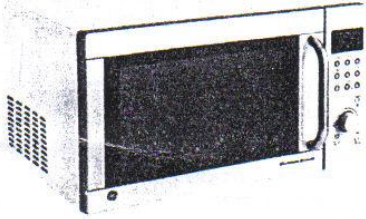
Edipo	10
Fernanda	14
Gabriela	15
Nayara	27
Priscilla	34
Thaides	38

*Referências Bibliográficas*

- pt.wikipedia.org/wiki/microondas
- br.geocities.com
- www.netfis.technico.edu

*LMF*

# Microondas



**O que são microondas?**

Microondas são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda entre 1 e 300mm. No interior do forno de microondas uma onda eletromagnética com frequência de 2450 MHz é gerada por um magnétron e irradiada por uma antena metálica (ventilador) para o interior do compartimento onde estão os alimentos.

**Produção das microondas**

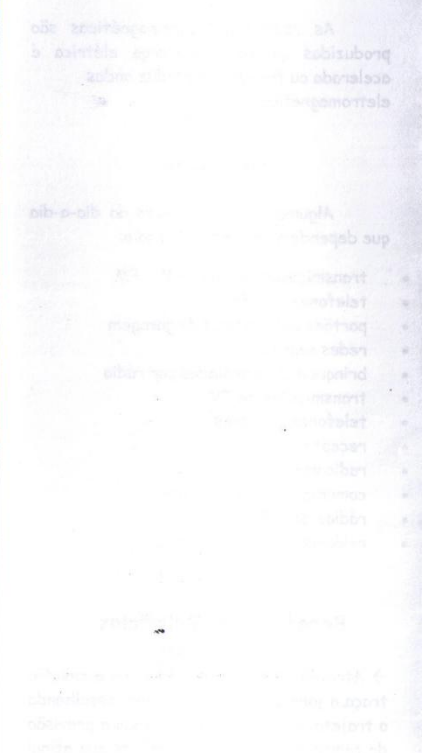


São produzidas por variação de um campo elétrico e um campo magnético. Exemplos de ondas eletromagnéticas são a luz visível, os raios-X, as ondas de rádio, de televisão, as microondas.

**Utilização das microondas**

Um forno de microondas usa um gerador de microondas do tipo magnetron para produzir microondas em uma frequência de aproximadamente 2,45 GHz para cozinhar os alimentos. O Radar também usa radiação em microondas para detectar a distância, velocidade e outras características de objetos distantes. TV a cabo e Internet de banda larga por cabo coaxial, bem como certas redes de telefonia celular móvel, também usam as frequências mais baixas das microondas. Um maser é um dispositivo semelhante ao laser, exceto pelo fato de que trabalha na faixa das microondas, em lugar da luz visível.

**Malefícios e benefícios**

O forno de microondas é regulado para atuar somente sobre moléculas de água, que é um exemplo de molécula polar. Isso é feito para que só alimentos que possuam água possa ser cozidos. Quando se coloca um copo com água no interior de um microondas, somente a água do interior do copo é que esquenta, o copo em si não esquenta. Ele irá esquentar por condução de calor, ou seja, quando a água estiver quente, ela irá transferir calor para o copo e o sistema copo + água ficará com uma única temperatura. Muito se fala sobre a possibilidade de problemas com o uso de aparelhos de telefone celular. Mas, nada está comprovado ao ponto de dizer que ele é problemático ou que pode causar tumores cerebrais.

<p><b>Curiosidades:</b></p> <p>→ O rádio foi o primeiro aparelho a não precisar de fios elétricos para a transmissão do som.</p> <p>→ Embora as ondas de rádio sejam invisíveis e completamente indetectáveis pelos humanos, elas mudaram totalmente a sociedade.</p> <p>→ Quando você muda de estação para procurar uma música legal, você está procurando "diferentes" ondas sonoras.</p> <p>→ O primeiro rádio sem fio e a primeira transmissão foram feitos em 1896 pelo italiano Guilherme Marconi. Ele fez uma grande contribuição para todos, pois foi a partir do rádio que inventaram a televisão.</p> <p>→ A primeira emissão radiofônica no Brasil ocorreu em 1922. Era 7 de setembro, e se comemorava o centenário da Independência do Brasil. A Westinghouse Electric International Co, instalou no alto do Corcovado, no Rio de Janeiro, juntamente com a Companhia Telefônica Brasileira, uma estação de 500 watts.</p>		<p style="text-align: center;"> <b>CEMAB</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Ondas de Rádio</b></p> <p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;"><b>2º MF</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Componentes:</b></p> <table border="0"> <tr><td>Adryanna Gama</td><td style="text-align: right;">01</td></tr> <tr><td>Amanda Barbacena</td><td style="text-align: right;">04</td></tr> <tr><td>Irma</td><td style="text-align: right;">17</td></tr> <tr><td>João Calixto</td><td style="text-align: right;">21</td></tr> <tr><td>Raquel</td><td style="text-align: right;">35</td></tr> <tr><td>Thauane Lopes</td><td style="text-align: right;">40</td></tr> <tr><td>Anne Katharine</td><td style="text-align: right;">44</td></tr> </table> <p style="text-align: right;">Taguatinga, 23 Outubro de 2007</p>	Adryanna Gama	01	Amanda Barbacena	04	Irma	17	João Calixto	21	Raquel	35	Thauane Lopes	40	Anne Katharine	44
Adryanna Gama	01															
Amanda Barbacena	04															
Irma	17															
João Calixto	21															
Raquel	35															
Thauane Lopes	40															
Anne Katharine	44															

<p style="text-align: center;"><b>Introdução</b></p> <p>As "ondas de rádio" transmitem músicas, conversas, fotos e dados através do ar, de maneira invisível, geralmente por milhões de quilômetros. Embora as ondas de rádio sejam invisíveis e completamente indetectáveis pelos humanos, elas mudaram totalmente a sociedade.</p> <p style="text-align: center;"><b>Conceito:</b></p> <p>Uma onda de rádio é uma onda eletromagnética propagada por uma antena. As ondas de rádio têm diferentes frequências e, ao sintonizar um receptor de rádio em uma frequência específica, é possível captar um sinal.</p> <p style="text-align: center;"><b>Tipo de radiação:</b></p> <p>As ondas de rádio são radiações eletromagnéticas produzidas pela passagem de corrente elétrica alternada por um condutor, e se propagam através das antenas. Elas têm diferentes frequências, e sintonizando um rádio receptor numa determinada frequência, podemos receber um sinal específico.</p> <p style="text-align: center;"><b>Produção:</b></p> <p>As ondas de rádio são produzidas numa antena.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Utilização:</b></p> <p>Algumas das tecnologias do dia-a-dia que dependem das ondas de rádio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transmissões de rádio AM e FM</li> <li>• telefones sem fio</li> <li>• portões automáticos de garagem</li> <li>• redes sem fio</li> <li>• brinquedos controlados por rádio</li> <li>• transmissões de TV</li> <li>• telefones celulares</li> <li>• receptores GPS</li> <li>• radioamadores</li> <li>• comunicações por satélite</li> <li>• rádios da polícia</li> <li>• relógios sem fio (em inglês)</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Benefícios X Malefícios</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Benefícios:</b></p> <p>→ Através das ondas do rádio que o cidadão traça a jornada de seu dia-a-dia, escolhendo o trajeto para o trabalho, ouvindo a previsão do tempo e recebendo as notícias que afinal vão definir seu estado de espírito.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Malefícios:</b></p> <p>→ Cientistas acreditam que telefone celular, forno de microondas e televisão podem causar câncer, pois os campos eletromagnéticos produzem no corpo humano, correntes elétricas e voltagens mais altas do que as que existem naturalmente no organismo. Os efeitos no organismo dos campos externos vão depender da intensidade e da frequência do campo.</p> <p>→ Campos de intensidade mais fortes podem causar estresse.</p> <p style="text-align: center;"><b>Referências Bibliográficas:</b></p> <p>→ <a href="http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itam/araty/web/port/comunica/radio/apresent/index.htm">http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itam/araty/web/port/comunica/radio/apresent/index.htm</a></p> <p>→ <a href="http://www.adorofisica.com.br/trabalhos/fis/equipes/televisao/tecnologia.html">http://www.adorofisica.com.br/trabalhos/fis/equipes/televisao/tecnologia.html</a></p> <p>→ <a href="http://www.terra.com.br/fisicanet/curiosos/fis2g49.pdf">http://www.terra.com.br/fisicanet/curiosos/fis2g49.pdf</a></p> <p>→ <a href="http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/LinkAula/My-Files/nova_pagina_2.htm">http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/LinkAula/My-Files/nova_pagina_2.htm</a></p>
--	---	--