



**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Pedro Carvalho Martins

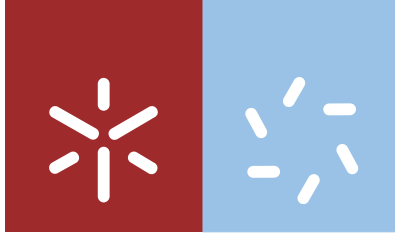
**Relatório de atividade profissional**  
Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores  
Área de Especialização em Física e Química

**Relatório de atividade profissional**  
Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores  
Área de Especialização em Física e Química

Pedro Carvalho Martins

UMinho | 2016

outubro de 2016



**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Pedro Carvalho Martins

**Relatório de atividade profissional**  
Ao abrigo do Despacho RT-38/2011

Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores  
Área de Especialização em Física e Química

Trabalho efetuado sob a supervisão do  
**Doutor Mário Jorge Dias Zamith Silva**

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas foram imprescindíveis para que este trabalho aqui apresentado fosse possível, através da ajuda direta ou indireta.

É o caso de alguns fantásticos professores que tive na formação de base em Física - ramo educacional. São os responsáveis pelo meu interesse na Ciência, mais especificamente na Física e na Química. Ensinarão-me também que, só com muito trabalho é que se conseguem resultados, sejam acadêmicos ou profissionais.

Um muito obrigado ao Doutor Mário Zamith, supervisor deste relatório, pela sua extraordinária dedicação, sabedoria e constante incentivo, fundamental para a conclusão deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho das diferentes instituições de ensino onde já lecionei, pela partilha de experiências e espírito de entreatajuda. Um obrigado também aos meus alunos, que são o primeiro motivo da minha dedicação e a sempre procura da perfeição.

Ao meu grande amigo Rui Oliveira, que me acompanhou em algumas jornadas pelas escolas e agora neste desafio, um muito obrigado pela força que transmitiu.

Por último e por serem tão especiais, um muito obrigado à minha esposa Raquel e filho Afonso pelo incentivo e paciência nas horas que despendi na realização deste trabalho, que podiam ter sido passadas com eles.



## RESUMO

O presente Relatório de Atividade Profissional pretende descrever o que de mais relevante foi produzido ao longo de quase catorze anos de atividade docente, para os fins previstos no Despacho RT-38/2011.

Para o "enquadramento científico da atividade desenvolvida no exercício efetivo de funções docentes", foi selecionada a área da Física e o tema "Fenómenos Óticos Observáveis na Atmosfera". Esta escolha prende-se, numa primeira e principal instância, com a percepção/certeza de que esse é um contexto muito interessante e motivador para a aprendizagem das teorias que explicam tais fenómenos. Acresce ao motivo ora exposto um fascínio pessoal pela temática em causa, que poderá ser explorada quer na lecionação dos conteúdos e metas contempladas no 8.º ano de escolaridade do 3.º Ciclo do Ensino Básico, quer aquando da explanação do programa de 11.º ano de escolaridade do Ensino Secundário, bem como num dos módulos do Ensino Profissional. Neste contexto do Enquadramento Científico são apresentados alguns conceitos fundamentais sobre a natureza da luz e sobre as leis que regem a sua propagação para de seguida explorar alguns fenómenos óticos visíveis na atmosfera terrestre, nomeadamente o arco-íris, os halos e as miragens.

De seguida é feita a apresentação e discussão dos diversos projetos e atividades desenvolvidos no âmbito da atividade docente e que implicaram a envolvimento direta de alunos. No capítulo seguinte apresenta-se um sumário das ações de formação consideradas mais relevantes acompanhado de uma discussão da sua relevância para a aquisição de novas competências capazes de melhorar o desempenho profissional como docente.

Num derradeiro momento reflete-se, em jeito de conclusão, sobre a contribuição que todas estas atividades tiveram na aquisição e desenvolvimento de competências profissionais, e ainda sobre o impacto que a preparação deste Relatório teve na prática docente, uma vez que a prévia reflexão acerca do que já havia sido feito trouxe, também, um pouco de nostalgia e a vontade de fazer sempre mais e melhor.



## **ABSTRACT**

This Professional Activity Report aims to describe what was most relevant produced along almost fourteen years of teaching activity, for the purposes set in the Dispatch RT-38/2011.

For the "scientific framework of the activity developed in the effective exercise of teaching duties" was selected the area of Physics and the theme "Optical Phenomena Observable in the atmosphere." This choice is related, in a first and main instance, with the perception/assurance that this is a very interesting and motivating context for learning the theories that explain such phenomena. In addition to the now exposed reason, there is a personal fascination with the subject in question, which can be exploited either in teaching the contents and targets included in the 8<sup>th</sup> grade of the 3<sup>rd</sup> cycle of basic education, or when the explanation of the 11<sup>th</sup> grade programme of secondary education, as well as one of the Professional Education modules. In the context of the Scientific Framework, some fundamental concepts about the nature of light and the laws governing its spread are presented, afterwards, to explore some optical phenomena visible in Earth's atmosphere, particularly the rainbow, halos and mirages.

Then, the presentation and discussion of the various projects and activities developed in the teaching activity are made and that involved the direct engagement of students. The next chapter presents a summary of the training activities considered most relevant, followed by a discussion of their relevance to the acquisition of new skills that improve professional performance as a teacher.

In a final moment, in conclusion, it is reflected on the contribution that all these activities had in the acquisition and development of professional skills, and also on the impact that the preparation of this Report has had on teaching practice, since the previous reflection on what it had been done brought also a bit of nostalgia and the desire to do more and better.





## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE .....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS .....	xi
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1 - Enquadramento .....	1
2 - Organização do trabalho .....	1
<b>CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO CIENTÍFICO .....</b>	<b>3</b>
1 - Introdução .....	3
2 - Natureza da luz .....	4
2.1 - Introdução .....	4
2.2 - Teoria corpuscular da luz .....	5
2.3 - Teoria ondulatória da luz .....	6
2.4 - A dualidade onda-partícula .....	7
2.5 - Espectro eletromagnético .....	11
3 - Conceitos Óticos .....	12
3.1 - Reflexão e refração .....	12
3.2 - Prismas e a dispersão .....	15
4 - Fenómenos óticos observáveis na atmosfera .....	20
4.1 - Introdução .....	20
4.2 - Arco-íris .....	20
4.3 - Halos .....	44
4.4 - Miragens .....	55
5 - Conclusão .....	64
<b>CAPÍTULO 3 - ATIVIDADE PROFISSIONAL .....</b>	<b>65</b>
1 - Experiência profissional .....	65
2 - Projetos desenvolvidos .....	67
2.1 - Projetos em sala de aula .....	67
2.2 - Projetos extra sala de aula .....	70

<b>CAPÍTULO 4 - FORMAÇÕES .....</b>	<b>75</b>
1 - Introdução .....	75
2 - Ações de formação, cursos, workshops, encontros e respectiva relevância .....	75
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
ÍNDICE DOS APÊNDICES .....	81
ANEXOS .....	177

## **LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS**

GAVE - Gabinete de Avaliação Educacional

IAVE - Instituto de Avaliação Educativa

RED - Recursos Educativos Digitais

IBSE - *Inquiry-based Science Education*

AdEPORTo - Agência de Energia do Porto

ABAE - Associação Bandeira Azul da Europa

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente



## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1 - Enquadramento**

Este relatório de atividade profissional enquadra-se no âmbito do Mestrado em Ciências - Formação Contínua de Professores - área de especialização em Física e Química e no ponto 3 do Despacho RT - 38/2011 da Universidade do Minho.

Reveste-se de um estímulo cumprir o desafio de fazer a retrospectiva de catorze anos de carreira docente, bem como elaborar um epitome, com o devido rigor científico, de um tema da área da Física ou da Química e o respetivo enquadramento do mesmo na atividade docente.

### **2 - Organização do trabalho**

O primeiro desafio prendeu-se com a seleção do tema a aprofundar, um tema na área da Física ou da Química. Acabou por ser facilmente ultrapassado, uma vez que, quando se tem uma grande proximidade com a Natureza, é fácil perceber o interesse em compreendê-la. Nada pode ser mais atraente do que conhecer o Mundo em que vivemos e contribuir para desvendar os seus "segredos". A palavra física provém do grego (φύσις), que significa natureza e transformou-se historicamente no termo utilizado hoje para designar o estudo dos fenómenos naturais. Daí que, para o Enquadramento Científico deste trabalho, tenha sido selecionado o tema "Luz", mais especificamente os "Fenómenos Óticos Observáveis na Atmosfera".

Assim, após a explicitação das razões subjacentes à escolha do tema deste relatório, no capítulo 2 encetar-se-á pelo devido enquadramento científico do argumento escolhido, fazendo parte deste uma introdução referente à natureza da luz, a explicação de alguns conceitos relacionados com ótica (os necessários ao tema selecionado) e a explicação de três fenómenos óticos observáveis na atmosfera, os arco-íris, os halos e as miragens. No capítulo 3, é feita uma pequena jornada pela atividade profissional, mais concretamente pelas instituições de ensino onde foi exercida a atividade docente, e por alguns dos projetos desenvolvidos dentro e fora da sala de aula. O capítulo 4 pretende apresentar as formações mais relevantes aquando do aludido percurso profissional. Posteriormente, far-se-á uma reflexão aglutinadora dos tópicos e dos objetivos desenvolvidos ao longo do presente relatório da atividade profissional.



## **CAPÍTULO 2 - ENQUADRAMENTO CIENTÍFICO**

### **1 - Introdução**

Na atividade como docente é suposto "Promover a formação e realização integral dos alunos, estimulando o desenvolvimento das suas capacidades, a sua autonomia e criatividade." **[1]**, nomeadamente na área das Ciências e em particular na Física. A curiosidade dos alunos é um facilitador para se atingir tais objetivos. Os fenómenos óticos observáveis na atmosfera são apenas um exemplo de temas, que naturalmente, despertam a curiosidade dos alunos e a vontade de os perceber. Como para os perceber é necessário primeiro a aquisição e compreensão das leis e princípios da ótica, consegue-se assim alcançar o objetivo geral, compreender a Física e as respetivas aplicações no dia a dia.

Como ponto de partida e motivação para a abordagem dos conteúdos das disciplinas a lecionar, é habitual introduzir-se os temas com questões problema. Quando se trata do domínio "Luz", que faz parte do programa do 8.º ano de escolaridade, essas questões problema são por vezes relacionadas com fenómenos óticos observáveis na atmosfera. Nesse ano de escolaridade, esse domínio tem dois objetivos gerais **[2]**:

1. Compreender fenómenos do dia a dia em que intervém a luz (visível e não visível) e reconhecer que a luz é uma onda eletromagnética, caracterizando-a;
2. Compreender alguns fenómenos óticos e algumas das suas aplicações e recorrer a modelos da ótica geométrica para os representar;

No 11.º ano do Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, no domínio "Ondas e eletromagnetismo" também se aborda a temática, tendo este como objetivo geral **[3]** "Compreender a produção de ondas eletromagnéticas e caracterizar fenómenos ondulatórios a elas associados; fundamentar a sua utilização, designadamente nas comunicações e no conhecimento da evolução do Universo."

No ensino profissional, um dos módulos também é dedicado à Luz. Trata-se do módulo F3 "Luz e Fontes de Luz" com as extensões E1.F3 "Ótica Geométrica" e E2.F3 "Ótica Ondulatória e Ótica Quântica" **[4]**.

Apesar de ser feita a referência aos novos programas do currículo nacional, quer do 3.º ciclo do ensino básico quer do ensino secundário, o tema Luz, nos anteriores programas, era também abordado nos mesmos anos de escolaridade. Um aspeto importante que serve de fio condutor na

planificação das atividades letivas vai ao encontro das orientações curriculares, que indicam que "...os conteúdos deverão ser integrados, sempre que possível e adequado, numa perspectiva de ligação com a sociedade, que tão transformada tem sido pela ciência e pela tecnologia, e com o dia a dia dos alunos." [2].

## **2 - Natureza da luz**

### **2.1 - Introdução**

*"No princípio, Deus criou os céus e a Terra. A Terra, porém, estava informe e vazia, as trevas cobriam o abismo, e o Espírito de Deus pairava sobre as águas. Deus disse: Faça-se a Luz! – e a Luz fez-se."*

*Gênesis, I, 1-3*

Desde a antiguidade que o Homem se questiona acerca da natureza da luz. De facto, torna-se imprescindível esse conhecimento para o desenvolvimento de diversos ramos da Ciência e para dar resposta à sempre insatisfação humana de querer saber mais e o porquê das coisas que nos rodeiam, ou não seria esse o grande objetivo da Física como Ciência.

A luz é um dos ingredientes básicos da vida na Terra. Considere-se, por exemplo, a importância da luz solar no processo de fotossíntese. Por outro lado, a luz é cada vez mais utilizada para a transmissão de informação entre os seres vivos e para o conhecimento da essência do Universo e da humanidade em particular.

Mas então o que será a luz? Esta questão aparentemente simples demorou séculos a ter uma resposta satisfatória. Entre os séculos XVII e XIX, filósofos e cientistas utilizaram duas teorias para a luz, uma designada por "teoria corpuscular" e outra por "teoria ondulatória".

No início do século XX, Albert Einstein e outros físicos mostraram que a luz, o espaço e o tempo tinham características que só podiam ser compreendidas através de equações matemáticas. A luz tem simultaneamente propriedades das ondas (velocidade, comprimento de onda e frequência) e das partículas (por exemplo, numa colisão, uma partícula de luz, um fóton, é capaz de "arrancar" um eletrão de um átomo). Estas novas ideias aparentemente estranhas só tiveram aceitação porque, além de descreverem satisfatoriamente um grande número de fenómenos já conhecidos, foram utilizadas para fazer previsões que se vieram a verificar certas.



## 2.2 - Teoria corpuscular da luz

Em 1672, o físico inglês Isaac Newton (1643-1727) apresentou uma teoria, conhecida hoje como modelo corpuscular da luz. Nesta teoria a luz era considerada como um feixe de partículas emitidas por uma fonte de luz. Esta teoria conseguia explicar muito bem alguns fenômenos de propagação da luz, como a reflexão e a refração, já conhecidos na época. Foi só em 1704 que publicou a sua teoria, juntamente com outras, no livro *Opticks*, que se tornou durante bastante tempo numa obra de referência para a descrição das características da luz. Diz-se que Newton esteve à espera que Robert Hooke (1635-1703) morresse para publicar a sua obra, já que Hooke era um defensor da teoria ondulatória da luz e chegou a afrontar diretamente Newton durante um encontro da *Royal Society of London*.

## 2.3 - Teoria ondulatória da luz

A teoria ondulatória afirma que a luz é uma onda, assim como o som.

Cristian Huygens (1629-1695), em 1670, mostrou que as leis da reflexão e refração podiam ser explicadas a partir de uma teoria ondulatória. Huygens concebia a luz na forma de uma perturbação mecânica que se propagava através de forças de contato entre corpúsculos, tal como ocorre com o som. Esse modelo ondulatório (mecânico) foi exposto na obra *Traité de la Lumière*, publicada em 1690, na qual foi enunciado também pela primeira vez o que viria a ser conhecido por princípio de Huygens<sup>1</sup>. Por várias razões, a teoria ondulatória da luz acabou por não ter um grande acolhimento na comunidade científica da época. Após a morte de Huygens e com o sucesso da mecânica de Newton, a popularidade da teoria ondulatória entrou em declínio.

Só no século XIX é que as experiências de Thomas Young (1773-1829) e Augustin Fresnel (1788-1827), sobre interferência, e as medidas da velocidade da luz em líquidos, realizadas pelo cientista francês Jean Léon Foucault (1819-1868), demonstraram a existência de fenômenos óticos nos quais a teoria corpuscular não se aplicava, mas sim uma teoria ondulatória. Em 1801, Young calculou aproximadamente o comprimento de onda da luz e introduziu o conceito de interferência, que pode ser considerado como um princípio de sobreposição linear de ondas. Combinando este

---

<sup>1</sup> Cada ponto de uma frente de onda primária constitui uma fonte para ondas esféricas secundárias, e a posição da frente de onda primária num instante posterior é determinada pela envolvente de todas estas ondas secundárias, que se propagam com velocidade e frequência igual à da onda primária [5].

princípio com a teoria de Huygens, Fresnel estudou a difração da luz por vários objetos. Nessa altura pensava-se que a luz era constituída por ondas longitudinais. No entanto, foi o fenómeno da polarização que levou Young a admitir que a luz era uma onda transversal.

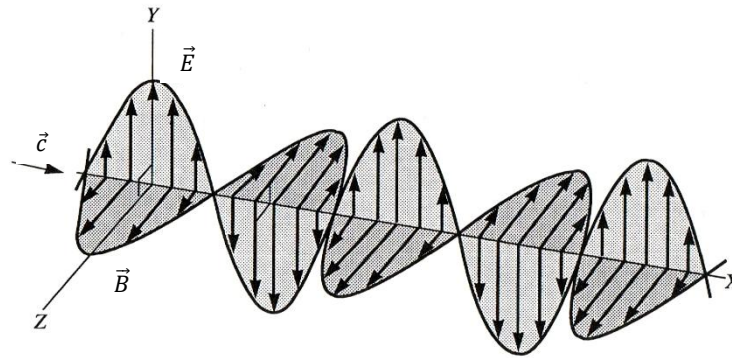
Foucault, medindo a velocidade da luz em diferentes meios (ar/água), verificou que a velocidade da luz era maior no ar do que na água, contradizendo a teoria corpuscular que considerava que a velocidade da luz na água deveria ser maior do que no ar (Newton não tinha condições, na época, de medir a velocidade da luz).

Na segunda metade do século XIX, James Maxwell (1831-1879), mostrou que a luz era um fenómeno ondulatório de natureza eletromagnética. Calculou que as ondas eletromagnéticas se propagariam no espaço com uma velocidade de cerca de  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s, um resultado que era igual ao valor obtido experimentalmente para a velocidade da luz.

Entre 1885 e 1889, o físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894) produziu e detetou ondas eletromagnéticas no seu laboratório, confirmando assim e de forma definitiva a teoria de Maxwell, que previa a existência dessas ondas. Hertz nas suas experiências estudou a reflexão, a refração, a polarização e a interferência das ondas eletromagnéticas. Mediu também a sua velocidade de propagação, verificando ser a mesma que a da luz, e estabeleceu a relação entre as ondas eletromagnéticas e a luz. Estas descobertas abriram caminho para novas formas de comunicar a grandes distâncias. Assim, a partir de uma onda eletromagnética é possível transmitir um sinal de um lugar para outro, através de um campo eletromagnético dependente do tempo.

Maxwell, depois de introduzir na lei de Ampère um termo dependente da derivada do campo elétrico, para garantir a conservação da carga, mostrou que as leis de Ampère, Faraday e Gauss, juntamente com a Lei de Gauss para o campo de indução magnética ser nulo, formavam um sistema de equações que definiam de forma consistente o campo eletromagnético.

As ondas eletromagnéticas são produzidas por fontes constituídas por cargas elétricas em movimento não uniforme. Uma vez produzidas, propagam-se a partir da fonte e independentemente desta, a uma velocidade de aproximadamente  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s, no vazio. As equações de Maxwell para o campo eletromagnético no vazio, admitem um campo elétrico,  $\vec{E}$ , e um campo magnético,  $\vec{B}$  perpendiculares entre si e à direção de propagação (figura 1).



**Figura 1:** Onda eletromagnética plana que se propaga no sentido positivo do eixo X - figura adaptada de [6].

Uma vez que para a explicação dos fenômenos óticos apresentados na secção seguinte não é necessária uma descrição pormenorizada da teoria eletromagnética, vamos apenas elencar as principais características das ondas eletromagnéticas, sendo estas:

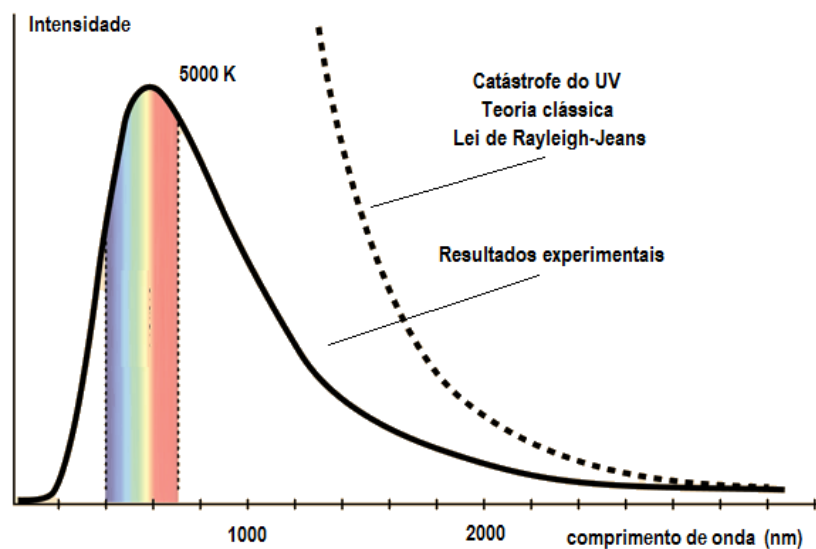
- cargas elétricas em movimento variado originam ondas eletromagnéticas;
- as ondas eletromagnéticas são transversais;
- ao contrário do que acontece com as ondas mecânicas, nas eletromagnéticas não são as partículas do meio que oscilam, mas sim os campos  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$ ;
- os campos  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  são perpendiculares entre si e à direção de propagação, como já foi referido;
- a onda propaga-se na direção e sentido determinados pelo produto vetorial entre  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  ( $\vec{E} \wedge \vec{B}$ );
- a razão entre os módulos dos campos  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  é constante; isso significa que os campos oscilam em fase - quando  $\vec{E} = \vec{0}$  necessariamente  $\vec{B} = \vec{0}$  e quando  $\vec{E}$  é máximo  $\vec{B}$  também é;
- não é necessário nenhum meio material para que as ondas eletromagnéticas se propaguem; estas propagam-se no vácuo à velocidade  $c$ ;
- as ondas eletromagnéticas obedecem ao princípio da sobreposição.

## 2.4 - A dualidade onda-partícula

A escola Pitagórica, principalmente com Platão (427-347 a.C.), acreditava que qualquer objeto visível emitia uma corrente constante de partículas luminosas, que eram recebidas pelos nossos olhos. Pelo contrário, Aristóteles (384-322 a.C.), acreditava que saía dos nossos olhos uma onda vibratória que atingia os objetos que os tornava visíveis. Aristóteles foi talvez o primeiro a adotar a natureza ondulatória da luz.

Com as equações básicas do eletromagnetismo, Maxwell mostrou que a luz seria um fenômeno ondulatório de natureza eletromagnética.

Apesar da teoria clássica do eletromagnetismo, desenvolvida por Maxwell, ser capaz de descrever a maior parte das características da luz, ela não conseguia explicar alguns resultados experimentais obtidos já no final do século XIX. Um desses resultados experimentais era o espectro de emissão do corpo negro, cujas medições não estavam de acordo com as leis até então formuladas. Para comprimentos de onda elevados os dados experimentais "encaixavam" na teoria vigente, no entanto, para comprimentos de onda menores havia uma grande discordância. Essa discordância entre resultados e teoria passou a ser conhecida como "catástrofe do ultravioleta", uma vez que é principalmente na região do UV do espectro eletromagnético que os resultados são mais dispares (figura 2).



**Figura 2:** Curva de radiação do corpo negro. Discrepância entre a teoria clássica e a teoria de Planck - figura adaptada de [7].

Uma boa aproximação de um corpo negro, em laboratório, é uma cavidade fechada com um pequeno orifício numa das paredes [5]. A radiação que entra pela cavidade tem baixa probabilidade de sair, sendo assim praticamente toda absorvida. No entanto, a cavidade aquecida emite energia através do orifício, sendo que essa energia depende da sua temperatura absoluta. Verifica-se experimentalmente que em resultado da variação da temperatura do corpo negro ocorre a emissão de radiação com diferentes comprimentos de onda. O comprimento de onda para o qual a emissão é máxima, evolui do infravermelho para o visível, com o aumento da temperatura. Relativamente à

percepção humana e mais especificamente ao olho, com o aumento da temperatura de um corpo verifica-se que este aparece vermelho, depois o amarelo, o branco e finalmente, para temperaturas elevadas, o branco azulado.

Muitos foram os que no século XIX estudaram a teoria do corpo negro. Em 1879, Josef Stefan (1835-1893) verificou que a intensidade da radiação emitida por um corpo negro era proporcional à quarta potência da sua temperatura absoluta. Uns anos mais tarde, Ludwig Boltzmann (1844-1906), deduziu a lei que hoje conhecemos como Lei de Stefan-Boltzmann,

$$I = \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

em que  $I$  é a intensidade da radiação emitida (em  $W/m^2$ ),  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann cujo valor é  $(5,6697 \pm 0,0029) \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$  e  $T$  é a temperatura absoluta do corpo negro em kelvin.

Mais tarde, em 1893, no que foi considerado como o último notável sucesso na teoria clássica do corpo negro, o físico alemão Wilhelm Wien (1864-1928) mostrou a dependência do comprimento de onda para a intensidade máxima da radiação emitida, com a temperatura absoluta a que um corpo é sujeito. Essa relação pode ser apresentada segundo a expressão 2, conhecida como deslocamento de Wien.

$$\lambda_{\text{máx.}} \cdot T = 2,8978 \times 10^{-3} \text{ m.K} \quad (2)$$

Todas estas teorias clássicas só conseguiram sucessos parciais na descrição dos resultados experimentais e na curva da figura 2, sem conseguir explicá-los. Nem mesmo os trabalhos de Lord Rayleigh (John William Strutt) (1824-1919) e Sir James Jeans (1877-1946) com a expressão deduzida, a fórmula de Rayleigh-Jeans, resolveram a disparidade nos resultados encontrados para pequenos comprimentos de onda.

No ano de 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947) deduziu uma equação que estava plenamente de acordo com os resultados experimentais. Para isso, e após abandonar outras hipóteses, considerou que os átomos das paredes do forno se comportavam como osciladores carregados e que esses só poderiam emitir ou absorver quantidades discretas de energia proporcionais à frequência de oscilação do átomo. Essas quantidades discretas de energia, os quanta

(do latim *quantum* que significa quantidade), passaram a ser chamados mais tarde de fótons<sup>2</sup>. Segundo Planck, a energia de um fóton é proporcional à frequência,  $\nu$ , da onda eletromagnética,

$$E = h \cdot \nu \quad (3)$$

onde  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s hoje conhecida como constante de Planck. Por sua vez, a frequência relaciona-se com o comprimento de onda,  $\lambda$ , da seguinte forma:

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (4)$$

É também a experiência do efeito fotoelétrico, descoberto por Hertz, uma prova da existência dos fótons como unidades elementares da radiação eletromagnética. Esse efeito consiste na ejeção de elétrons por um metal cuja superfície é exposta à luz. As observações experimentais revelam que a energia cinética dos elétrons emitidos pelo metal não depende da intensidade da luz, o que contraria as previsões baseadas na teoria ondulatória. A explicação deste fenómeno foi dada pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955), em 1905, que usou o conceito de quantização da energia proposto por Planck em 1900. Este fenómeno conjuga algumas noções, quer da teoria ondulatória quer da teoria corpuscular da luz. De facto, o efeito fotoelétrico é o resultado da transferência de energia entre um dado fóton e um elétron do metal. Ou seja, um elétron interage com um fóton como se ele fosse uma partícula. Contudo, esse fóton apresenta também características próprias de uma onda, como por exemplo a energia que é determinada pela frequência, grandeza tipicamente ondulatória.

Graças ao desenvolvimento da teoria quântica, sabe-se hoje que qualquer partícula pode exibir igualmente propriedades ondulatórias. De facto, e segundo Luis de Broglie (1892-1987), uma partícula com momento linear,  $p$ , tem associado um comprimento de onda,  $\lambda$ , dado por:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (5)$$

A confirmação experimental da teoria de Luis de Broglie aconteceu durante os anos de 1927-1928, com a observação do fenómeno da difração a partir de um feixe de elétrons.

Nessa época (entre 1925 e 1930) a teoria quântica desenvolveu-se rapidamente com a mecânica ondulatória de Erwin Schrödinger (1887-1961) e a mecânica matricial de Werner Heisenberg (1901-1976). A equivalência entre as duas teorias foi demonstrada por John Von

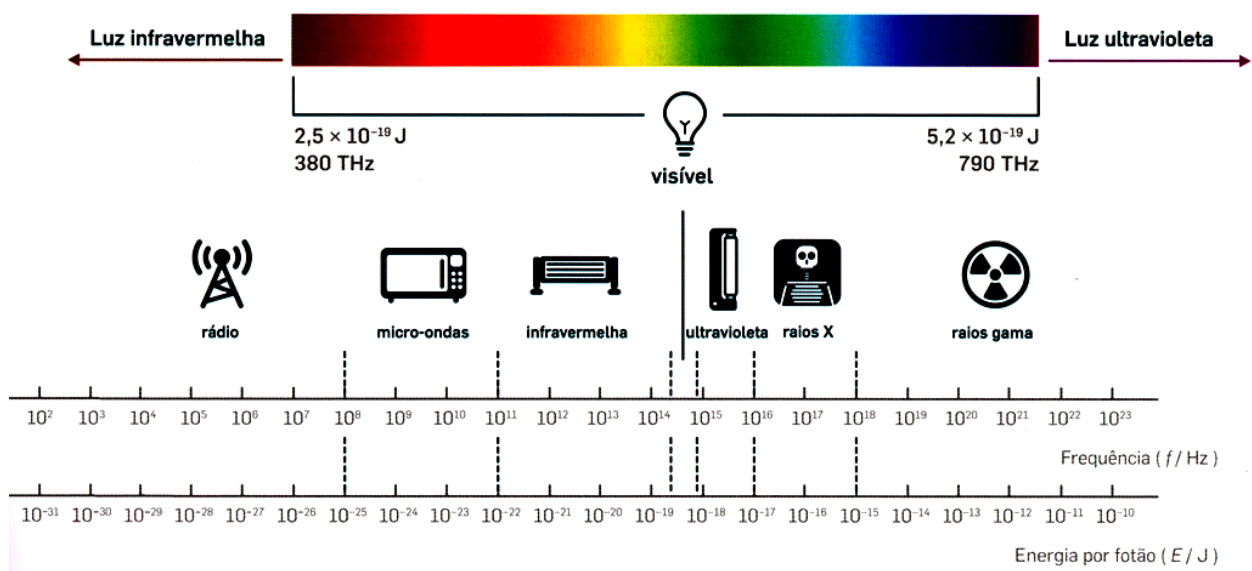
---

<sup>2</sup> Designação atribuída por Gilbert Lewis em 1926.

Neumann (1903-1957). Niels Bohr (1885-1962), em 1928, com o princípio da complementaridade refere que a natureza da matéria e radiação é dual e os aspetos ondulatório e corpuscular não são contraditórios, mas complementares. Daí o nome do seu princípio. A natureza corpuscular e a natureza ondulatória da luz são ambas detetáveis experimentalmente, por exemplo, a primeira na experiência do efeito fotoelétrico e a segunda em experiências de difração.

## 2.5 - Espectro eletromagnético

Ao conjunto de todas as radiações eletromagnéticas, tanto visíveis como invisível ao olho humano, chama-se espectro eletromagnético (figura 3). A luz branca é policromática (inclui todas as cores do espectro da luz visível) e pode ser decomposta em luzes monocromáticas.



**Figura 3:** Espectro eletromagnético [8].

As ondas eletromagnéticas podem ser emitidas num amplo intervalo de frequências. Como já vimos com as equações 3 e 4, as ondas podem ser caracterizadas pela sua frequência, comprimento de onda ou energia, grandezas estas relacionadas entre si. No **Apêndice 1** apresenta-se uma tabela com a classificação habitual das ondas eletromagnéticas no espectro bem como algumas aplicações e forma de as originar. A classificação não possui limites bem definidos, pois diferentes fontes podem produzir ondas cujos intervalos de frequência se sobrepõem.

### 3 - Conceitos Óticos

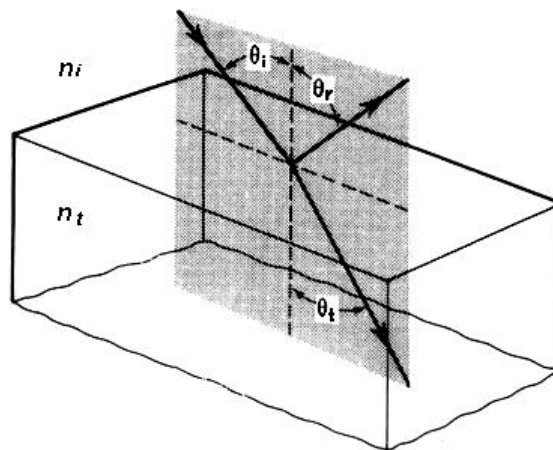
#### 3.1 - Reflexão e refração

A figura 4 mostra-nos o que acontece quando um raio luminoso, num meio de índice de refração  $n_i$ , encontra uma superfície de separação com um outro meio de índice  $n_t$ . Vamos ter, portanto, um raio incidente, um refletido e outro refratado. Considerando-se uma linha imaginária perpendicular à interface de separação dos dois meios, denominada de normal, o ângulo entre o raio incidente e a normal designa-se de ângulo de incidência,  $\theta_i$ , o ângulo entre o raio refletido e a normal designa-se de ângulo de reflexão,  $\theta_r$  e o ângulo entre o raio refratado e a normal de ângulo de refração,  $\theta_t$ .

O índice de refração de um meio, relativamente ao vazio, é dado pela expressão,

$$n = \frac{c}{v} \quad (6)$$

onde  $c$  é a velocidade da luz no vazio e  $v$  a velocidade da luz no meio considerado.



**Figura 4:** Reflexão e refração numa interface plana - figura adaptada de [9].

A tabela 1 apresenta os índices de refração de alguns meios óticos bem nossos conhecidos. A dependência de  $n$  com o comprimento de onda da luz tem como consequência o efeito da dispersão (secção 3.2). Além disso, a temperatura e no caso dos gases a pressão, afetam o índice de refração do meio.



**Tabela 1:** Índices de refração para diferentes meios medidos com a risca D do sódio (589,29 nm). Os gases encontram-se a 0 °C e a 1 atm, os líquidos a 20 °C e os sólidos à temperatura ambiente - tabela adaptada de [5].

Meio	Índice de refração	Meio	Índice de refração
Vácuo	1,000	Álcool etílico	1,361
Ar	1,000293	Cloreto de sódio	1,50
Água	1,333	Diamante	2,419

Surge assim a necessidade de enunciar as seguintes leis fundamentais da ótica geométrica.

### **Lei da reflexão**

Quando um raio de luz é refletido na interface que separa dois meios uniformes, o raio refletido permanece no plano de incidência, e o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência. O plano de incidência é o que contém o raio incidente e a normal à interface no ponto de incidência. Matematicamente,

$$\theta_i = \theta_r \quad (7)$$

### **Lei da refração (lei de Snell-Descartes)**

Quando um raio de luz é refratado na interface que separa dois meios homogêneos, de índices  $n_i$  e  $n_t$ , o raio transmitido permanece no plano de incidência, e o seno do ângulo de refração é proporcional ao seno do ângulo de incidência. A equação 8 é geralmente conhecida como Lei de Snell-Descartes.

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t \quad (8)$$

Esta lei pode ainda ser escrita na forma,

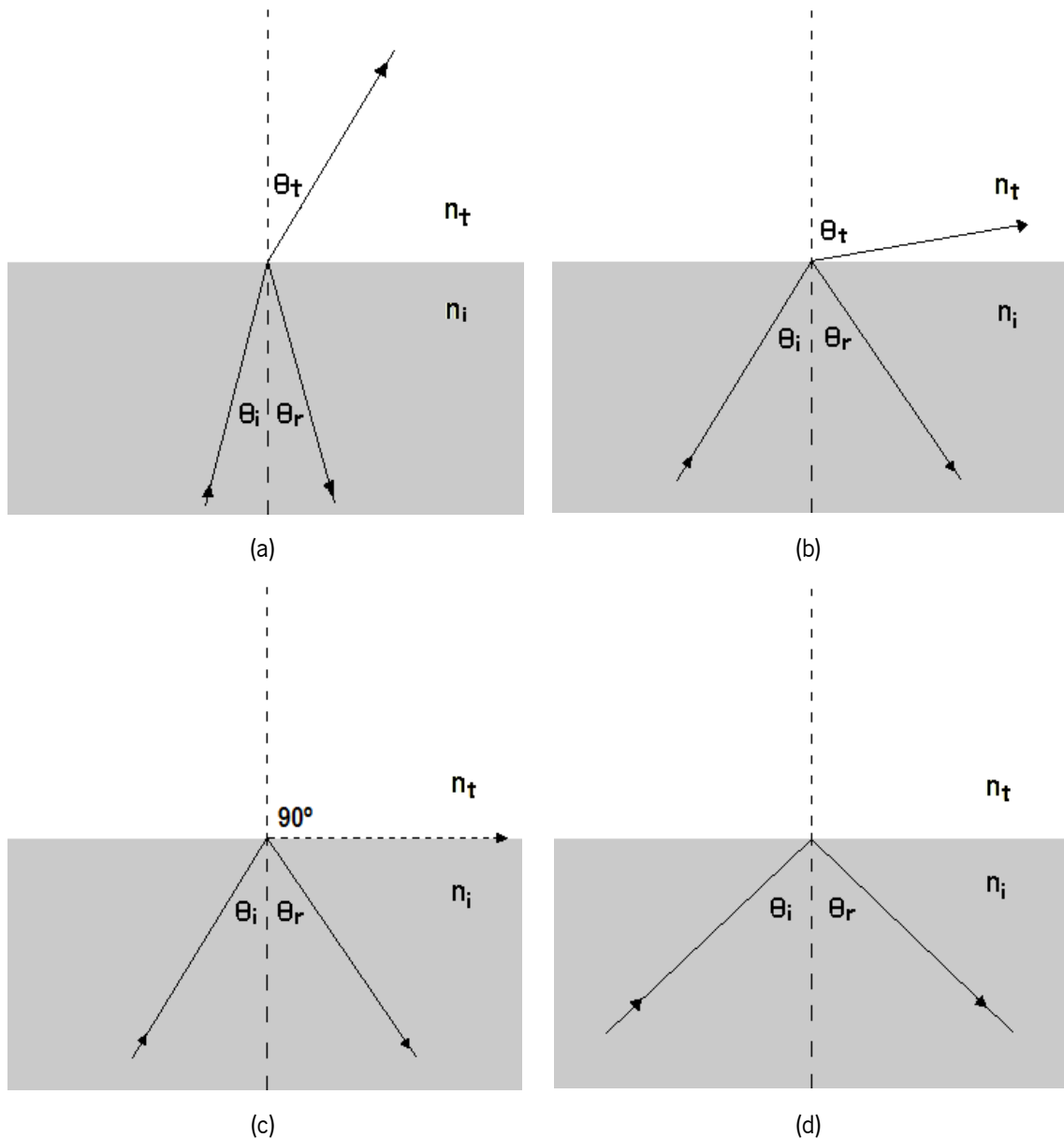
$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = n_{ti} \quad (9)$$

em que  $n_{ti}$  é a razão entre os índices de refração do meio  $t$  e do meio  $i$ .

Para se compreender melhor alguns dos fenômenos explicados no trabalho, tais como os arco-íris, tem de se compreender o que ocorre a um raio luminoso quando este, no interior de uma

gota de água, se reflete totalmente para depois dela sair. Para isso, há a necessidade de se introduzir a noção de *reflexão interna total*.

Diz-se que há reflexão interna quando  $n_i > n_t$ . No entanto e para que essa reflexão interna seja total, é também necessário que o ângulo de incidência seja igual ou superior a um ângulo crítico. Para se compreender melhor a reflexão interna total, considere-se uma fonte luminosa no seio de um meio opticamente denso e faça-se  $\theta_i$  aumentar gradualmente, como se representa na figura 5.



**Figura 5:** Reflexão interna total: (a) e (b) representam o aumento gradual de  $\theta_i$  na reflexão interna e consequente aproximação do raio transmitido à interface de separação entre os meios; em (c)  $\theta_i = \theta_c$  e  $\theta_t = 90^\circ$  e em (d)  $\theta_i > \theta_c$  onde se verifica a reflexão interna total.

À medida que  $\theta_i$  aumenta, o raio transmitido vai-se aproximar cada vez mais da tangente à superfície de separação entre os meios, e é cada vez maior a energia transportada pelo feixe refletido. Quando  $\theta_t = 90^\circ$  [figura 5 (c)], pela equação 8 e sendo  $\sin \theta_t = 1$ , obtém-se  $\sin \theta_i = n_t/n_i$ . Como  $\theta_i = \theta_c$ ,

$$\sin \theta_c = n_t/n_i \quad (10)$$

O *ângulo crítico* é o valor particular de  $\theta_i$  para o qual  $\theta_t = 90^\circ$ . Para ângulos de incidência iguais ou superiores a  $\theta_c$ , toda a energia incidente é refletida para o meio de incidência no processo conhecido como *reflexão interna total* [5].

### 3.2 - Prismas e a dispersão

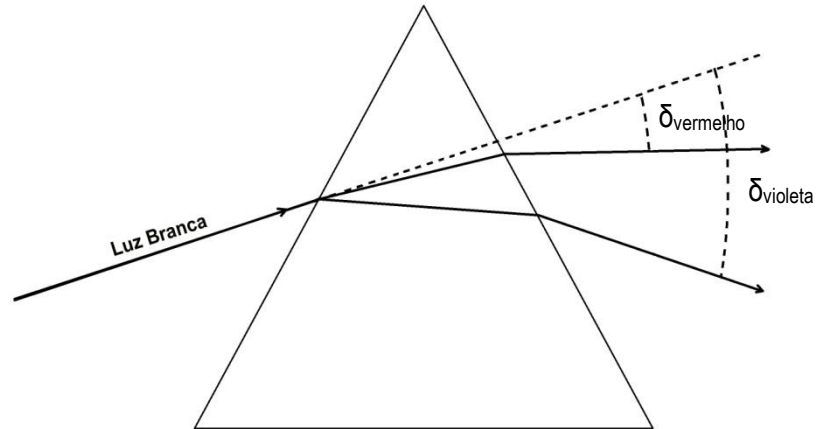
Os prismas óticos podem ser utilizados para as mais variadas funções. Através de diferentes combinações de prismas podemos obter polarizadores, divisores de feixes e interferómetros. Uma das funções mais frequentes é o controlo da orientação de uma imagem ou da direção de propagação de um feixe. Outra função consiste em servir como elemento dispersivo, isto é, ser capaz de separar as ondas de diferentes frequências que constituem um feixe de luz policromática. Este é um fenómeno análogo ao que se verifica na maioria dos fenómenos óticos atmosféricos e ocorre pelo facto do índice de refração depender do comprimento de onda da radiação. Existe uma grande variedade de prismas, os quais apresentam características diferentes entre si; por exemplo, existem prismas não dispersivos de inversão, de reversão e de desvio de feixe.

#### ***Prismas de dispersão***

Estes prismas podem ser de vários tamanhos e formas. São os mais importantes para ajudar a compreender o que ocorre a um feixe de luz numa gota de água para originar um arco-íris.

Relatórios de missionários vindos da Ásia, no início do século XVII, indicavam que os prismas eram já bem conhecidos devido à sua capacidade de produzir cor. Contudo, foi a 6 de fevereiro de 1672 que Sir Isaac Newton apresentou à *Royal Society* um estudo aprofundado do que ocorre à luz branca quando atravessa um prisma. Um feixe de luz branca é separado em cada uma das suas componentes, dando origem ao espectro de cores do visível. Na prática, verifica-se que um feixe de luz branca com um ângulo de incidência bem conhecido dá origem a múltiplos feixes com diferentes

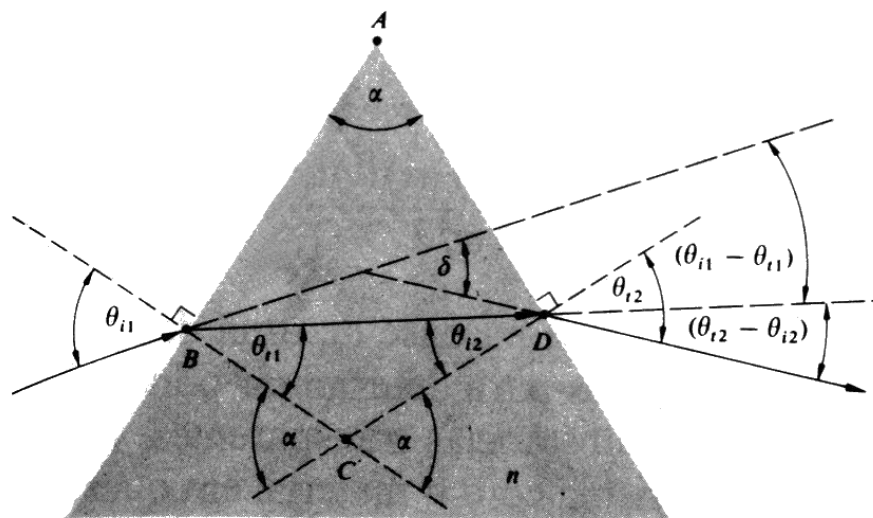
ângulos de desvio,  $\delta$ . Esses ângulos são medidos relativamente à direção do raio incidente. A figura 6 demonstra esquematicamente o fenômeno em que  $\delta_{\text{vermelho}}$  e  $\delta_{\text{violeta}}$  são, respectivamente, os desvios angulares para a luz vermelha e para a luz violeta. Entre o vermelho e o violeta surgem as restantes cores, ou melhor, o espectro contínuo da região do visível do espectro eletromagnético (secção 2.5).



**Figura 6:** Dispersão da luz branca por um prisma.

Esses desvios angulares são devidos a duas refrações. Na primeira superfície de separação o raio é desviado de  $\theta_{i1} - \theta_{t1}$  (figura 7), seguida da segunda refração em que o raio volta a ser desviado de  $\theta_{i2} - \theta_{t2}$ . O desvio total,  $\delta$ , vai ser a adição destes dois desvios.

$$\delta = (\theta_{i1} - \theta_{t1}) + (\theta_{i2} - \theta_{t2}) \quad (11)$$



**Figura 7:** Geometria de um prisma de dispersão [5].

Sendo  $\theta_{t1}$  e  $\theta_{t2}$  ângulos interiores ao prisma, não será muito fácil medi-los experimentalmente. Assim, torna-se necessário exprimir estas quantidades em função de outros parâmetros.

Usando a geometria e observando a figura 7, é possível obter as seguintes relações,

$$\alpha = \theta_{t1} + \theta_{t2} \quad (12)$$

$$\delta = \theta_{i1} + \theta_{t2} - \alpha \quad (13)$$

em que a última exprime  $\delta$  em função do ângulo de incidência  $\theta_{i1}$  e do ângulo do prisma  $\alpha$ . Estas duas grandezas já são fáceis de determinar experimentalmente. Se o índice de refração do prisma for  $n$  e este estiver imerso no ar ( $n_{ar} \cong 1$ ), pela lei de Snell:

$$\theta_{t2} = \sin^{-1}[n \cdot \sin(\alpha - \theta_{t1})] \quad (14)$$

Desenvolvendo matematicamente esta expressão, procedendo às substituições adequadas e usando novamente a lei de Snell, obtém-se,

$$\theta_{t2} = \sin^{-1} \left[ (\sin \alpha) \left( n^2 - \sin^2 \theta_{i1} \right)^{1/2} - \sin \theta_{i1} \cos \alpha \right] \quad (15)$$

Obtém-se assim uma expressão para  $\theta_{t2}$ , expressa em função de  $\alpha$  e  $\theta_{i1}$ , grandezas facilmente obtidas através de medições.

Recorrendo à expressão 13, o desvio é dado por:

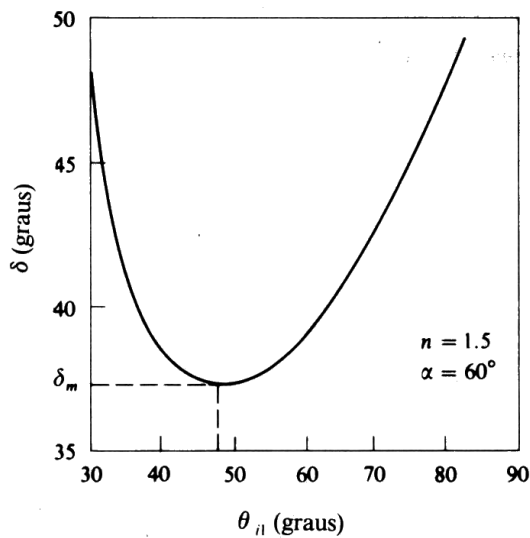
$$\delta = \theta_{i1} + \sin^{-1} \left[ (\sin \alpha) \left( n^2 - \sin^2 \theta_{i1} \right)^{1/2} - \sin \theta_{i1} \cos \alpha \right] - \alpha \quad (16)$$

Ao analisar a expressão 16, constata-se que o desvio sofrido por um feixe monocromático, ao atravessar um prisma (em que  $n$  e  $\alpha$  são fixos) depende unicamente do ângulo de incidência na primeira superfície,  $\theta_{i1}$ . Representando graficamente o desvio  $\delta$  em função do ângulo  $\theta_{i1}$  (figura 8), verificamos que a função tem um valor mínimo para o desvio. Este valor designa-se por *desvio*

mínimo ( $\delta_m$ ) e tal como se pode verificar graficamente, apenas ocorre para um valor do ângulo de incidência  $\theta_{i1}$ . O valor de  $\delta_m$  é bastante útil na prática e pode ser determinado analiticamente anulando a derivada de ambos os membros da equação 16 em ordem a  $\theta_{i1}$ , isto é,

$$\frac{d\delta}{d\theta_{i1}} = 0. \quad (17)$$

Analiticamente conclui-se [5] também que quando há desvio mínimo  $\theta_{i1} = \theta_{t2}$ , e conseqüentemente,  $\theta_{t1} = \theta_{i2}$ . Isto significa que na condição de desvio mínimo o raio atravessa o prisma paralelamente à base deste.



**Figura 8:** Desvio angular em função do ângulo de incidência num prisma com  $n = 1,5$  e  $\alpha = 60^\circ$  [5].

Quando  $\delta = \delta_m$ , as equações 12 e 13 tomam a forma:

$$\theta_{t1} = \frac{\alpha}{2} \quad (18)$$

$$\theta_{i1} = \frac{(\delta_m + \alpha)}{2} \quad (19)$$

Aplicando a Lei de Snell ao primeiro dióptro obtém-se:

$$n = \frac{\sin\left[\frac{(\delta_m + \alpha)}{2}\right]}{\sin\frac{\alpha}{2}} \quad (20)$$

Assim, podemos constatar que com o conhecimento do valor do ângulo  $\alpha$  de um prisma e o valor do ângulo de desvio mínimo,  $\delta_m$ , é possível determinar o índice de refração de qualquer material que constitua o prisma, desde que transparente. Também é possível essa determinação para líquidos ou gases, basta para isso encher um prisma oco de faces paralelas.

Voltando à explicação do que ocorre à luz branca quando atravessa um prisma e de acordo com a expressão 16, este facto experimental resulta de que o índice de refração do prisma é diferente para cada uma das cores do espectro visível. Na realidade, constata-se que a velocidade de propagação de cada uma das cores do espectro visível é diferente, em resultado da dependência do índice de refração do prisma em função com o comprimento de onda da luz. Esta dependência manifesta-se no ângulo de desvio  $\delta$ , verificando-se que cores diferentes têm desvios diferentes. Este fenómeno designa-se por *dispersão*.

A relação entre o índice de refração e o comprimento de onda pode, dependendo da gama de comprimentos de onda, manifestar-se de duas formas distintas: na situação em que o índice de refração diminui com o aumento do comprimento de onda, designa-se por *dispersão normal*; na situação em o índice de refração aumenta com o aumento do comprimento de onda, designa-se por *dispersão anómala*.

Normalmente a dispersão da luz num dado material é caracterizada por um parâmetro *standard*, o *número de Abbe*,  $V_d$ , dado por,

$$V_d = \frac{n_d - 1}{n_F - n_C} \quad (21)$$

Em que  $n_d$ ,  $n_F$  e  $n_C$  são, respetivamente, os índices de refração para a risca amarela do hélio (587,6 nm), azul do hidrogénio (486,1 nm) e vermelha do hidrogénio (656,3 nm).

O *número de Abbe* está também associado à aberração cromática de um sistema ótico. Assim que, os fabricantes de lentes indicam esse número nas características técnicas, sendo que quanto menor, maior é a potência dispersiva.

## **4 - Fenómenos óticos observáveis na atmosfera**

### **4.1 - Introdução**

Os povos antigos desde sempre observaram atentamente o céu, os corpos celestes e alguns fenómenos naturais que causariam grande fascínio. O respeito pelo desconhecido era dominante. A par desse fascínio, os povos relacionavam alguns fenómenos com o castigo dos deuses ou com dádivas.

Atualmente persistem muitas crenças no seio da nossa comunidade, algumas relacionadas com fenómenos que já são explicados pela Ciência. Basta recordar o que se passou no nosso país, em Fátima, na comemoração da aparição de Nossa Senhora, no dia 13 de maio de 2011. O Jornal de Notícias do dia seguinte publicou a seguinte notícia: "Quando surgiu a primeira imagem do Papa João Paulo II nos ecrãs instalados no recinto do santuário de Fátima, alguns peregrinos olharam os céus, viram uma auréola à volta do Sol e gritaram ""milagre"". Não se tratou de um milagre, mas sim de um halo. O excesso de fé cega, aliado à baixa literacia científica do povo, fez com que um fenómeno ótico atmosférico facilmente explicável, fosse associado a crenças religiosas.

Para lá das crenças e mitos a Ciência tem uma explicação para estes fenómenos.

Quem é que nunca se deslumbrou com a grandiosidade dos arco-íris, a curiosidade do porquê do céu ser azul, da cor do pôr do Sol, do fantástico que há nas miragens, nos halos e em muitos outros fenómenos? A vontade de abordar todos estes fenómenos neste trabalho era enorme, no entanto, optou-se por abordar apenas os arco-íris, os halos e as miragens. O motivo desta seleção deve-se, não só ao fascínio e motivação pessoal por estes, como também pelo facto de se tratar de fenómenos que são muitas vezes utilizados nas aulas, como motivação para a introdução de conceitos da Física. Frequentemente é a curiosidade dos próprios alunos que os levam a questionar o docente sobre estes fenómenos atmosféricos.

### **4.2 - Arco-íris**

#### **4.2.1 - Introdução**

Entre os fenómenos naturais mais bonitos na atmosfera estão os arco-íris (figura 9). Estes são estudados por amantes da natureza, fotógrafos, pintores, poetas, sendo também tema de pesquisa para muitas ciências (Astronomia, Física, Geografia, ...), pois a abundância de cores e efeitos por nós visualizada causa interesse a numerosos e diversificados estudos.





**Figura 9:** Fotografia captada em *Cabeza de Manzaneda, Ourense, Espanha* - fotografia do autor.

A figura 10 é uma pintura de um arco-íris feita por uma criança de três anos. É de notar a sequência das cores, vermelho do lado de fora e azul no interior, que será um dos aspetos abordados nesta secção.

Um raio de luz branca que atravessa uma gota de água com uma reflexão interna é refratado e disperso, um pouco como ocorre num prisma, produzindo um espectro colorido. Assim se originam os arcos-íris, com os raios de luz provenientes do Sol a "atravessar" as gotas de água da chuva e a formar um arco colorido. Há muitos caminhos que um raio pode percorrer através de uma gota, no entanto, o arco-íris mais brilhante e mais comum surge no céu a um ângulo de aproximadamente  $42^\circ$  do ponto antissolar<sup>3</sup>. Podem surgir também, embora mais



**Figura 10:** Desenho efetuado por uma criança [10].

<sup>3</sup> O ponto antissolar é um ponto localizado exatamente do lado oposto ao Sol, correspondendo neste caso ao prolongamento da sombra do observador e à extremidade da cabeça deste (figura 16).

invulgares, outros arcos próximos do arco principal, são estes os arcos secundários e os arcos supranumerários (figura 11).



**Figura 11:** Duplo arco-íris na presença de arcos supranumerários [arco-íris primário (a), secundário (b) e arcos supranumerários (c)] - fotografia de *Alec Jones* [11].

Quando um arco-íris é observado, o Sol terá de se encontrar atrás do observador e o arco é formado, centrado no ponto antissolar, na zona onde chove. Seria de esperar que o arco formado fosse completo, uma vez que as gotas de água são aproximadamente esféricas. Todavia, isto não se verifica, porque a luz encontra um obstáculo, a superfície terrestre. No entanto, quando um observador está colocado numa posição mais elevada, por exemplo num avião, já será possível formar-se um arco completo (figura 12).

Vai ser também fácil compreender que o arco-íris é mais comum no início da manhã ou ao final do dia, ou seja, quando o Sol está mais próximo do horizonte.

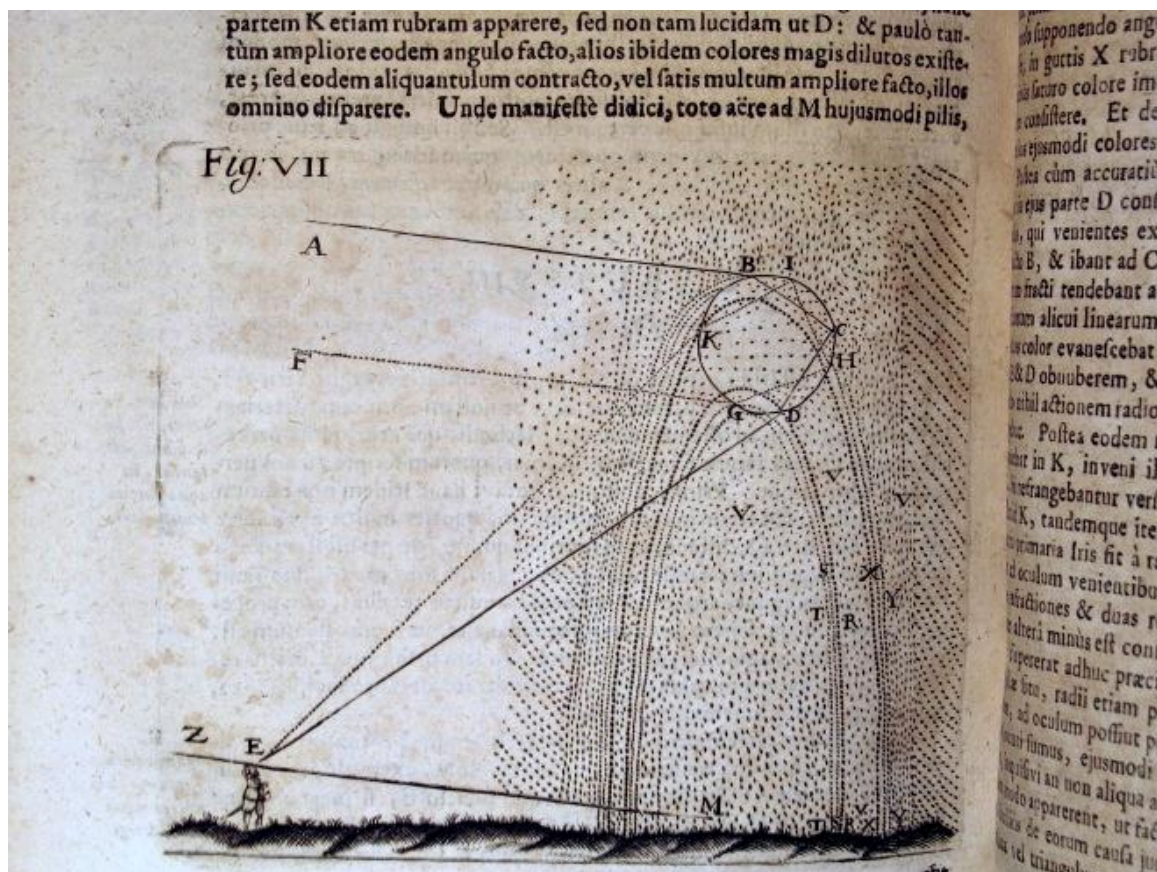
O fenómeno que, habitualmente, é designado de arco-íris, envolve muitos pormenores que carecem de uma explicação mais detalhada, sendo, pois, o que se pretende fazer nas próximas secções.



**Figura 12:** Arco-íris circular observado a partir de um avião [12].

#### **4.2.2 - A origem de um arco-íris**

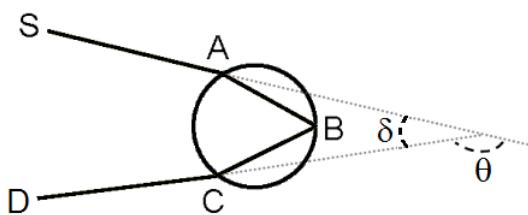
A primeira explicação satisfatória para a existência e forma de um arco-íris foi dada por René Descartes, em 1637, ainda que este não tenha sido capaz de explicar as cores; no entanto, 30 anos depois, Isaac Newton completou essa tarefa. Descartes combinou a teoria com a experiência para deduzir que, tanto o arco primário como o secundário (maior em diâmetro angular, mas de menor intensidade do que o primário), são originados por refração e reflexão da luz solar nas gotas de água da chuva. Como as leis da refração e reflexão tinham sido formuladas 16 anos antes da publicação de Descartes pelo cientista holandês Willebrord Snell (conhecido por Snell), Descartes pôde calcular e traçar a direção dos raios provenientes do Sol e que atravessam uma gota de água.



**Figura 13:** Esboço de Descartes dos arco-íris primário e secundário no seu livro “Discurso do Método” de 1637 [13].

Descartes simplificou o estudo do arco-íris, reduzindo-o ao estudo de uma gota de água (aproximando-a a uma esfera) onde incide um raio de luz. Imagine-se, portanto, um raio de luz monocromática que incide numa gota de água; esse raio é refratado quando incide na gota (figura 13 - ponto B), continua a sua trajetória até refletir na superfície interna e curva da gota (figura 13 - ponto C) e finalmente é refratado, saindo da gota (figura 13 - ponto D), originando o arco primário. O arco secundário é formado com mais uma reflexão interna, como se pode ver no esboço de Descartes, sendo que o raio de luz solar incide em *G* e sai da gota em *K*. Obviamente que, nas refrações e reflexões que ocorrem, há energia transmitida para o exterior da gota, daí que o arco secundário, quando surge, se apresente mais ténue do que o primário, devido a ter mais uma reflexão interna.

De uma forma simplificada, na figura 14, representa-se o caminho de um raio de luz incidente numa gota de água vindo da direção *SA*.

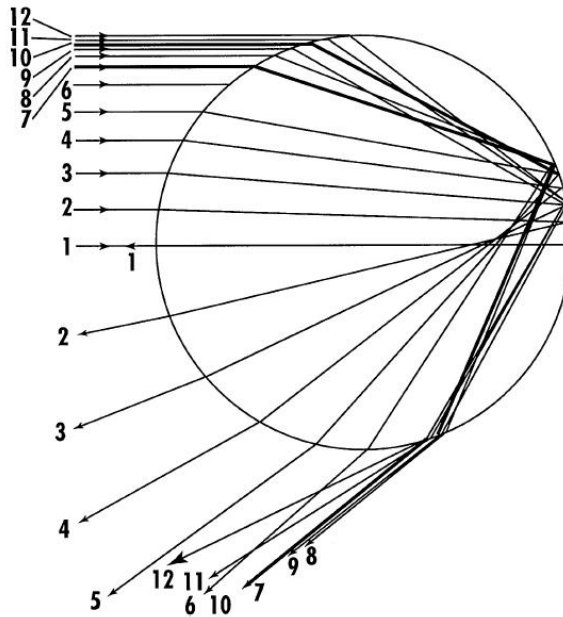


**Figura 14:** Reflexão interna numa gota de água - figura adaptada de [14].

Quando o feixe luminoso entra na gota por  $A$  (figura 14), é refratado, isto é, sofre um pequeno desvio, indo colidir no interior da gota em  $B$ , onde se reflete em direção a  $C$ . Quando incide em  $C$ , é refratado outra vez, agora na direção  $CD$ . O ângulo  $\theta$  representa o desvio do raio à saída da gota em relação à sua direção original. Descartes<sup>4</sup> calculou esse ângulo de desvio mínimo para um raio de luz vermelha, tendo obtido  $138^\circ$ , ou seja,  $180^\circ - 42^\circ$ .

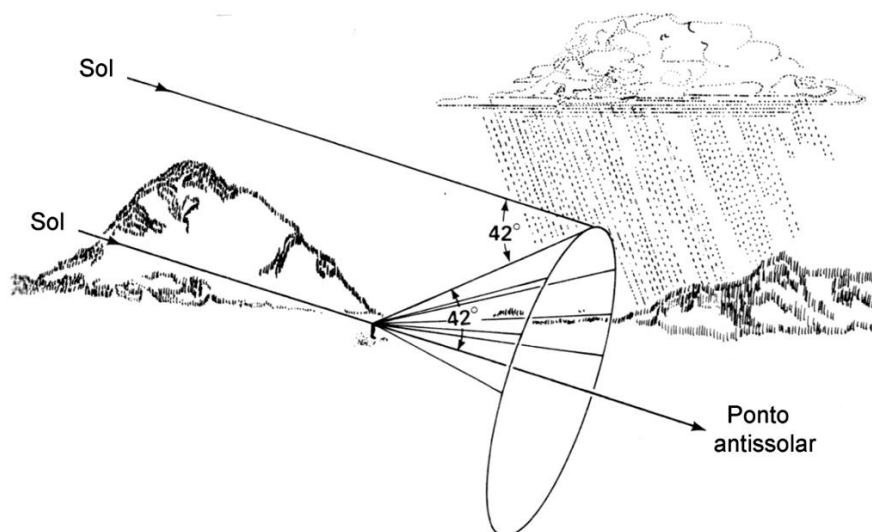
Como o Sol está muito distante, podemos, com boa aproximação, supor que os raios solares podem ser representados por uma série de raios paralelos. Como se pode ver pela figura 15, a diferença angular dos raios à saída da gota é bastante significativa. O raio 1 que atravessa o eixo central é desviado em  $180^\circ$ , isto é, mantém a direção do raio incidente, mas inverte o sentido. Para os raios incidentes acima do eixo central, o ângulo de desvio  $\theta$  (figura 14) diminui até um valor mínimo de aproximadamente  $138^\circ$  (dependendo da cor da luz). No entanto, para raios que incidam bastante acima do eixo central (raios 8 ao 12 da figura 15), o ângulo de desvio aumenta de novo. Ao raio de desvio mínimo chama-se *Raio do Arco-íris* ou *Raio de Descartes* (raio 7 da figura 15). A característica importante deste sistema geométrico e ótico é o facto de os raios que saem da gota não estarem uniformemente espaçados. Próximo do raio de desvio mínimo há maior concentração de raios, ou seja, a diferença angular entre eles é muito menor. É esta concentração de raios que dá origem ao arco-íris. O arco-íris visto por qualquer observador é formado por esses raios desviados que chegam até aos seus olhos. Esses raios são desviados em cerca de  $138^\circ$  da sua direção original (para o arco primário). Assim, o arco-íris pode ser visto olhando numa direção que faça  $42^\circ$  com o ponto antissolar (figura 16), sendo este ângulo complementar ao ângulo do arco-íris. Todas as gotas de chuva que se encontrem nessa região angular originam o arco-íris primário. Caso um observador se encontre acima das nuvens, já será possível visualizar um círculo completo (figura 12).

<sup>4</sup> Roger Bacon (1219/20 - 1292) um filósofo inglês e monge franciscano, já tinha feito medições para o que atualmente se designa de ângulo do arco-íris. Bacon afirmou que o arco-íris só aparecia quando o ângulo entre a direção dos raios solares incidentes e os raios refletidos pelas nuvens em direção aos olhos do observador fosse de  $42^\circ$ .



**Figura 15:** Trajeto de vários raios que atravessam uma gota de chuva esférica, ilustrando as diferenças no ângulo de desvio para diferentes ângulos de incidência [15].

Podemos, pois, concluir que o arco-íris é formado pelos raios desviados a partir de todas as gotas de chuva que se encontrem sobre a superfície de um cone, com o vértice no olho do observador, o eixo ao longo da direção do ponto antissolar e com um semiângulo de  $42^\circ$  (figura 16). O arco-íris é formado por um conjunto de raios com direções bem definidas, sendo que não é um objeto localizado numa determinada região do espaço. Cada pessoa tem o seu próprio cone e vê o seu próprio arco-íris. Isso é evidente quando observamos um arco-íris a partir de um carro ou um comboio em movimento relativamente à paisagem.



**Figura 16:** Cone formado pelos raios provenientes do arco primário; o seu eixo é paralelo aos raios do Sol e dirigido para o ponto antissolar - figura adaptada de [16].

As gotas da chuva que se encontram numa direção que faz um ângulo de aproximadamente  $51^\circ$ , em vez dos  $42^\circ$ , também podem originar um arco, designando-se este de arco secundário, que é, por sua vez, a base de um outro cone que partilha o eixo com o de  $42^\circ$ . Neste caso, são as gotas à superfície do cone de  $51^\circ$ , ou fora dela, que contribuem para a formação do arco secundário. O céu mais escuro que se forma entre os dois arcos (que se pode observar na figura 11) é originado pelo facto de as gotas no interior do cone de  $51^\circ$  e no exterior do cone de  $42^\circ$  não enviarem luz para o observador. Esse céu escuro resultante é chamado de *Banda Escura de Alexander*, que será analisado num momento posterior deste capítulo.

### 4.2.3 - Cores do arco-íris

Na discussão anterior, ficou por responder uma questão importante: o que faz com que a luz branca solar entre na gota e se decomponha em uma série de cores? Podemos começar a explicação referindo que a velocidade da luz (neste caso, ao propagar-se através da água) depende do comprimento de onda da luz (ou seja, da sua cor), num processo designado de dispersão. Uma vez que o ângulo de refração (pela lei de Snell) depende da velocidade da luz, cada cor, logo após a primeira refração, toma um caminho diferente no interior da gota. Assim, podemos dizer que cada cor tem um diferente ângulo de desvio mínimo. Para o vermelho ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ) é de  $42,25^\circ$  e para o azul ( $\lambda = 450 \text{ nm}$ ) de  $40,91^\circ$  [17]. A tabela 2 apresenta os ângulos do arco-íris com a respetiva dependência com o comprimento de onda da luz e índice de refração da água.

**Tabela 2:** Dependência com o comprimento de onda do índice de refração da água e dos ângulos do arco-íris primário e secundário [17].

Comprimento de onda, $\lambda$ (nm)	Índice de refração, $n$	Ângulo primário (graus)	Ângulo secundário (graus)
1000	1,3277	42,86	49,49
900	1,3285	42,73	49,70
800	1,3294	42,60	49,92
700	1,3309	42,38	50,34
650	1,3318	42,25	50,58
600	1,3335	42,01	51,02
550	1,3344	41,64	51,68
500	1,3364	41,27	52,33
450	1,3411	40,91	52,99
400	1,3440	40,51	53,73
350	1,3501	39,66	55,26
300	1,3532	38,72	56,80

Para gotas de outros meios transparentes, com diferentes índices de refração, obviamente, como por exemplo a água salgada do mar, o ângulo do arco-íris é diferente. A figura 17 mostra um arco-íris originado por gotas de água do mar e da chuva, em simultâneo. O ângulo do arco-íris para a água do mar é cerca de  $0,8^\circ$  menor do que para a água da chuva.



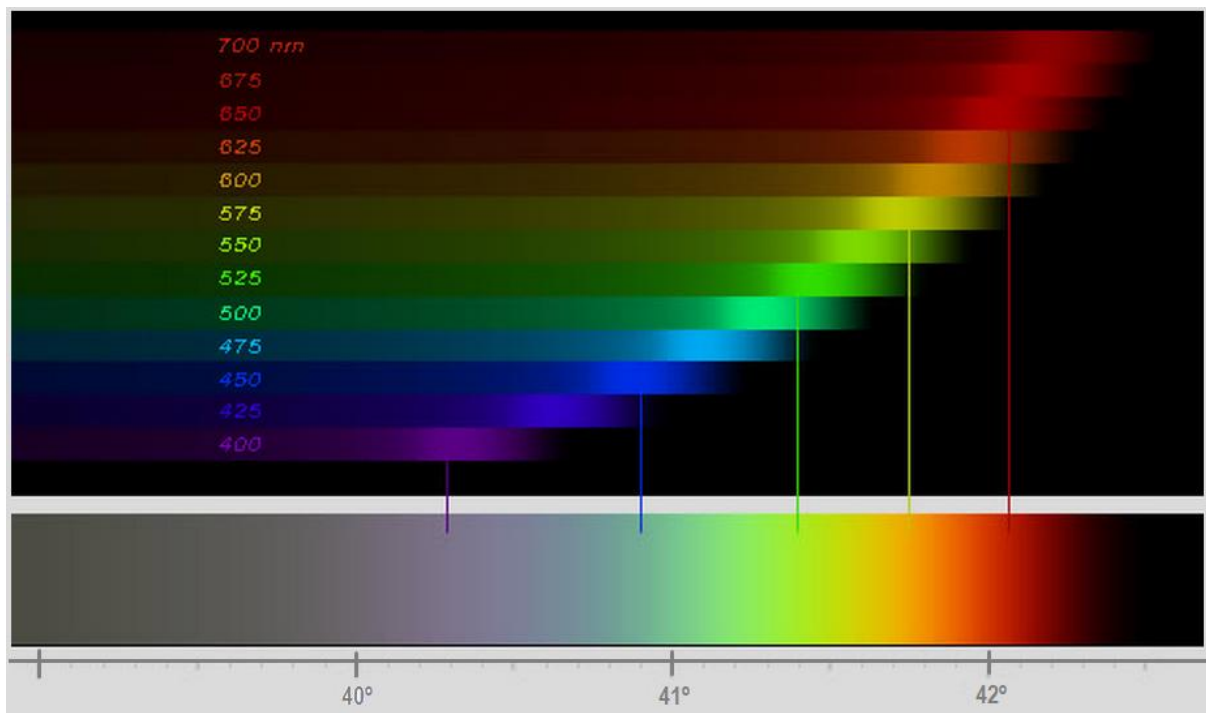
**Figura 17:** Arco-íris originado por dois meios diferentes, água salgada do mar e água da chuva [17].

Tradicionalmente, o arco-íris é conhecido como sendo uma sequência de sete cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Na verdade, os nossos olhos podem distinguir muitas mais tonalidades. Dizemos, portanto, que o arco-íris forma um espectro contínuo colorido. Uma curiosidade relativa à sequência das cores do arco-íris é a utilização da seguinte mnemónica: "*vermelho lá vai violeta*", em que os fonemas *l, a, v, a, i* representam a sequência laranja, amarelo, verde, azul e índigo.

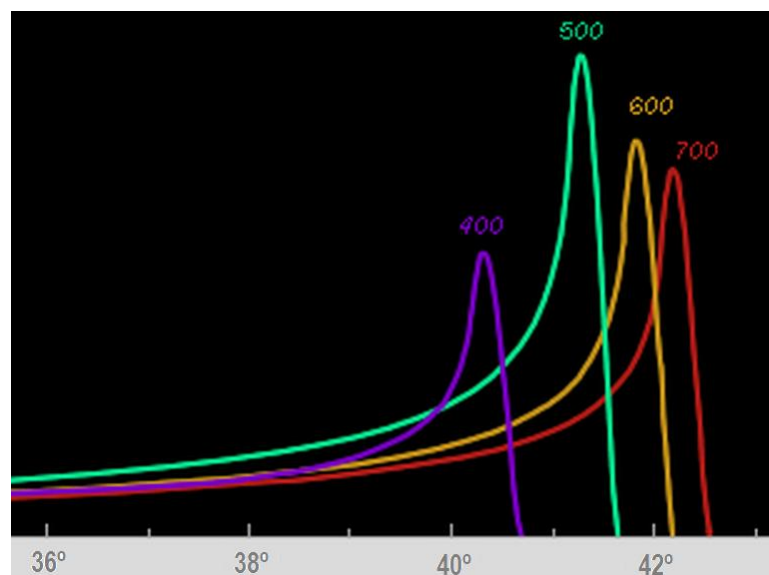
As cores do arco-íris que chegam aos nossos olhos são a sobreposição de cores individualmente bem definidas, como se exemplifica nas figuras 18A e 18B. Os picos das curvas da figura 18B localizam-se nos ângulos de desvio mínimo. O diâmetro angular do Sol (cerca de  $0,5^\circ$ ) alarga os picos das curvas, tornando as cores menos puras. A cada ângulo chega aos olhos do observador uma mistura de luz com diferentes comprimentos de onda. Dentro do arco estas cores misturam-se sem que haja predominância de nenhum comprimento de onda originando o branco. O gráfico da figura 18B também nos ajuda a perceber o motivo do céu ser mais brilhante no interior do



arco primário. Para ângulos inferiores a aproximadamente  $40^\circ$ , há a sobreposição de todas as cores, daí formar-se o céu mais claro na região interior do que na exterior.



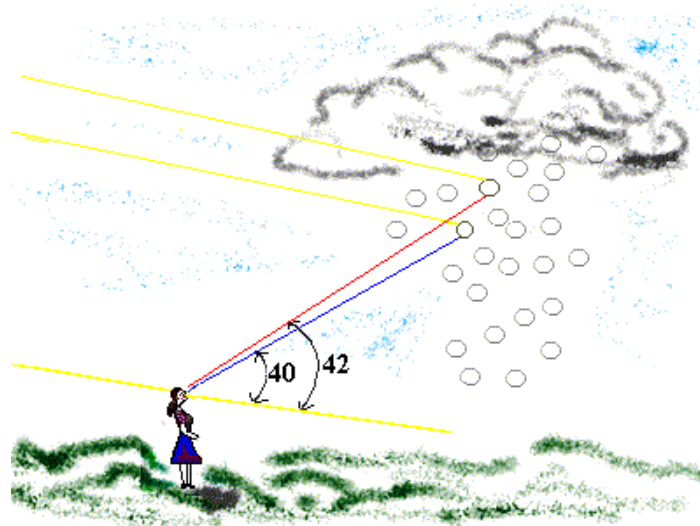
**Figura 18A:** Sobreposição das cores que originam o espectro colorido observado no arco-íris [18].



**Figura 18B:** Intensidade da luz do arco-íris em função do ângulo do arco-íris para quatro comprimentos de onda [18].

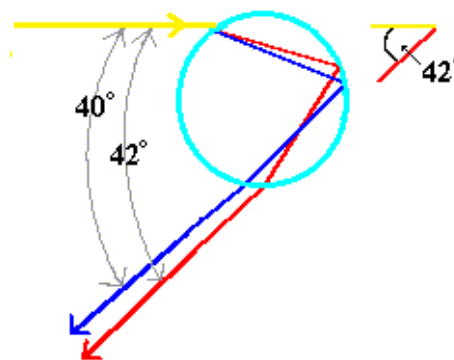
A cor que chega aos olhos de um observador é proveniente de diferentes gotas localizadas em diferentes regiões do espaço. A figura 19 ilustra essa realidade, bem como a diferença angular

(aproximadamente  $2^\circ$ ) entre as cores extremas que dão origem ao arco-íris. O observador recebe a luz com apenas uma cor proveniente de cada gota, ou conjunto de gotas na mesma região angular. Para esse mesmo observador, as restantes cores são enviadas de outras gotas posicionadas em ângulos diferentes, desde que dentro dos  $2^\circ$ .



**Figura 19:** Ponto de vista de um observador [14].

É de notar que, mesmo sendo a luz azul mais refratada do que a luz vermelha numa só gota (figura 20), o resultado final no arco-íris, o azul, surge na parte interior do arco.



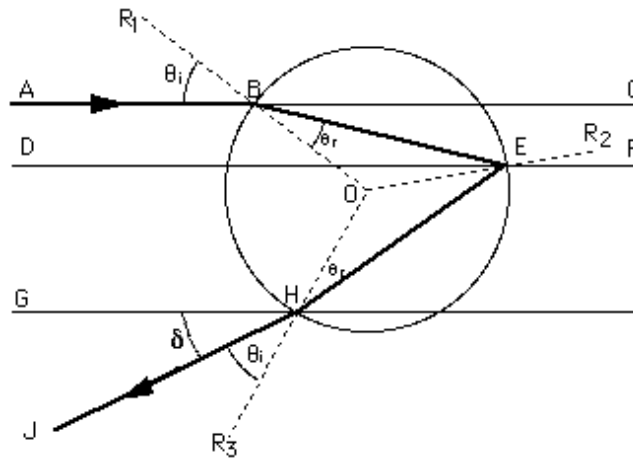
**Figura 20:** Dispersão da luz numa gota - figura adaptada de [14].

Através de alguns cálculos simples, será possível determinar os ângulos de desvio mínimo para a radiação azul e para a vermelha.

Consideremos apenas um raio de luz solar. Esse raio, que está representado na figura 21 pela reta  $AB$ , é refratado para o interior da gota no ponto  $B$ . Posteriormente, colide no interior da gota

no ponto  $E$  e é refletido para  $H$ . Aí, é refratado para o exterior da gota; esse raio está representado pelo segmento de reta  $HJ$ . O raio viaja na direção definida por  $\delta$ , em direção à Terra.

Numa primeira análise, vamos procurar relações entre os ângulos de incidência ( $\theta_i$ ), de refração ( $\theta_r$ ) e de desvio ( $\delta$ ), representados na figura 21. Os triângulos  $OBE$  e  $OEH$  são iguais e isósceles, na reflexão do ponto  $E$ , o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão (secção 3.1) e os segmentos de reta  $OE$ ,  $OB$  e  $OH$  têm o mesmo comprimento.



**Figura 21:** Percurso de um raio através de uma gota de água [10].

Com a finalidade de deduzirmos uma expressão para  $\delta$ , a partir da geometria, podemos inferir o ângulo que o raio é desviado em relação à horizontal em cada ponto:

- ♦ no ponto  $B \rightarrow \theta_i - \theta_r$
- ♦ no ponto  $E \rightarrow 180^\circ - 2(\theta_r)$
- ♦ no ponto  $H \rightarrow \theta_i - \theta_r$

Adicionando os ângulos anteriores, obtém-se  $2(\theta_i) - 4(\theta_r) + 180^\circ$ . Assim, podemos retirar o ângulo de desvio  $\delta$ :

$$180^\circ - \delta = 180^\circ + 2(\theta_i) - 4(\theta_r) \Leftrightarrow \delta = 4(\theta_r) - 2(\theta_i)$$

Aplicando a *Lei de Snell* (equação 8, onde o índice  $t$  passa a  $r$ ),

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \quad (22)$$

e considerando  $n_i = 1$ , podemos deduzir uma relação entre o ângulo de incidência e o de refração,

$$\sin \theta_r = \frac{\sin \theta_i}{n_r} \quad (23)$$

Então, o ângulo de desvio, toma a seguinte forma,

$$\delta = 4 \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_i}{n_r} \right) - 2 \theta_i \quad (24)$$

Utilizando a equação 24, calculamos o ângulo  $\delta$  para duas radiações, o vermelho ( $\lambda = 650$  nm) e o azul ( $\lambda = 450$  nm). Os índices de refração do meio considerado foram os seguintes: para o vermelho  $n = 1,3318$  e para o azul  $n = 1,3411$  [17]. Derivando a equação 24 em ordem a  $\theta_i$  (equação 25) e igualando a zero, podemos determinar o valor de  $\theta_i$  para o qual  $\delta$  é máximo.

$$\frac{d\delta}{d\theta_i} = \frac{4}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta_i}{n_r^2}}} \cdot \frac{\cos \theta_i}{n_r} - 2 \quad (25)$$

A tabela 3 mostra os resultados obtidos para  $\delta$  e para a sua derivada, em intervalos de  $5^\circ$  para o ângulo incidente.

**Tabela 3:** Ângulo de desvio mínimo para a radiação vermelha e azul.

Vermelho			Azul		
$\theta_i / ^\circ$	$\delta / ^\circ$	$d\delta / d\theta_i$	$\theta_i / ^\circ$	$\delta / ^\circ$	$d\delta / d\theta_i$
0	0	1,0035	0	0	0,9826
5	5,0089	0,9985	5	4,9047	0,9776
10	9,9676	0,9833	10	9,7586	0,9623
15	14,8242	0,9575	15	14,5093	0,9362
20	19,5236	0,9203	20	19,1013	0,8986
25	24,0058	0,8704	25	23,4742	0,8483
30	28,204	0,8064	30	27,5606	0,7837
35	32,0423	0,7261	35	31,2845	0,7029
40	35,4334	0,627	40	34,5585	0,6033
45	38,2761	0,5062	45	37,2817	0,4821
50	40,4531	0,3601	50	39,3375	0,3357
55	41,8284	0,1849	55	40,5912	0,1607
60	42,2469	-0,0233	60	40,89	-0,0469
65	41,5351	-0,2677	65	40,0635	-0,2899
70	39,506	-0,5504	70	37,9289	-0,5702
75	35,9681	-0,8709	75	34,3001	-0,8872
80	30,7404	-1,2253	80	29,002	-1,237
85	23,6719	-1,6056	85	21,8885	-1,6117
90	14,6609	-2	90	12,8621	-2

Estes resultados estão de acordo com os valores apresentados anteriormente (para o vermelho  $\delta = 42,25^\circ$  e para o azul  $\delta = 40,91^\circ$ ) e verificamos que  $\delta$  tem um máximo quando  $\theta_i$  é aproximadamente de  $60^\circ$ . O **Apêndice 2** apresenta a mesma análise, mas com um intervalo angular de  $0,5^\circ$  para ângulos incidentes entre  $55^\circ$  e  $65^\circ$  e os respectivos gráficos do ângulo de desvio mínimo em função do ângulo de incidência.

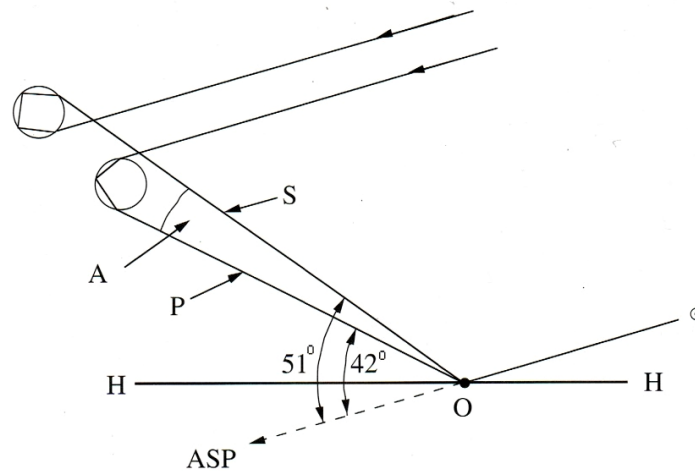
Um observador com o Sol situado atrás de si, exatamente  $20^\circ$  acima do horizonte e que à sua frente está a chover, como para a luz vermelha o  $\delta = 42,25^\circ$ , se olhar na direção que faz um ângulo de  $22,25^\circ$  ( $42,25^\circ - 20^\circ$ ) com a horizontal, a luz refratada que consegue ver é o vermelho. Um pouco mais abaixo no seu campo de visão, irão aparecer novas cores a ângulos sucessivamente menores; primeiro o cor de laranja, depois o amarelo, verde, etc. Quando se está a olhar para um ângulo de  $20,91^\circ$  ( $40,91^\circ - 20^\circ$ ) acima do horizonte, surge a luz azul. Na totalidade, o arco-íris teria uma largura angular de  $1,34^\circ$  ( $22,25^\circ - 20,91^\circ$ ) se o Sol fosse apenas um ponto no céu. Como isso não é verdade, na realidade um arco-íris tem uma largura angular de  $1,34^\circ + 0,5^\circ = 1,84^\circ$ , ou seja, aproximadamente  $2^\circ$ , como já foi referido anteriormente.

#### 4.2.4 - Arco primário e arco secundário

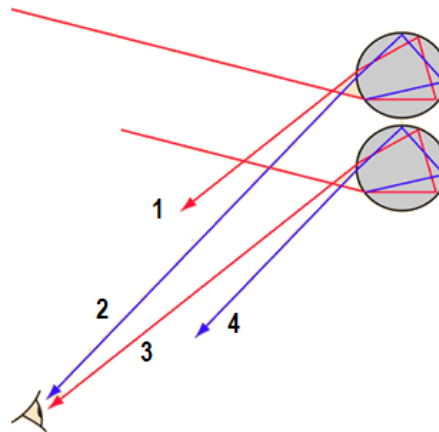
Por vezes observa-se um segundo arco-íris, exterior e menos intenso do que o primeiro, arco-íris secundário (figura 11), sendo o seu ângulo de aproximadamente  $51^\circ$  (tabela 2). As suas cores têm a ordem invertida, ou seja, surge primeiro o vermelho até ao azul, considerando o sentido do centro do arco para o exterior.

O arco secundário resulta de duas reflexões no interior da gota (figuras 22 e 23). Na figura 23, o raio 1 representa a luz vermelha proveniente das gotas mais elevadas que passam por cima do observador, os raios 2 e 3 representam as luzes azul e vermelha, respetivamente, que chegam ao olho do observador e o raio 4 a luz azul proveniente das gotas mais baixas que são desviadas para pontos abaixo do olho do observador.

Dado que a cada reflexão que ocorre no interior da gota há radiação refratada para o exterior, o brilho do arco secundário é 43% menor **[17]** do que o do arco primário.



**Figura 22:** Diagrama de formação de um arco primário e um secundário. O ponto  $O$  é o observador, a linha  $HH$  o horizonte,  $P$  o arco primário,  $S$  o arco secundário,  $A$  a *Banda Escura de Alexander* e  $ASP$  o ponto antissolar [17].



**Figura 23:** Formação do arco secundário - figura adaptada de [7].

É possível a luz ser refletida mais do que duas vezes no interior de uma gota de chuva, e pode-se determinar a posição a que o arco-íris de maior ordem pode ser visto, mas estes casos nunca foram visualizados em circunstâncias naturais, ou seja, apenas foram produzidos em laboratório.

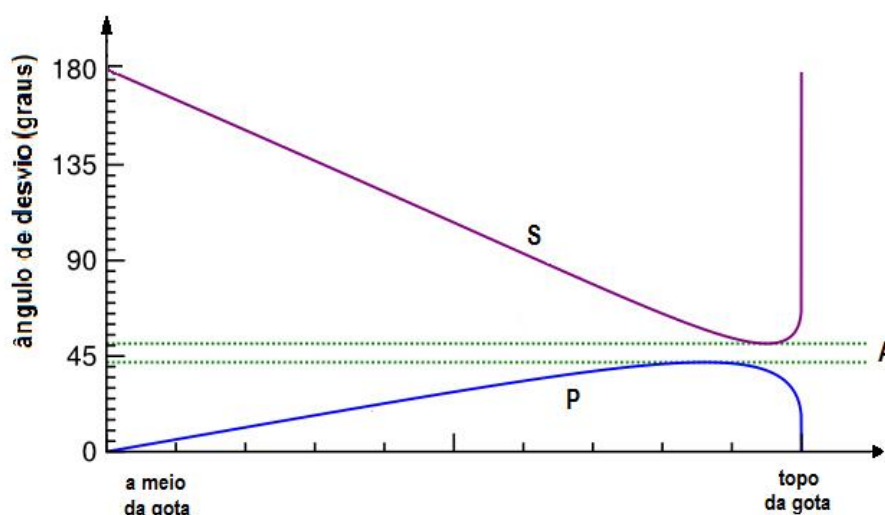
#### 4.2.5 - Banda escura de Alexander

Já foi referido que, para o arco primário, o ângulo de desvio está compreendido entre  $180^\circ$  e  $138^\circ$ , para o vermelho (figuras 14 e 15). Os raios que originam o arco primário são os que estão

próximos dos  $138^\circ$  (ou  $\delta = 42^\circ$ ). Os restantes (entre  $180^\circ$  e  $138^\circ$ ) são responsáveis pelo maior brilho no interior do arco.

Por outro lado, para o arco secundário, o ângulo de desvio mínimo é de  $231^\circ$  para o vermelho ( $\delta = 51^\circ$ ). O facto de este ângulo ser superior a  $180^\circ$  faz com que as cores surjam invertidas (relativamente ao arco primário). Os restantes raios que surgem em ângulos superiores a  $231^\circ$  iluminam o céu fora do arco.

Entre os dois arcos encontra-se uma região com menor intensidade luminosa, no entanto não menor do que se não se formasse arco-íris, designando-se *Banda Escura de Alexander*<sup>5</sup> (figura 11). Essa zona geométrica localiza-se entre os  $42^\circ$  e  $51^\circ$  (figura 24). As gotas dessa região não enviam os raios luminosos refletidos no seu interior para a posição do observador, embora possam contribuir para um arco-íris visto por um outro observador em outro lugar.

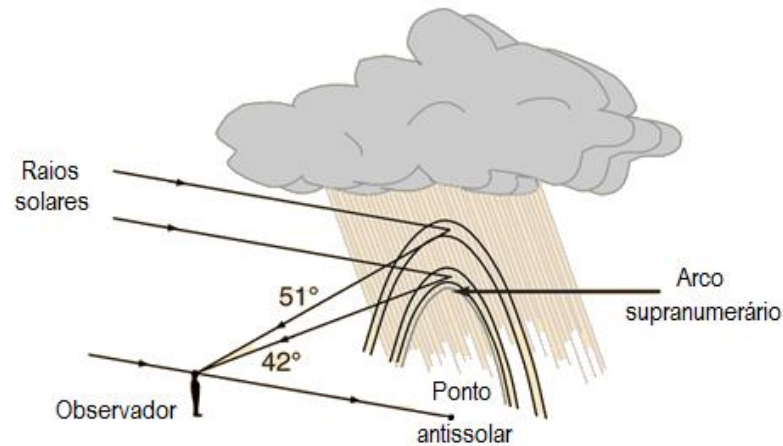


**Figura 24:** Gráfico que relaciona o ângulo de desvio e a posição da entrada do raio incidente; P- arco primário, S- arco secundário e A - *Banda Escura de Alexander* - figura adaptada de [19].

#### 4.2.6 - Arcos supranumerários

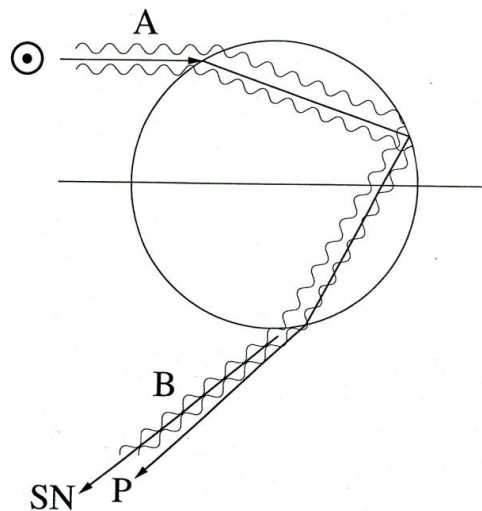
Ocasionalmente, em alguns arco-íris, surgem arcos de fraca intensidade e estreitos no interior do arco primário e próximo deste (figuras 11 e 25). Estes arcos designam-se de arcos supranumerários.

<sup>5</sup> Foi assim designada, em honra ao sábio grego *Alexander de Aphrodisias*, que em 200 dC descreveu, pela primeira vez, o fenómeno nas suas crónicas.



**Figura 25:** Esquema representativo da localização de um arco supranumerário - figura adaptada de [7].

Ao contrário do que acontece com os arcos primário e secundário, que podem ser explicados a partir da ótica geométrica, é necessária a teoria ondulatória da luz para se compreender os supranumerários. Estes arcos surgem devido à interferência de algumas ondas que saem da gota aproximadamente da mesma posição (figura 26).



**Figura 26:** Esquema representativo da formação de um arco supranumerário. O círculo com um ponto representa o Sol a originar dois raios que incidem na gota, SN - fonte do arco supranumerário, P - arco primário, A - ondas inicialmente em fase, B - ondas em oposição de fase [17].



Thomas Young<sup>6</sup>, em 1804, explicou os arco-íris, utilizando a teoria ondulatória da luz, incorporando-lhe um novo conceito fundamental, o princípio da interferência. O trabalho de Young teve uma profunda influência na Ótica e os seus estudos do arco-íris foram um elemento fundamental. Quando dois raios se propagam na mesma direção e próximos o suficiente dentro de uma gota de chuva, podem originar interferência. No caso da interferência ser construtiva, os raios produzem um maior brilho, e menor brilho se for destrutiva.

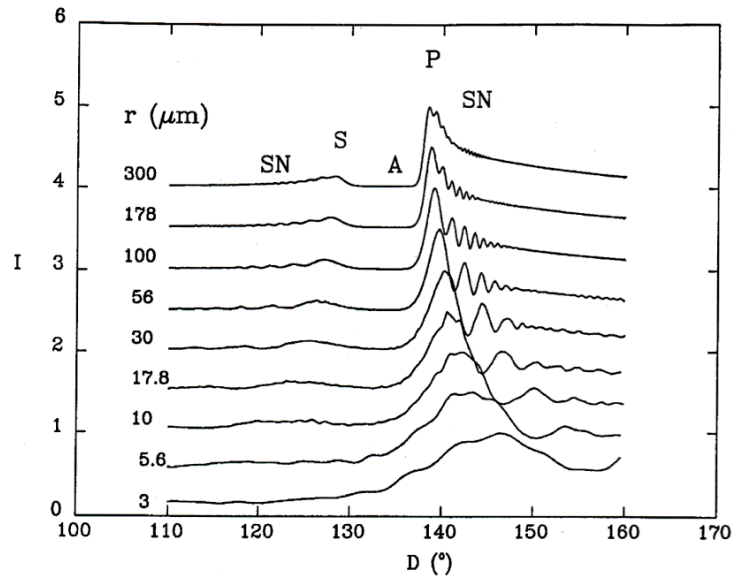
Consideremos dois raios que entram na gota aproximadamente na mesma posição e em fase, como esquematizado na figura 26. Como o comprimento da trajetória desses dois raios dentro da gota não é o mesmo, à saída esses dois raios já não se encontram em fase. Com pequenas alterações dos ângulos de incidência na gota de água, podem ocorrer diferentes interferências. Quando à saída da gota as ondas se encontram em fase há um aumento do brilho do arco, no entanto quando as ondas saem em oposição de fase, estas anulam-se e não sai luz nessa direção. As distintas diferenças de fase que são originadas estão na origem das constantes alterações das cores e intensidade luminosa dos arcos supranumerários.

O diferente espaçamento entre os arcos originados por interferência está relacionado com o tamanho das gotas de água. Gotas pequenas originam um espaçamento maior do que gotas grandes [16]. Os arcos supranumerários raramente são observados na natureza, uma vez que, quando a chuva cai, as gotas de água têm diferentes tamanhos. Os padrões de interferência que originam arcos com diferentes espaçamentos misturam-se ficando, assim, grande parte das vezes, os arcos supranumerários invisíveis. No entanto, com uma mangueira ou uma máquina de lavar à pressão, facilmente se originam gotas do mesmo tamanho e assim será possível visualizar os arcos supranumerários.

A figura 27 mostra como a intensidade da luz do arco-íris varia com diferentes tamanhos das gotas de água, de pequenas dimensões até um raio de 300  $\mu\text{m}$ . Minnaert [20], publicou uma tabela (tabela 4) que relaciona o tamanho das gotas com a intensidade das cores do arco-íris, o número de arcos supranumerários que surgem, entre outras diferenças apresentadas. Segundo Minnaert, para gotas com diâmetro entre 1 e 2 mm, surgem numerosos arcos supranumerários.

---

<sup>6</sup> A teoria ondulatória da luz renasceu nas mãos de *Thomas Young* (1773-1829), um dos principais personagens do século XIX. Em 12 de novembro de 1801, 1 de julho de 1802 e 24 de novembro de 1803, *Young* apresentou uma comunicação à *Royal Society* defendendo a teoria ondulatória e incorporando-lhe um novo conceito fundamental, o chamado princípio da interferência: quando duas ondas com origens diferentes, se propagam aproximadamente ao longo da mesma direção, o seu efeito conjunto é uma combinação dos efeitos que cada uma delas produziria se atuasse independente das outras.



**Figura 27:** Gráfico que relaciona a intensidade da luz do arco-íris com o ângulo de desvio  $D$  ( $\delta = 180^\circ - D$ ) dependendo do raio das gotas  $r$  (assumindo as gotas esféricas).  $P$ - arco primário,  $S$ - arco secundário,  $SN$ - arco supranumerário,  $A$ - Banda Escura de Alexander [17].

#### 4.2.7 - Tamanho e forma das gotas de água que originam o arco-íris

Como já foi referido, o tamanho das gotas da chuva influencia muito o aspeto do arco-íris e a ocorrência ou não de outros fenómenos, tais como os arcos supranumerários. As cores que surgem no arco principal e a intensidade destas também dependem do tamanho das gotas, como se pode ver pela análise da tabela 4. Gotas grandes (diâmetro de alguns milímetros) dão origem a arco-íris brilhantes com cores bem definidas, enquanto que gotas pequenas (diâmetro inferior a 0,05 mm) produzem arco-íris de cores sobrepostas que parecem quase branco.

Surge, assim, outra variável nas teorias que envolvem a formação do arco-íris, o achatamento das gotas de água maiores durante a sua queda (figura 28). Para gotas grandes, em média, um corte transversal vertical através destas terá a forma elítica, enquanto que um corte horizontal será circular. Já para gotas pequenas é circular em ambos os eixos. Este facto explica a ocorrência dos arcos supranumerários, sobretudo na zona da crista do arco. O efeito não ocorre próximo da base do arco, porque os raios que originam os supranumerários passam através da secção circular horizontal das gotas achatadas, o que se pode adicionar o efeito da sobreposição da luz de gotas com diferentes tamanhos.

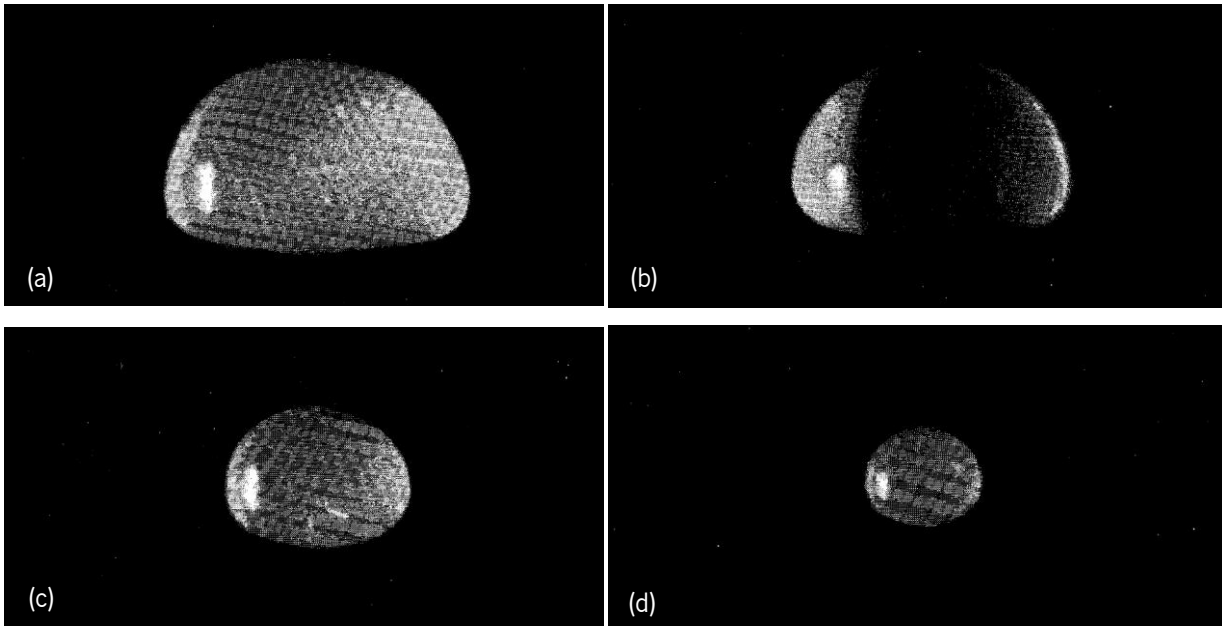
Uma consequência do achatamento das gotas é o espaçamento entre os arcos supranumerários ser em média cerca de  $0,7^\circ$  [17]. A segunda característica é que, para um achatamento apreciável, o raio do arco principal diminui em vários graus.

**Tabela 4:** Influência do tamanho das gotas da chuva no arco-íris - tabela adaptada de [20].

<b>Diâmetro da gota / mm</b>	<b>Influência no arco-íris</b>
1 - 2	Violeta muito brilhante e verde vivo; o arco contém vermelho puro, mas muito pouco azul. São numerosos os arcos supranumerários violeta-rosa alternado com verde, a partir do limite interior do arco primário.
0,50	O vermelho é consideravelmente mais fraco. Menor número de arcos supranumerários, violeta-rosa novamente alternados pelo verde.
0,20 - 0,30	Deixa de surgir o vermelho e o arco é mais extenso. Os arcos supranumerários tornam-se cada vez mais amarelos. Quando aparece um intervalo entre o arco primário e o primeiro arco supranumerário o diâmetro da gota é inferior a 0,20 mm.
0,08 - 0,10	O arco é mais amplo mas mais descorado, só o violeta é que surge vivo. O primeiro arco supranumerário está bem separado do arco primário por um intervalo bastante grande apresentando tons brancos evidentes.
0,06	O arco primário contém uma faixa branca.
< 0,05	O arco-íris surge muito descorado, como se fosse uma névoa.

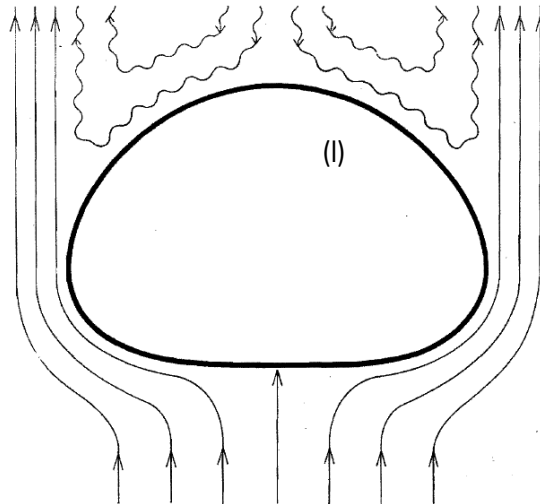
É a tensão superficial da água<sup>7</sup> que dá a forma aproximadamente esférica às gotas, se não houver mais nenhuma força a atuar. Para compreendermos como, vamos considerar uma interface entre a água e o ar. No interior do líquido, cada molécula de água é atraída por outras moléculas em todas as direções do espaço, enquanto que as moléculas superficiais só estão submetidas à tensão das moléculas que têm do lado interior. Isso faz com que essas moléculas à superfície sejam atraídas para dentro do líquido e para os lados por outras moléculas, mas não para fora, ocorrendo assim uma contração espontânea da superfície. Estas interações moleculares levam a superfície a comportar-se como um filme elástico esticado, suportando, por vezes, pequenos objetos de densidade superior, como por exemplo um clip, grãos de areia ou um pequeno inseto.

<sup>7</sup> A tensão superficial é a quantidade de energia requerida para aumentar a área superficial de um líquido e com unidades SI de J/m<sup>2</sup>. Os líquidos com forças de atração intermoleculares intensas, como o caso da água, têm tensões superficiais elevadas [21].



**Figura 28:** Fotografias de gotas de água em queda livre. Diâmetro aproximado das gotas: (a) 6,5 mm, (b) 6 mm, (c) 4,8 mm e (d) 2,8 mm [22].

Retomando o assunto central desta seção, a forma das gotas de água, quando estas caem no ar e já têm uma dimensão significativa, a viscosidade do ar provoca um efeito a considerar, nomeadamente uma diferença de pressões. Como se pode ver na figura 29, na superfície superior da gota em queda [face convexa (I)] surge uma região de turbulência que origina uma menor pressão no exterior da gota, comparativamente com o interior, e responsável pela sua forma. Essa diferença de pressão tem a mesma origem que a das asas de um avião (força de sustentação explicada pela equação de Bernoulli). Quanto menor o raio de curvatura da gota, maior é a diferença de pressão na superfície convexa. Se a superfície da gota tomar uma forma diferente momentaneamente, a pressão interna altera-se. Consequentemente, essa pressão força o líquido da região com curvatura de menor raio a passar para a região com curvatura de maior raio. Concluimos, assim, que a tensão superficial, através do controle da pressão interna, remodela a gota para uma forma esférica.



**Figura 29:** Fluxo de ar à volta de uma gota de água de grandes dimensões em queda livre [22].

#### 4.2.8 - Arco-íris de reflexão

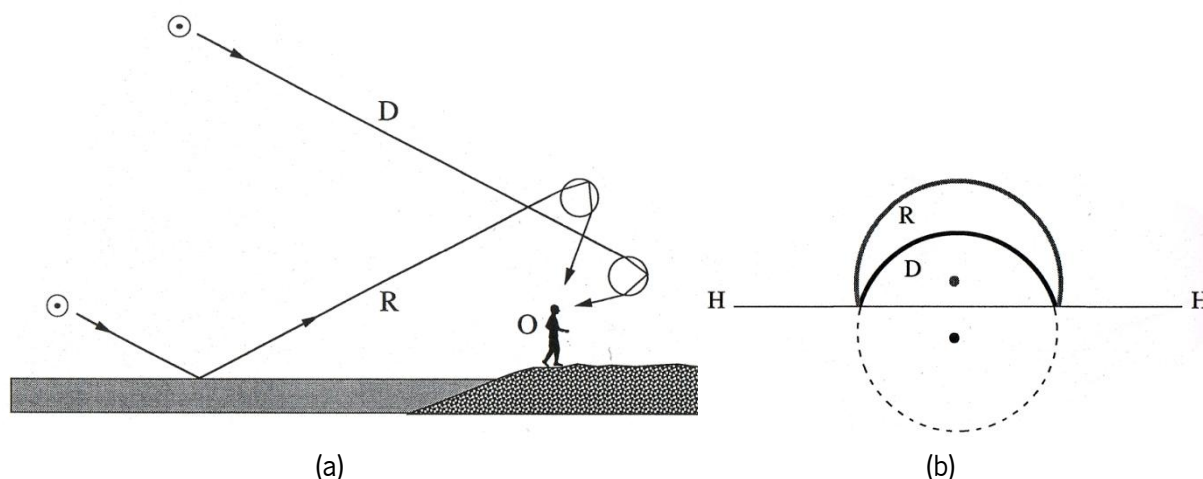
O arco-íris de reflexão não se trata da imagem refletida de um arco-íris num rio de águas calmas, mas sim de um outro arco-íris formado por cima do arco primário (figura 30).



**Figura 30:** Arco-íris de reflexão localizado entre o arco primário e o secundário [arco primário (a), secundário (b), arco-íris de reflexão (c) e reflexão do arco primário (d)] - figura adaptada de [23].

Os arco-íris que descrevemos até agora são originados por raios solares provenientes diretamente do Sol. A formação dos arco-íris de reflexão, deve-se à luz refletida na água de um lago (superfície refletora), por exemplo, que depois atravessa as gotas da chuva. A refletância<sup>8</sup> da superfície da água aproxima-se dos 100% quando o ângulo de incidência dos raios solares se aproxima da rasante, daí que, daí que a intensidade do arco-íris de reflexão seja muito semelhante à do arco primário.

Assim, podemos concluir que, havendo chuva, uma boa superfície refletora, o Sol relativamente baixo e o posicionamento adequado do observador (figura 31), há condições para a observação de um arco-íris de reflexão.



**Figura 31:** (a) Circunstâncias de formação de um arco-íris de reflexão; (b) Posicionamento dos pontos antissolares. A linha  $D$  representa o arco formado pela luz direta,  $R$  o arco formado pela luz refletida e  $H-H$  a linha do horizonte [17].

#### 4.2.9 - Arco-íris lunar

A luz da Lua cheia tem intensidade suficiente para ter a sua luz refratada nas gotas de chuva como acontece com a luz do Sol. No entanto, e porque a intensidade da luz lunar é um milhão de vezes menor do que a solar, um arco-íris produzido pela luz lunar é branco, quando observado a olho nu. Quando se tira uma fotografia (figura 32) com um tempo de exposição elevado (o adequado para fotografias noturnas), os sensores (máquinas digitais) ou a película fotográfica (máquina analógica) já registam um arco colorido. No olho humano quando a luminosidade é baixa ( $< 0,01 \text{ cd/m}^2$ ), a luz é detetada apenas por um tipo de fotorreceptores (bastonetes), o que impede a percepção das cores.

<sup>8</sup> Relação entre o fluxo de radiação que incide numa superfície e o fluxo de radiação que é refletido.

Fala-se neste caso em visão escotópica, enquanto que com iluminação diurna ( $>1 \text{ cd/m}^2$ ) temos visão fotópica com detecção da luz por fotorreceptores (cones) com três tipos de sensibilidade espectral, permitindo-nos por isso a visão das cores.

Existem descrições de arco-íris lunares desde o tempo de Aristóteles.



**Figura 32:** Arco-íris lunar [24].

#### 4.2.10 - Arco-íris e os provérbios

Há muitos anos que as pessoas usam os efeitos visíveis na atmosfera, tais como os arco-íris, as nuvens, a cor do pôr do Sol, e outros, para prever o estado do tempo. As pessoas das zonas rurais são as que mais provérbios sabem, pois nem sempre dispõem de meios de informação meteorológica. Veja-se, a título de exemplo, um provérbio inglês:

*"A rainbow in the morning  
is the shepherd's warning.  
A rainbow at night  
is the shepherd's delight."*

Tradução:

*"Um arco-íris pela manhã  
é um aviso para o pastor.  
Um arco-íris durante a noite  
é o encanto do pastor."*

Este provérbio quer dizer que, se está a chover a Oeste do observador de manhã, provavelmente a chuva irá passar por ele durante o dia; por outro lado, se está a chover a Este do observador ao fim do dia o céu na direção Oeste deve estar limpo. A justificação deste provérbio advém do facto de, a estas latitudes (Hemisfério Norte), as mudanças de tempo deslocarem-se geralmente de Oeste para Este.

### 4.3 - Halos

#### 4.3.1 - Introdução

Os fenómenos óticos na atmosfera podem ser causados por vários tipos de partículas: partículas no estado gasoso, cristais de gelo ou gotas de chuva. Já vimos que as gotas de água da chuva podem originar arco-íris; no caso dos cristais de gelo, estes podem formar halos (figura 33), segundo determinadas condições, à semelhança do que se passa com os arco-íris.



**Figura 33:** Fotografia de diferentes halos solares [25].



Os halos são produzidos, principalmente, entre os trópicos e os polos (devido ao clima temperado dessa região), por cristais de gelo alojados nas nuvens do tipo *cirrostratus*<sup>9</sup> entre aproximadamente 5 e 10 km de altitude, na sempre gelada alta troposfera. Os halos surgem no céu quase tantas vezes como os arco-íris. Podem ser vistos, em média, duas vezes por semana.

Os halos mais frequentes são os que se formam à volta do Sol com o observador voltado para este (figura 34A). São estes halos que vamos abordar nesta secção. Quando o observador se encontra de costas voltadas para o Sol também podem ser vistos halos, habitualmente designados por halos antélicos (figura 34B).

Em relação aos halos formados à volta do Sol, o *halo circular de raio 22°* é o mais frequente seguido dos *cães de guarda do Sol*, e, depois, do *arco tangente superior*.

Os cristais de gelo esquematizados na figura 34A são responsáveis pela formação de cada um dos halos. Analisando a figura, temos o Sol rodeado por um *halo circular de 22°* e nos seus flancos os *cães de guarda do Sol*. Depois dos cães de guarda, surge o *círculo falso do Sol*. Os *arcos tangentes superior e inferior* tocam o halo de 22° diretamente, acima e abaixo, respetivamente. O *arco circunzenital superior* está acima de todos os outros halos.



**Figura 34A:** Halos mais frequentes - observador voltado de frente para o Sol - figura adaptada de [26].

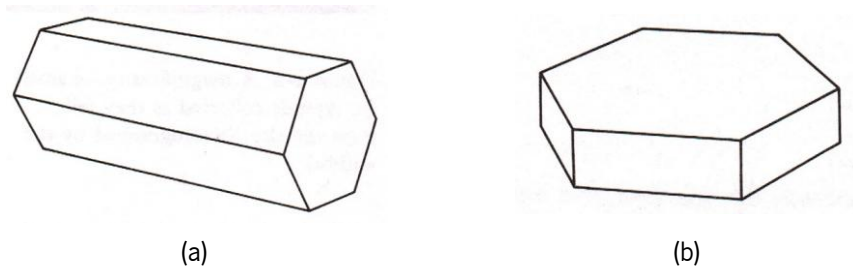
<sup>9</sup> As nuvens *cirrostratus* localizam-se a elevadas altitudes, de espessura fina e são constituídas por cristais de gelo.



**Figura 34B:** Fotografia de halos antéticos - figura adaptada de [26].

#### 4.3.2 - Cristais de gelo – os responsáveis pela formação dos halos

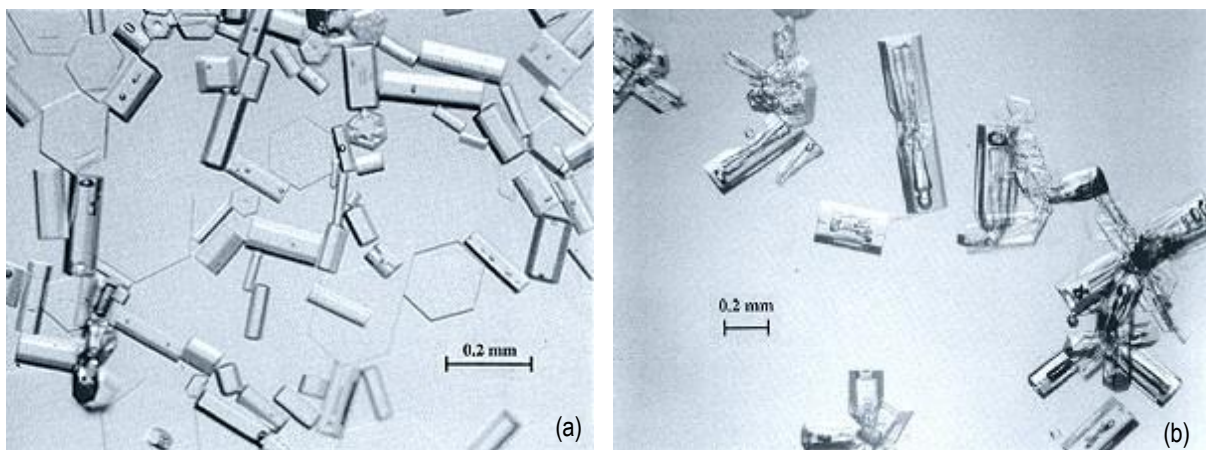
Os cristais de gelo nas nuvens são, geralmente, hexagonais. Estes cristais podem-se apresentar de forma alongada ou achatada, como se pode ver na figura 35. Estas formas têm faces com diferentes dimensões, no entanto, o ângulo por elas formado é o mesmo. Os cristais nas nuvens estão normalmente alinhados numa direção bem definida. Este alinhamento é o resultado das forças aerodinâmicas de arrastamento nos cristais, à medida que estes caem.



**Figura 35:** Cristal hexagonal em forma de coluna (a) e de lâmina (b) [16].

Cada tipo de alinhamento dos cristais favorece de forma diferente o caminho dos raios luminosos que os atravessam e, por isso, cada forma de cristal e orientação originam a sua família de halos.

Nem todos os cristais de gelo numa nuvem podem formar halos. Quando as dimensões dos cristais de gelo são menores do que  $\sim 0,01$  mm, ocorre a difração da luz, o que faz com que o halo formado surja difuso ou muito fraco. Os cristais maiores do que  $0,05$  mm refratam e refletem a luz para produzir halos de boa qualidade.



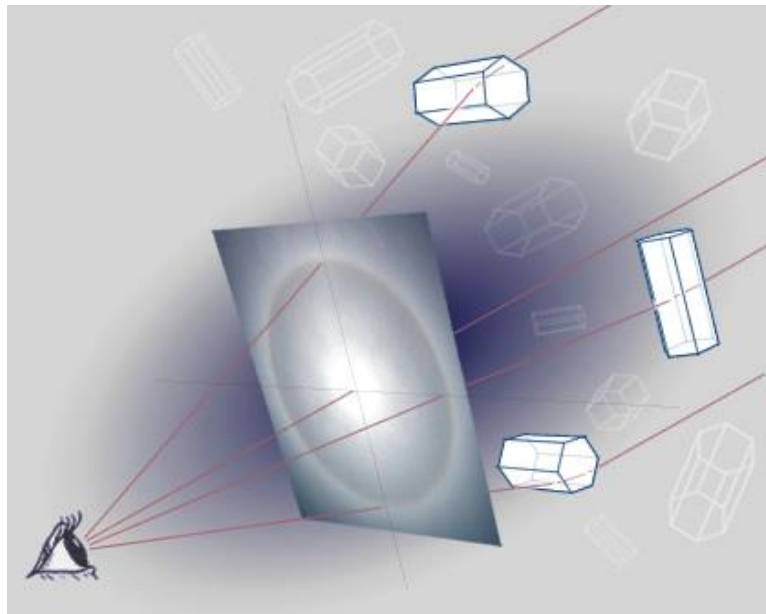
**Figura 36:** (a) Conjunto de cristais reais durante um magnífico halo no Pólo Sul - estes cristais estão na sua forma ideal; (b) Cristais correspondentes a um halo medíocre formado 16 dias depois - de notar que as suas faces são imperfeitas e de maior dimensão [26].

Os halos com maior nitidez ocorrem quando grande parte dos cristais estão alinhados e de tamanho superior a aproximadamente  $0,1$  mm. Contudo, os cristais maiores do que  $1$  mm são, normalmente, desprovidos de qualidade ótica, têm tendência para se desalinham e evidenciam defeitos que prejudicam os seus halos. Portanto, a dimensão do cristal, o alinhamento e a qualidade ótica são, por vezes, inadequados para se formar halos.

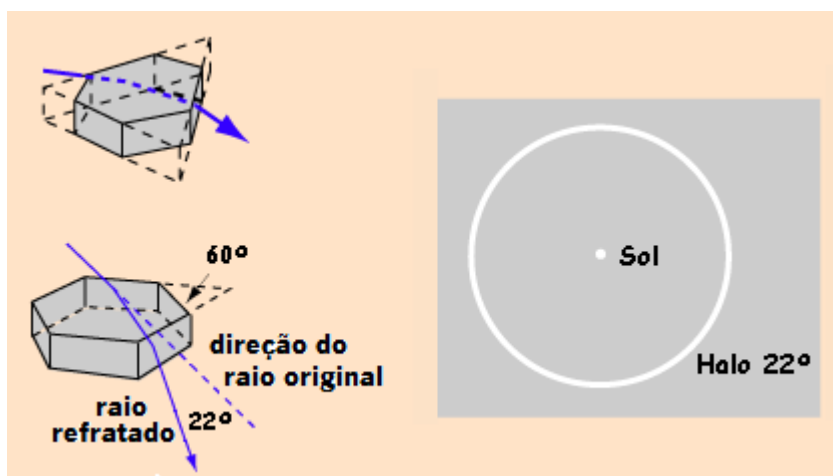
#### 4.3.3 - Os halos de $22^\circ$

Como já foi dito, os halos mais frequentes são os de  $22^\circ$ . Estes podem ocorrer à volta do Sol, ou da Lua, devido à refração dos raios solares nos cristais de gelo do ar ou das nuvens (figura 37). Como se pode ver na figura 38, prolongando-se os lados de um cristal hexagonal, forma-se um

prisma equilátero de  $60^\circ$ . Assim, um raio de luz ao atravessar um cristal na forma de coluna é desviado exatamente como se tivesse passado por um prisma de  $60^\circ$  feito de gelo.



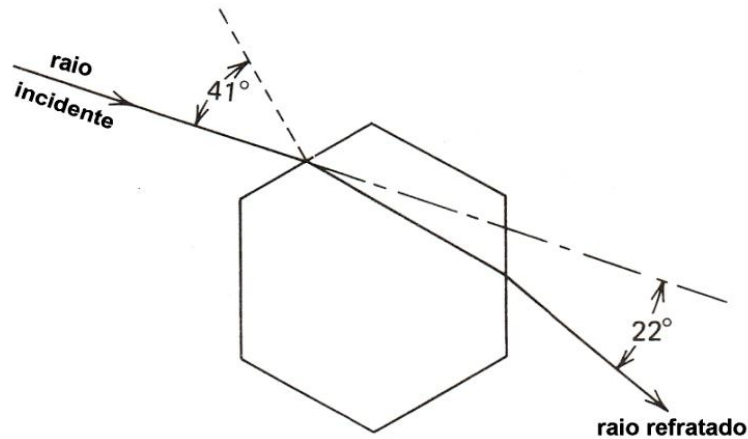
**Figura 37:** Formação um halo de  $22^\circ$ , segundo o ponto de vista de um observador [26].



**Figura 38:** Cristal de gelo hexagonal que pode ser visto como parte de um prisma equilátero de  $60^\circ$  - figura adaptada de [25].

Há uma vasta possibilidade de orientações da face retangular do cristal, relativamente aos raios incidentes, originando assim também ângulos de refração diferentes. No entanto, tal como ocorre nos arco-íris, também nos halos de  $22^\circ$  há uma condição para o ângulo de incidência. Esse ângulo terá de ser de  $41^\circ$  para que o raio refratado faça um ângulo de  $22^\circ$  relativamente à direção do raio incidente (figura 39), designado também de ângulo de desvio mínimo. Para os cristais de gelo que estão orientados de modo que a luz solar atinja uma das faces retangulares segundo um ângulo

ligeiramente maior ou menor do que o de  $41^\circ$ , o ângulo de desvio mínimo continuará a ser muito próximo de  $22^\circ$ . É o mesmo argumento que se dá para o *Raio de Descartes* no arco-íris: a concentração de raios desviados para ângulos próximos de  $22^\circ$  origina um arco à volta do Sol, o halo de  $22^\circ$ .



**Figura 39:** Geometria para o ângulo de desvio mínimo do raio incidente na face retangular de um cristal - figura adaptada de [27].

A partir do estudo do prisma de dispersão, chegou-se à equação 20, aqui abaixo reproduzida, onde  $n$  é o índice de refração do material que constitui o prisma,  $\alpha$  será o ângulo interno do vértice do prisma e  $\delta_m$  é o ângulo de desvio mínimo.

$$n = \frac{\sin \left[ \frac{(\delta_m + \alpha)}{2} \right]}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (20)$$

Consultando-se uma tabela de índices de refração e para a luz padrão<sup>10</sup>, sabe-se que o do gelo é  $n = 1,31$ . Como o prisma é equilátero,  $\alpha$  é de  $60^\circ$ . Temos, portanto, todas as condições para determinar  $\delta_m$  a partir da equação 20.

$$1,31 = \frac{\sin \left[ \frac{(\delta_m + 60^\circ)}{2} \right]}{\sin \frac{60^\circ}{2}}$$

$$\sin \left( \frac{\delta_m}{2} + 30^\circ \right) = 0,655$$

<sup>10</sup> Luz amarela emitida pelo sódio com  $\lambda = 589$  nm.

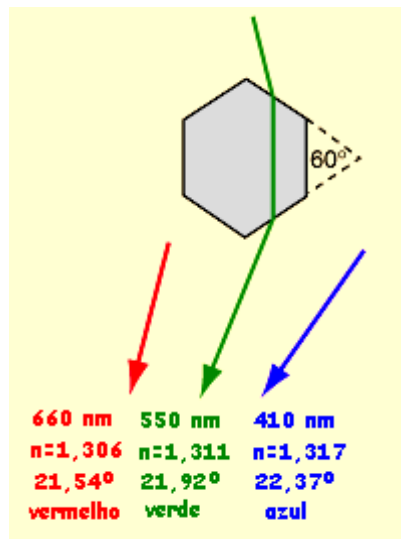
$$\frac{\delta_m}{2} + 30^\circ = \sin^{-1}(0,655)$$

$$\frac{\delta_m}{2} + 30^\circ = 40,9^\circ$$

$$\delta_m = 21,8^\circ$$

Obteve-se para  $\delta_m$  um ângulo de  $21,8^\circ$ , que está de acordo com o esperado atendendo à designação *halo de  $22^\circ$* .

Tal como acontece nos arco-iris, a refração que origina o halo afeta de forma diferente a luz azul e a luz vermelha. A luz azul vai sofrer um desvio ligeiramente maior do que a luz vermelha, dando origem à tonalidade vermelha no interior do halo. Para se verificar esta evidência, determinam-se os ângulos de desvio mínimo, utilizando  $n = 1,306$  para o vermelho e  $n = 1,317$  para o azul. Obtém-se, assim, para o vermelho  $21,54^\circ$  e para o azul  $22,37^\circ$ , o que confirma o observado (figura 40).

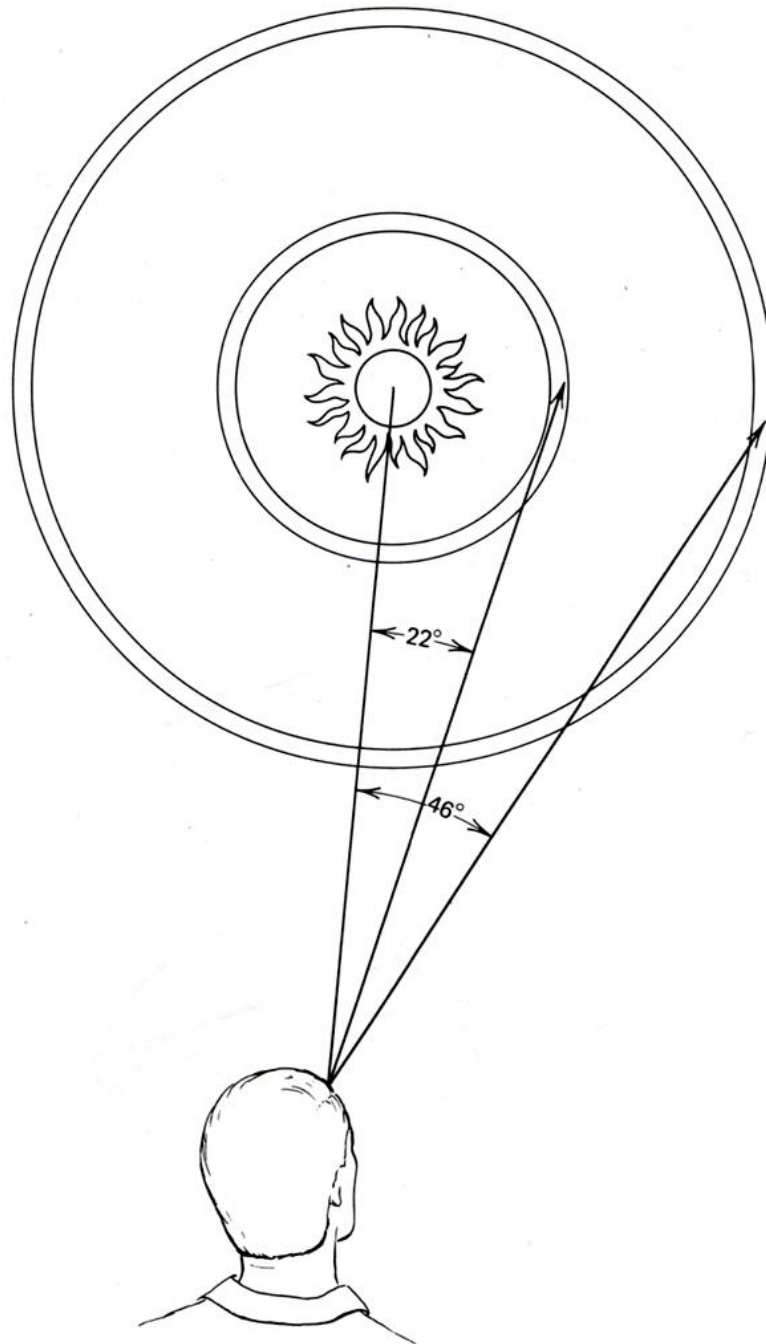


**Figura 40:** Separação da luz branca por dispersão no prisma - figura adaptada de [25].

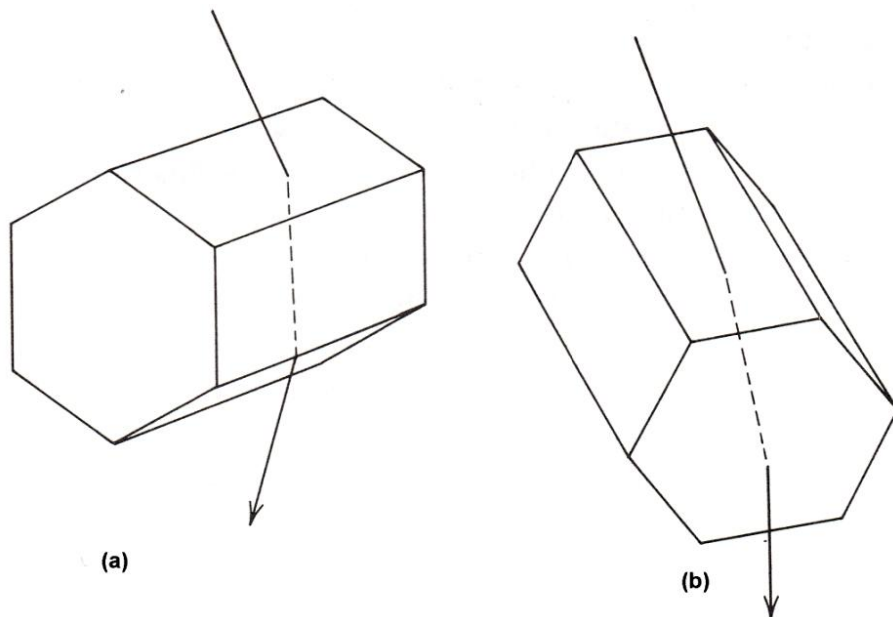
Para além do efeito das cores, uma vez que há pouca luz desviada para ângulos menores do que  $22^\circ$ , o interior do halo surge mais escuro do que o resto do céu.

Por vezes, para além do halo de  $22^\circ$ , surge um outro de maior diâmetro também centrado no Sol (ou Lua), mas com o ângulo de desvio de  $46^\circ$  (figura 41). Nesse halo, em vez de a luz entrar e

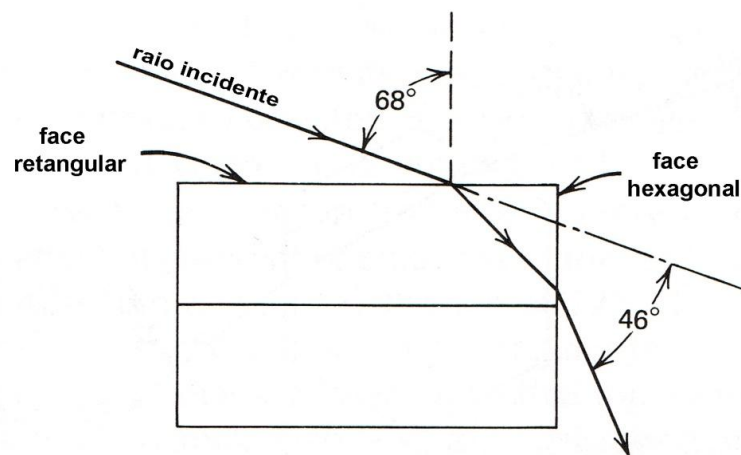
sair nas faces retangulares do cristal, como ocorre no de  $22^\circ$ , a luz entra numa face retangular e sai numa face hexagonal, ou vice-versa [figuras 42 b) e 43].



**Figura 41:** Halo de  $22^\circ$  e de  $46^\circ$  formado à volta do Sol [27].



**Figura 42:** Dois tipos de refração para cristais hexagonais. A configuração (a) produz o halo de  $22^\circ$  enquanto que a configuração (b) produz o de  $46^\circ$  [27].



**Figura 43:** Geometria para a formação do halo de  $46^\circ$  - figura adaptada de [27].

Quando julgarmos estar na presença de um halo de  $22^\circ$ , podemos abrir a mão, com o braço e os dedos bem esticados, o dedo polegar a coincidir no centro do Sol (ou Lua) e, se o dedo mindinho se aproximar do arco do halo, então estamos na presença de um halo de  $22^\circ$  (figura 44).





**Figura 44:** Técnica para reconhecer um halo de 22° [28].

O halo tem sempre o mesmo diâmetro, quando observado no céu. Por vezes, apenas parte do seu círculo é visível. Poder-se-á também observar um anel colorido muito mais pequeno; este designa-se por coroa solar.

#### **4.3.4 - Cães de guarda do Sol (ou parélios)**

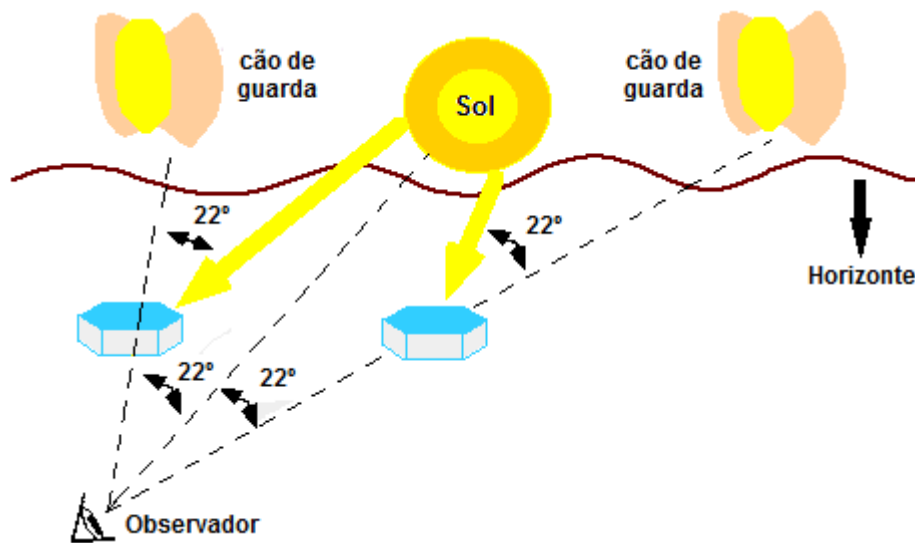
Os cães de guarda do Sol são os segundos halos mais frequentes e surgem, na maior parte das vezes, quando o Sol está baixo (figura 45). Estes, por vezes, designam-se também de parélios ou falso Sol.

Os cães de guarda do Sol revelam que as nuvens albergam lâminas cristalinas hexagonais [figuras 35 b) e 46]. Estas lâminas, quando caem, flutuam muito lentamente com a sua face maior quase sempre horizontal. Os cães de guarda formam-se quando a luz atravessa o cristal através das suas faces que fazem um ângulo de 60° entre si. Imagine-se que uma linha horizontal atravessa o centro do Sol e cruza o halo de 22° em dois pontos. Nos pontos onde essa linha cruza o halo, é onde se localizam os cães de guarda, que visualmente são duas manchas brilhantes. A luz refratada para esses pontos é muito mais intensa que a que origina o halo de 22°, o que faz com que por vezes estas manchas possam ser visualizadas e o halo de 22° não.

Ao contrário do halo circular de 22°, os cães de guarda do Sol não estão sempre a 22° do Sol. À medida que o Sol toma uma posição mais alta, eles afastam-se do halo de 22° porque os raios que os estão a formar tornam-se cada vez mais inclinados, relativamente ao eixo do cristal.



**Figura 45:** Fotografia obtida de um cã de guarda do Sol [29].



**Figura 46:** Esquema com a formação dos cãs de guarda; os raios refratados, saídos dos cristais, fazem um ângulo de  $22^\circ$  com o local onde se encontra o observador; a imagem não se encontra à escala - figura adaptada de [30].

Dado haver uma variadíssima possibilidade de orientações da luz que atravessa os cristais de gelo, no **Apêndice 3** apresentam-se mais efeitos originados.

## 4.4 - Miragens

### 4.4.1 - Introdução

A miragem é um fenômeno ótico que já levou muitos homens sedentos que viajavam pelo deserto ao desespero. São comuns os relatos destes viajantes, afirmando observar “lençóis de água” sobre as areias do deserto, mas que desapareciam ao se aproximarem. Na realidade, estas visões não se tratavam de uma ilusão ótica, mas sim da imagem do céu azul. Não é só no deserto que é possível observarem-se miragens. Em dias quentes é comum observarem-se miragens em zonas relativamente planas. Uma das mais comuns surge nas estradas, em que se pode observar "projetado" no asfalto o céu azul, que mais parece um lençol de água (figura 47).



**Figura 47:** Miragem do céu num dia de calor [31].

Uma miragem é uma imagem virtual originada pela refração da luz proveniente do objeto (que poderá ser o céu), devido à variação gradual do índice de refração do ar junto ao solo.

A refração da luz na atmosfera é provocada pela variação da densidade do ar, resultante, sobretudo, da variação da pressão com a altitude. Contudo, quando se considera a zona da atmosfera próxima ao solo, o fator decisivo na variação da densidade do ar é a variação da

temperatura. O aquecimento do ar provoca a sua expansão, pelo que, sob a mesma pressão, o ar quente é menos denso do que o ar frio e, por sua vez, com um índice de refração menor.

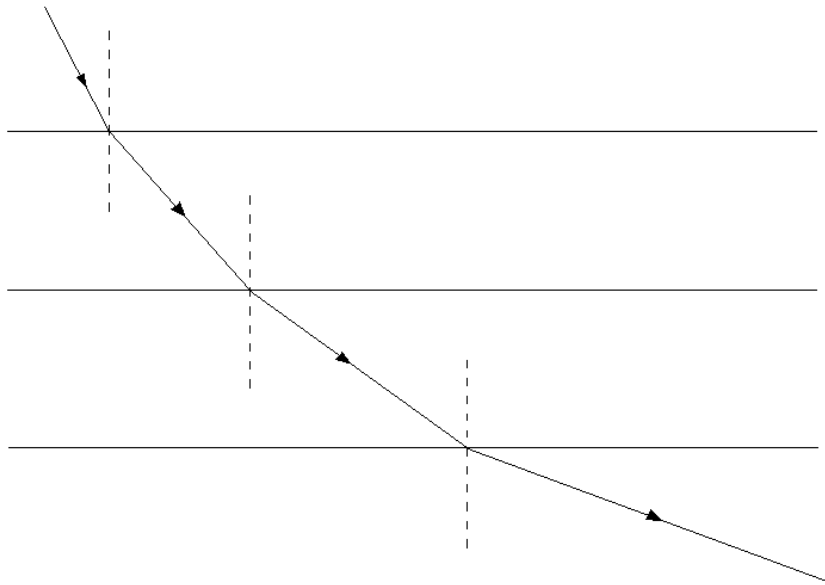
Há uma vasta gama de possíveis condições atmosféricas e uma igualmente ampla gama de miragens possíveis. Portanto, só se descreverão aquelas que são mais comuns de se observar.

#### **4.4.2 - Miragens inferiores**

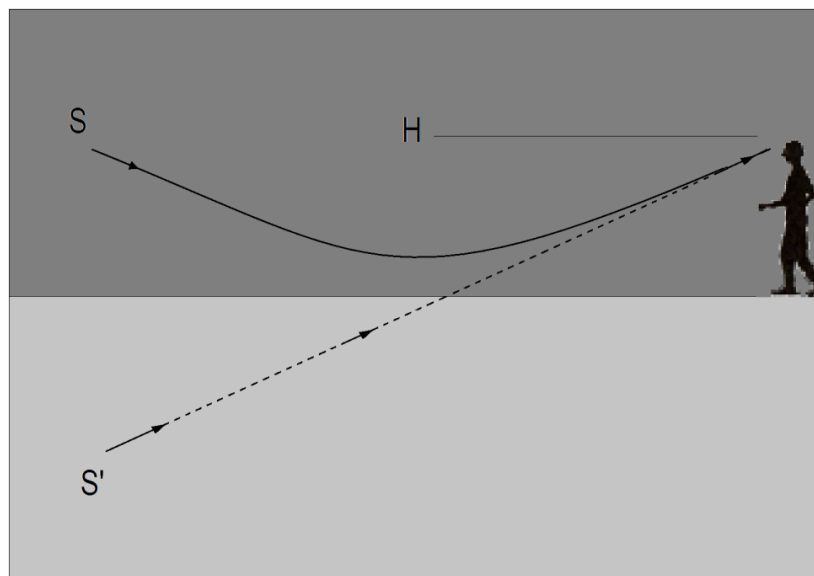
As miragens que ocorrem nos desertos e nas estradas são classificadas como *miragens inferiores*, dado que surgem abaixo da linha do horizonte do observador. Estas miragens também podem ser observadas a poucos metros de nós, como por exemplo no tejadilho ou capô de um automóvel num dia de calor.

A miragem da água cintilante, num deserto ou numa estrada, é, nada mais nada menos, do que o céu azul, cujos raios foram refratados através de uma fina camada de ar aquecido logo acima do solo.

O índice de refração do ar é proporcional à sua densidade que, por sua vez, varia com o inverso da temperatura. Perto da superfície da estrada, os raios solares percorrem um trajeto passando do ar mais denso para o ar menos denso (maior temperatura próximo do chão), como esquematizado de forma simplificada nas figuras 48 e 49. A velocidade da luz é superior nas camadas menos densas da atmosfera; pelo *Princípio de Fermat* – entre dois pontos, a luz segue a trajetória para a qual o percurso ótico é mínimo [5] –, assim o tempo de viagem da luz é minimizado quando esta segue uma trajetória que, embora mais longa, se situa o mais possível nessas camadas. Essa trajetória, cujo encurvamento é sempre no sentido de uma progressão para as camadas de ar mais densas, satisfaz o *Princípio de Fermat* do tempo mínimo. O grau de curvatura do raio depende do gradiente de temperatura, ou seja, quanto maior for o gradiente de temperatura do ar maior será a curvatura dos raios solares.



**Figura 48:** Representação esquemática do trajeto de um raio de luz que atravessa uma camada de ar com índices de refração sucessivamente menores.



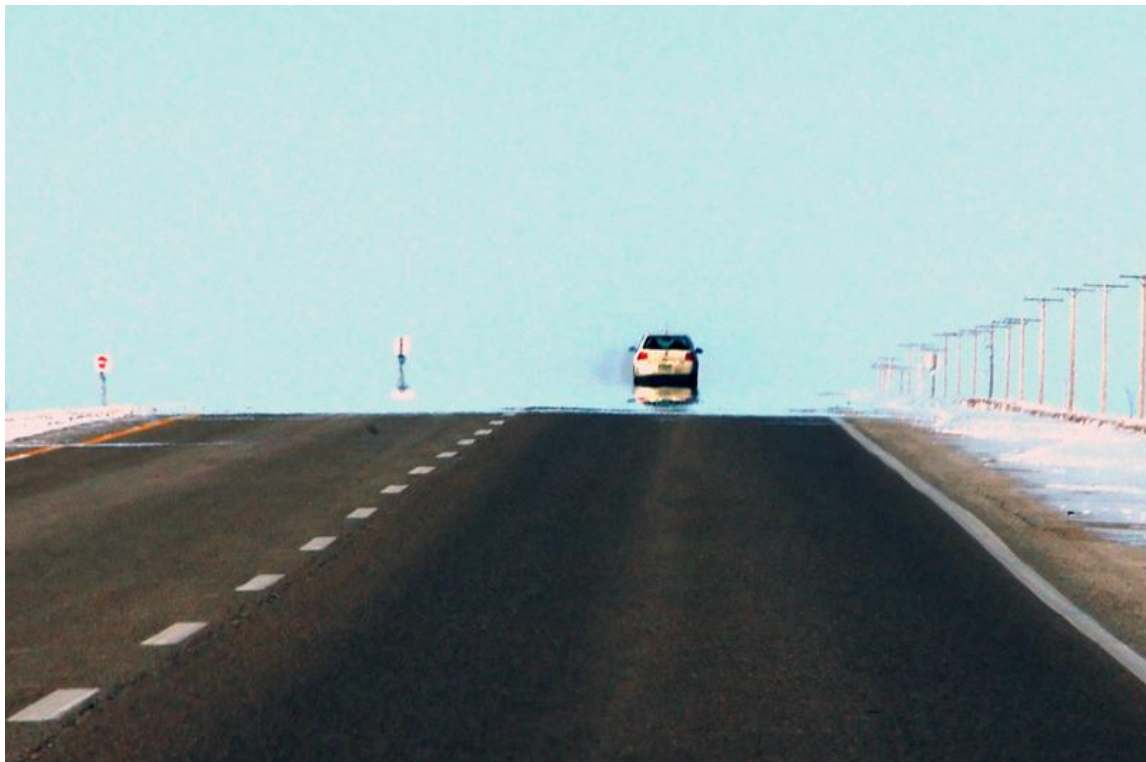
**Figura 49:** Esquema referente à formação de uma miragem inferior. Estas miragens ocorrem quando, um raio de luz  $S$  proveniente de cima do horizonte  $H$  é refratado pelo ar cujo índice de refração diminui rapidamente até ao solo. O raio atinge o olho do observador que julga ser proveniente de  $S'$ , abaixo do horizonte - figura baseada em [17].

Qualquer objeto próximo do horizonte pode ser observado como uma miragem, é o caso dos automóveis das figuras 47 e 50. Para um gradiente de temperatura constante, a trajetória dos raios de luz é parabólica.

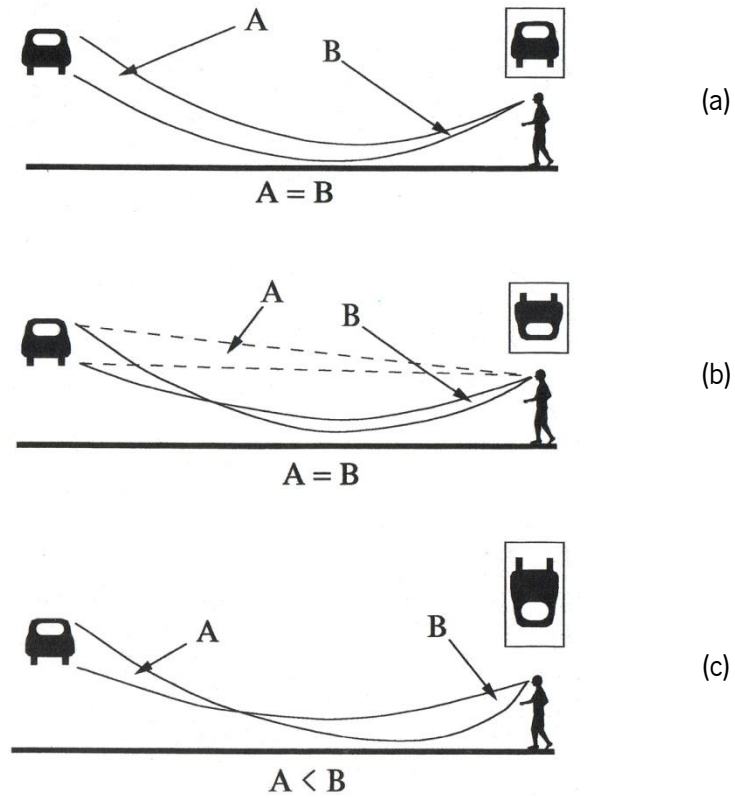
Embora possamos associar as miragens a um fenómeno de verão, essa não se trata de uma condição necessária. A temperatura absoluta do ar é indiferente, sendo a rapidez com que a

temperatura se altera com a altitude o aspeto fundamental. De facto, conseguem-se miragens fantásticas quando de inverno o ar frio é aquecido pelo asfalto que por sua vez é aquecido pelo Sol (figura 50).

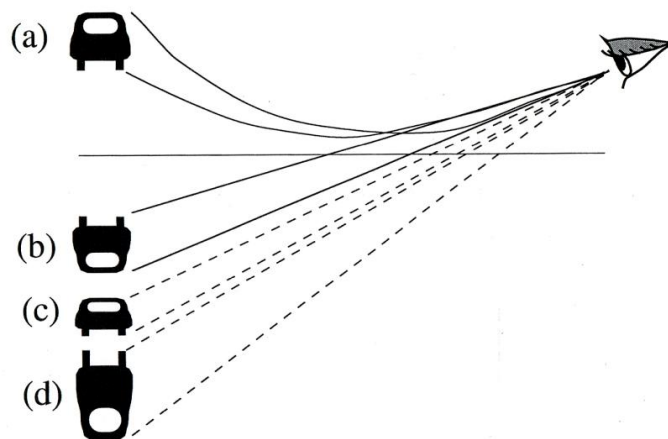
Quando o gradiente de temperatura é uniforme, a miragem não surge distorcida. No entanto, quando esse gradiente varia com a distância ao solo (por exemplo de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  por metro próximo da estrada para  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  por metro mais acima), a imagem pode surgir invertida. Essa alteração pode passar despercebida quando o objeto que origina a miragem é o céu, mas quando se trata de um automóvel, por exemplo, já é detetável. Poderão surgir outras variações no gradiente de temperatura, não só invertendo a imagem, mas também esticando-a, ou comprimindo-a (figuras 51 e 52). Essas distorções designam-se de "*towering*" e "*stooping*", respetivamente. Exemplificam-se essas situações com um automóvel que pode tomar as seguintes formas (figura 51): (a) nesta situação, em que a inclinação dos raios que chegam ao observador  $B$  é igual à inclinação que eles têm ao afastarem-se do objeto  $A$ , a miragem (esquematizada na caixa por cima do observador) surge direita e do mesmo tamanho angular que o objeto; (b) nesta situação, em que os raios se cruzam, a imagem surge invertida - situação mais frequente; (c) nesta situação, em que a inclinação dos raios que chegam ao observador,  $B$ , é maior do que a inclinação que eles têm ao afastarem-se do objeto,  $A$ , a miragem surge invertida e distorcida verticalmente (esticada).



**Figura 50:** Miragem inferior do céu azul e de um automóvel; fotografia tirada de inverno [32].



**Figura 51:** Algumas formas possíveis da miragem de um automóvel [17].

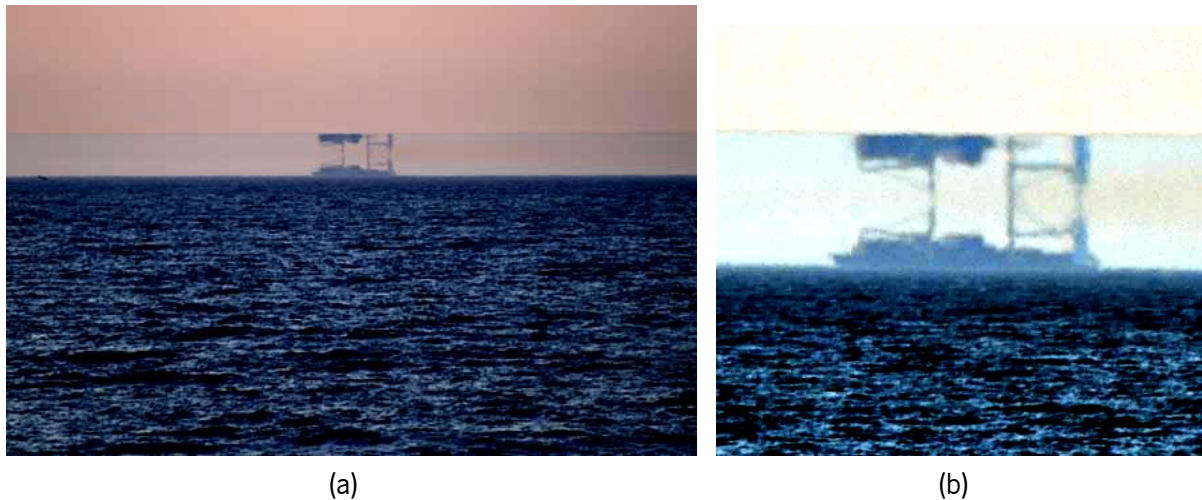


**Figura 52:** Possíveis miragens de um automóvel (a) que pode surgir como miragem invertida (b), direita e comprimida (c) ou invertida e esticada (d) [17].

Em alguns casos, já mais complexos, a imagem surge muito distorcida e impercetível, dado que diferentes partes da imagem sofrem distorções diferentes.

#### 4.4.3 - Miragens superiores

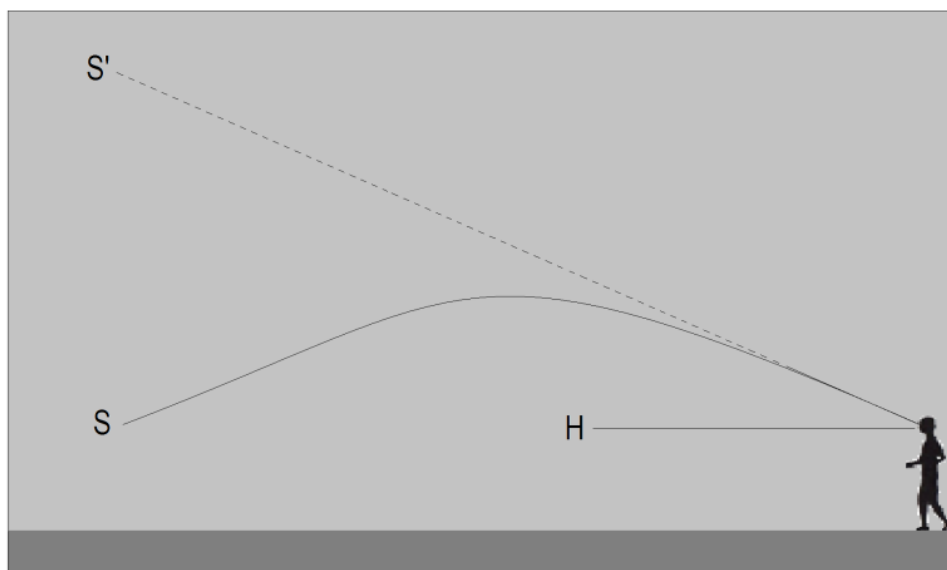
Numa viagem de barco ou na praia, por vezes observam-se imagens invertidas de navios distantes acima destes. Um habitante de uma planície pode também ocasionalmente, observar montanhas distantes onde estas não existam. Estes são exemplos de *miragens superiores* que podem surgir acima da linha do horizonte (figura 53).



**Figura 53:** Miragem superior (a) e respetiva ampliação da zona da miragem (b) [33].

Normalmente, a temperatura do ar diminui com a altitude; no entanto, para se observar as miragens superiores, tem de se verificar o contrário, ou seja, a temperatura do ar terá de aumentar com a altitude. Os raios de luz que se propagam próximo do horizonte atravessam camadas de ar gradualmente mais quentes, sendo refratados para baixo (figura 54) e observar-se a miragem acima da linha do horizonte. A inversão verificada na temperatura pode ser causada pelo arrefecimento noturno do solo ou pela diferença de temperatura da água do mar e do ar acima dessa. Na primeira situação poderá aparecer uma montanha que na realidade não exista nesse local. Na segunda situação, poder-se-á avistar um barco, como miragem, por cima do real (figura 53).





**Figura 54:** Esquema referente à formação de uma miragem superior - figura baseada em [17].

As miragens superiores são mesmo capazes de trazer à vista objetos abaixo do horizonte. Diz-se que os gronelandeses ocasionalmente avistavam a América do Norte (miragem superior), mesmo antes dos europeus descobrirem essas terras.

Tal como acontece nas miragens inferiores, as miragens superiores também podem surgir de variadíssimas formas. Para além do alongamento e inversão da imagem, podem surgir outras distorções: o efeito *hillingar*, o efeito *hafgerdingar* e o efeito *Nova Zembla* [17].

O efeito *hillingar* é originado quando o gradiente de temperatura é pouco acentuado, uniforme e se estende horizontalmente para ambos os lados da direção de observação. Nestes casos, o horizonte é refratado de tal forma que surge plano ou ligeiramente côncavo para cima.

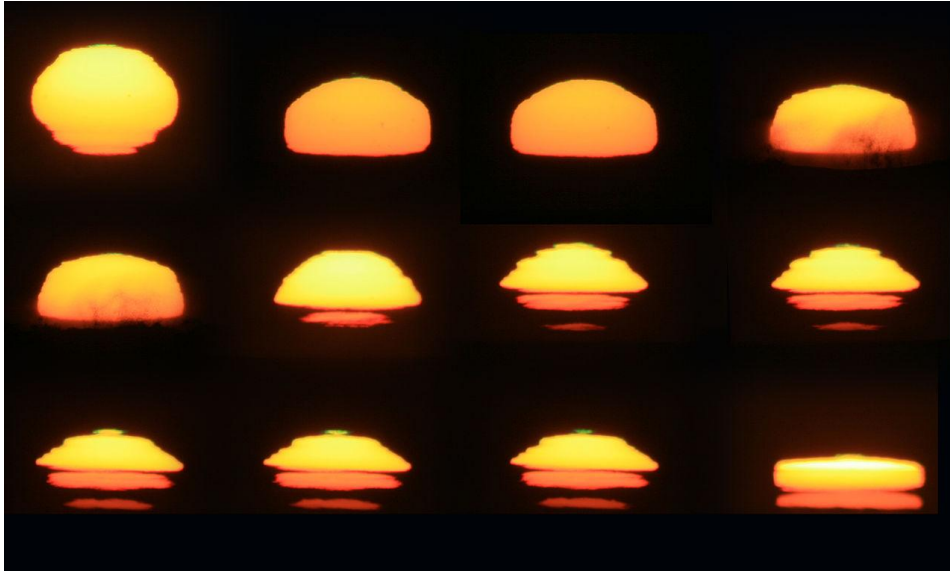
O efeito *hafgerdingar* pode ocorrer com objetos distantes ou com o próprio horizonte, onde se verifica a distorção destes, parecendo torres de castelos (figura 55). As "torres" são originadas por fortes variações não uniformes da temperatura. Estas miragens distorcem significativamente os objetos refratados de tal forma que esses ficam completamente irreconhecíveis. Estas miragens são tradicionalmente designadas por "Fata Morgana"<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> O nome atribuído a estas miragens deve-se ao nome italiano da feiticeira do Rei Artur - *Morgan le Fay*. Dita a crença que, as miragens muitas vezes observadas no Estreito de Messina de castelos no ar, seriam criadas por bruxaria para atrair os marinheiros para a morte.

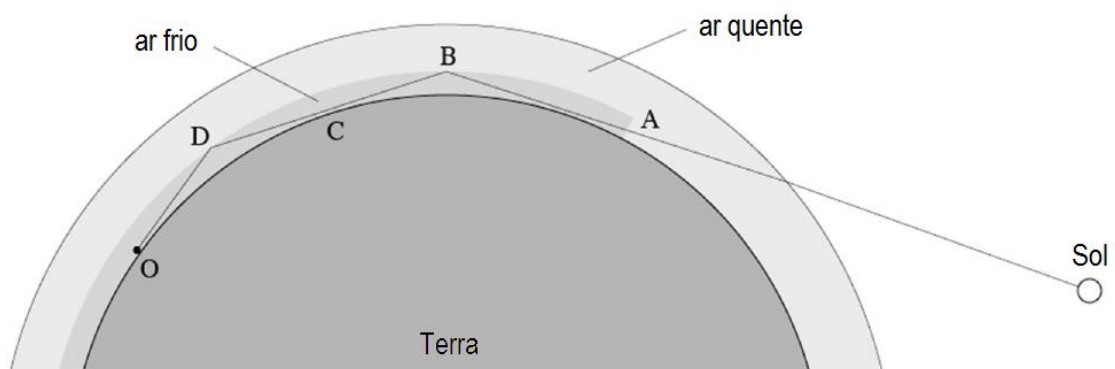


**Figura 55:** Fotografia de uma miragem com "torres" (efeito *hafgerdinga*) [34].

O outro tipo de miragens, causadas pelo efeito designado de "Nova Zembla" (ilha siberiana - *Novaya Zemlya*), origina múltiplas imagens do Sol, ou parte deste. Estas imagens observam-se após o pôr do Sol (figura 56). A luz é conduzida através de uma camada de ar, junto do horizonte, onde se verificam múltiplos desvios que originam trajetórias irregulares da luz, tal como acontece numa fibra ótica onde ocorre a reflexão total da luz. Os raios de luz viajam assim centenas de quilómetros na camada superior da atmosfera (figura 57).



**Figura 56:** Sucessivas fotografias do pôr do Sol a originar uma miragem "Nova Zembla" [35].



**Figura 57:** Esquema representativo do efeito "Nova Zembla". Reflexão interna total da luz na atmosfera até ao observador O - figura adaptada de [36].

Para além destes três efeitos que originam miragens superiores, pode ocorrer outro tipo de miragem também superior, conhecida por "Fata Bromosa" (névoa de fadas). Estas aparecem como uma névoa horizontal sobre a água, ou em regiões do ártico, nas grandes extensões de neve. No **Apêndice 4** apresenta-se uma ocorrência histórica deste tipo de miragens.

#### 4.4.4 - Miragens laterais

Também podem ocorrer miragens em paredes, tal como se se tratasse de um espelho (figura 58). Quando isso acontece, estamos perante uma miragem lateral. As condições para que esta

miragem ocorra são semelhantes às da miragem inferior; no entanto, o gradiente de temperatura ocorre lateralmente, estando a parede a uma temperatura superior à do ar que se encontra apenas a alguns centímetros desta.



**Figura 58:** Miragem lateral de uma pessoa próxima da parede [17].

## 5 - Conclusão

O tema aqui explorado, fenómenos óticos observáveis na atmosfera, por si só, não é tema de nenhuma unidade do currículo nacional das disciplinas da área da Física e da Química. No entanto, e como já foi referido, o tema faz parte das aplicações necessárias para a compreensão das leis e princípios adjacentes à Luz, que também foram explorados neste capítulo.

Em termos de sala de aula, o tema "Luz" é explorado de diversas formas, dependendo essencialmente dos fatores: ano de escolaridade em que os alunos se encontram, enquadramento geográfico da escola, recursos materiais disponibilizados pela escola e relação professor-turma. Estes fatores influenciam o grau de dificuldade e conseqüente aprofundamento do tema, o interesse dos alunos em saber mais ou apenas o essencial para as avaliações externas, o formato dos materiais preparados (devido à falta de material laboratorial ou falta de recursos digitais) e também a motivação do professor.

Na secção 2.1 do Capítulo 3, exemplificam-se algumas estratégias e recursos utilizados para a exploração do tema proposto.

## **CAPÍTULO 3 - ATIVIDADE PROFISSIONAL**

### **1 - Experiência profissional**

A licenciatura em Física - ramo educacional, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, foi essencial para o abrir das portas na área do ensino das Ciências. Essa formação inicial foi também importante para o desempenho da profissão de docência de forma segura. É fundamental que o professor tenha uma formação sólida nas componentes científica e pedagógica antes de se iniciar na carreira de docente. As restantes competências e saberes só se desenvolvem e aperfeiçoam com a prática profissional.

Relativamente à experiência profissional, esta considera-se ser vasta e, sobretudo, diversificada. A profissão de professor – e formador – já foi exercida em estabelecimentos de ensino privados e públicos, em que os desafios propostos e objetivos têm particularidades distintas. Já foram lecionadas disciplinas da área da Física e Química, da área da Eletricidade e da Componente de Formação Sociocultural, mais especificamente a disciplina de Área de Integração. Este vasto e amplo ensaio docente resulta da experiência obtida em catorze estabelecimentos de ensino diferentes (**Apêndice 5**). A maior parte das disciplinas ministradas distribuíram-se pelo 3.º Ciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário. Em casos pontuais já foram lecionadas as disciplinas de Informática a alunos do 1.º Ciclo e Matemática a alunos do 6.º ano de escolaridade, na modalidade de apoio.

Em quase todas as escolas, cumulativamente com a função de docência, foi desempenhado o cargo de **Diretor de Turma**. Cargo esse muito exigente a todos níveis, uma vez que requer do professor diferentes competências que só com muita dedicação e experiência se alcançam, pelo menos quando se pretende obter, pelo zelo e seriedade profissional, um bom desempenho.

Burocraticamente, o Diretor de Turma tem de saber consultar e aplicar a legislação geral em vigor, a nível educativo, a qual tem de articular devidamente com o regulamento interno de cada escola, para além de presidir aos Conselhos de Turma, os quais requerem a respetiva preparação atempada, proceder à realização do Projeto Curricular de Turma (agora com a designação de Plano de Turma), entre muitas outras tarefas administrativas.

A experiência de direção de turma no ensino particular proporcionou o desenvolvimento de muitas destas competências, nomeadamente na relação interpessoal fundamental para com os pares envolvidos, alunos/professores e encarregados de educação/professores. O facto de haver maior

proximidade por parte da família dos alunos, maior conhecimento das dificuldades ou capacidades que estes apresentam e das perspectivas futuras, é um facilitador do objetivo comum, o sucesso acadêmico e social dos alunos. Durante todo este processo surgem diversas barreiras e a necessidade de as ultrapassar, nomeadamente a mediação de conflitos, entre alunos, entre alunos e professores e entre encarregados de educação e professores, sendo estes últimos os mais difíceis de gerir.

A relação com os alunos é sempre de proximidade, disponibilidade, procura de autenticidade, estima e respeito, de parte a parte. Deste modo, é possível ganhar a sua confiança, conquistar o seu respeito, assumindo-se, o professor/Diretor de Turma, como um orientador, alguém que está sempre disponível e que procura estimular a sua motivação e entusiasmo, elevando a sua autoestima. Muitas vezes, essa proximidade é suficiente para se conseguir o sucesso educativo com a recuperação do aproveitamento escolar.

Apesar da exigência inerente ao cargo, no final de todo o processo, trata-se de uma experiência muito gratificante e enriquecedora a nível pessoal, sobretudo no relacionamento com os alunos.

No ano letivo de 2007/2008, por designação do Conselho Pedagógico do Colégio Ellen Key, foi exercida a função de **Professor Acompanhante na Profissionalização em Serviço** de uma docente. Sendo a formação inicial da professora em formação era na área da Química - ramo científico, e a do professor acompanhante em Física - ramo educacional, a complementaridade da formação inicial de ambos os professores contribuiu, de forma positiva, para o processo ensino-aprendizagem, uma vez que houve uma partilha de experiências profissionais no sentido do construtivismo da formação didático-pedagógica. Tratou-se de uma experiência enriquecedora a vários níveis, uma vez que permitiu uma melhoria própria. O ser humano é muito pouco recetivo a nível das críticas. A humildade de ambas as partes permitiu um crescimento mútuo.

Durante o acompanhamento, demonstrou-se que a seleção de metodologias de ensino e a construção de bons materiais de apoio eram muito importantes para as atividades de sala de aula. A motivação dos alunos para as Ciências foi também um dos aspetos trabalhados. Assim, realizaram-se visitas de estudo, atividades em laboratório com cariz mais lúdico no sentido, também, de desmistificar a Química e a Física. Estas áreas da Ciência fazem parte do nosso quotidiano e não só da Escola, daí que, nessas atividades, se tentasse, sempre que possível, levar os materiais de casa para o laboratório e explicar fenómenos do nosso quotidiano.

A presença de outro professor na sala de aula pode ser constrangedora para ambas as partes, no entanto, no final, há muitos aspetos positivos. Saem a ganhar os alunos e ambos os professores. Os alunos porque têm dois professores que poderão trabalhar em conjunto com um único objetivo e os professores porque partilham experiências diferentes e enriquecem as suas estratégias de atuação. Ultrapassada a fase do constrangimento, as aulas observadas foram assim consideradas como um elemento essencial na formação de ambos os professores.

A partilha de materiais de trabalho e a interajuda foram uma constante. Tratou-se de uma experiência que permitiu o desenvolvimento de muitas competências, na área atitudinal, pedagógica e científica.

Nos anos letivos de 2005/2006 e 2006/2007 realizou-se a **correção de Exames Nacionais** da disciplina de Física do 12.º ano de escolaridade. No ano letivo seguinte, realizou-se a correção de Exames Nacionais da disciplina de Física e Química A.

Esta função de corretor de Exames Nacionais foi sempre desempenhada com muita responsabilidade e sobretudo sentido de aprendizagem. Nas reuniões e contactos com o supervisor designado pelo GAVE (atual IAVE), a troca de opiniões e a uniformização de critérios de correção permitiram uma melhoria nos padrões de qualidade em posteriores avaliações. Esta tarefa também prepara o professor para a construção de questões-tipo de exame e para a definição de critérios de correção/classificação conformes aos dos Exames Nacionais.

A diversidade de respostas às questões das provas também permitiu identificar um maior número de conceções erradas em determinados conteúdos da disciplina, sendo uma mais valia para a planificação das atividades letivas.

## **2 - Projetos desenvolvidos**

### **2.1 - Projetos em sala de aula**

Nesta secção são apresentados alguns recursos materiais elaborados relacionados com o tema "Luz", bem como projetos ou atividades realizadas em sala de aula com alunos. Não pretende ser uma listagem exaustiva de todo o trabalho realizado com os alunos, mas apenas daqueles projetos ou atividades que, por um ou outro motivo, se consideram mais relevantes.

No **Apêndice 6** estão apresentadas duas fichas de trabalho utilizadas no 11.º ano de escolaridade, uma dedicada exclusivamente aos fenómenos óticos observáveis na atmosfera e a outra de cariz mais geral que explora os conhecimentos sobre as leis e princípios relacionados com a Luz.

A utilização dos RED é, sempre que possível, uma constante na planificação das atividades de sala de aula. Assim, no **Apêndice 7** apresenta-se um guião de exploração de uma simulação multimédia. Essa simulação é explorada de diversas formas, dependendo das circunstâncias, nomeadamente material disponível na escola e características dos alunos. A simulação pode ser utilizada ao longo de uma apresentação em *PowerPoint* para explicar os fenómenos (na falta de material laboratorial ou instalações), como resumo/síntese no final da unidade ou como trabalho de casa para aferir conhecimentos.

No **Apêndice 8** é apresentado um recurso em formato de apresentação multimédia utilizando o software *Microsoft PowerPoint*. Tal como se apresenta, este recurso foi utilizado na leção da Unidade 2 do Capítulo 1 - "Propriedades e aplicações da luz", no 8.º ano de escolaridade.

Como **Apêndice 9**, surgem alguns materiais desenvolvidos com o objetivo de despertar a curiosidade dos alunos para iniciar o tema "Propriedades e aplicações da luz", da Unidade 2 do Capítulo 1 do 8.º ano de escolaridade. Esses materiais continuam a ser utilizados no domínio "Luz" no mesmo ano de escolaridade (novo programa da disciplina).

Parte do ano letivo de 2015/2016 foi dedicado ao Ensino Profissional. O **Ensino Profissional** tem algumas especificidades que obrigam a adaptar metodologias de ensino. Não sendo esse o objetivo dessa modalidade de ensino, a verdade é que grande parte dos alunos que o frequentam são alunos desmotivados a nível do processo de ensino e aprendizagem, com já algumas retenções no seu percurso académico e que revelam diversas lacunas comportamentais e ao nível dos conhecimentos.

Em resposta a essas necessidades, as metodologias de ensino, os instrumentos e os critérios de avaliação tiveram de ser adaptados às especificidades dos cursos e dos alunos. Nesse sentido, foi valorizado o domínio prático, quer ao nível de estratégias de sala de aula, quer ao nível da avaliação.

No **Apêndice 10** apresentam-se alguns dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos no Módulo F3 - Luz e Fontes de Luz.



Quando as escolas não se encontram equipadas com o material necessário para algumas atividades laboratoriais, há a necessidade de procurar alternativas.

No 9.º ano de escolaridade, uma das formas de contornar a falta de sensores para as atividades relacionadas com o movimento de corpos é a utilização do **programa de livre acesso Tracker**. Com a filmagem do movimento de corpos e a posterior análise de dados com o programa, é também possível alcançar as metas delineadas pelos autores dos programas curriculares. No **Apêndice 11** apresentam-se algumas fotografias de uma exploração da atividade "Posições e tempos em movimentos reais", realizada no ano letivo de 2015/2016.

Pretende-se com este exemplo demonstrar que, por vezes, há alternativas para a realização das atividades laboratoriais e não é por falta de material que estas não se realizam. É certo que requer maior empenho, preparação e até imaginação por parte do professor. Os próprios alunos podem ajudar a criar alternativas, desenvolvendo assim também outras competências processuais.

No ano letivo de 2012/2013, realizou-se a formação "O Professor de Físico-Química em investigação-ação". Essa formação tinha como principal objetivo a construção de recursos educativos - módulos - utilizando a metodologia "**Ensino das Ciências Baseada na Investigação**"<sup>12</sup>. Essa metodologia tem por base o envolvimento dos alunos nas diferentes fases do conhecimento.

Em alguns conteúdos da Física e da Química onde se tem constatado que os alunos apresentam muitas conceções erradas, seja por identificação na avaliação diagnóstica, pela experiência de anos anteriores ou pela identificação das mesmas na bibliografia do tema, são adotadas estratégias baseadas no questionamento guiado - *inquiry* - na tentativa de que sejam os próprios alunos a construir o seu conhecimento, tornando-o mais efetivo.

São muitos os pedagogos que defendem a implementação da metodologia IBSE: *Authentic activities provide learners with the motivation to acquire new knowledge, a perspective for incorporating new knowledge into their existing knowledge, and an opportunity to apply their knowledge. In contrast to the passive reception of knowledge associated with conventional science learning, inquiry is active. As an authentic scientific practice, inquiry also provides a valuable context for science learning.* [37]

A aplicação desta metodologia na planificação das atividades letivas tem tido um incremento, bem como o seu aperfeiçoamento e adaptações. No **Apêndice 12**, a título de exemplo, apresentam-se os materiais utilizados para a exploração do tema "cor dos objetos".

---

<sup>12</sup> Do original *Inquiry-based Science Education* (IBSE).

## **2.2 - Projetos extra sala de aula**

A participação dos alunos em projetos multidisciplinares e globalizantes desenvolve muitas outras competências que o currículo nacional das disciplinas por si só não desenvolve. Assim, e sempre que possível, desenvolvemos atividades e projetos extra sala de aula. Os desafios da sociedade moderna são mais do que muitos. A Ciência tem uma palavra a dizer a estes desafios e são os nossos alunos que os vão resolver.

Desta forma, são os professores de hoje que devem proporcionar experiências aos seus alunos para estes desenvolverem competências e aprendizagens em diversos níveis, não só específicas da área disciplinar, mas também competências mais globalizantes.

Nesta secção destacam-se alguns projetos/atividades desenvolvidas com os alunos em ambiente extra sala de aula.

### **Atividades de divulgação da Ciência**

Todos os anos letivos, nas múltiplas escolas onde já se exerceu a atividade docente, em pelo menos um dia, os laboratórios de Física e Química estiveram de portas abertas a toda a comunidade educativa. Essas atividades já tiveram as seguintes designações: *A Ciência é para todos; Experiência da semana; Experiências para a pequenada; Laboratórios abertos; A Ciência é divertida.*

Pretendeu-se com estas atividades fomentar o interesse pela Ciência, mais especificamente pela Física e pela Química; despertar a curiosidade acerca do mundo natural à sua volta e criar um sentimento de admiração e entusiasmo pela Ciência; reconhecer a importância da observação e da experimentação; promover o pensamento científico, tendo em conta o pensamento crítico; verificar que alguns fenómenos físicos e químicos podem ser demonstrados com materiais caseiros e de forma simples; estabelecer ligações com o quotidiano; incentivar o gosto pela descoberta e prazer pelo conhecimento. No fundo, e como objetivo geral, pretendia-se sempre promover o sucesso escolar na área da Física e Química, bem como melhorar a literacia científica de toda a comunidade escolar.

Trata-se de atividades que requerem sempre muita dedicação, empenho e capacidade de organização, pois há a necessidade de preparar os alunos, quando estes colaboram na apresentação das experiências, selecionar as experiências e materiais/equipamentos e preparar os laboratórios e outros espaços. São momentos únicos vividos nas escolas; os alunos e os professores de outras áreas reconhecem o valor pedagógico da atividade.

No **Apêndice 13** apresentam-se alguns aspetos que se entende merecerem destaque, nomeadamente fotografias e cartazes.

### **Rádio escolar**

A implementação de uma estação de rádio escolar ocorreu no ano letivo de 2008/2009 (**Apêndice 14**). Os alunos daquela escola tinham muito pouco, os pais podiam muito pouco e eles queriam muito, a todos os níveis. Tratando-se de uma região muito desfavorecida, com alunos que nunca tinham sequer ido ao cinema, nem viajado para fora da região, sentiu-se também a necessidade de desenvolver projetos que fossem ao encontro dos seus interesses e necessidades, sociais e culturais.

Um dos objetivos da atividade também assentava na dinamização dos tempos não letivos (intervalos e hora do almoço), já que todos os intervalos entre aulas eram de 30 minutos. Para o funcionamento diário da rádio formou-se um grupo que tinha como função planificar as emissões, com programas temáticos, informações sobre músicas da atualidade e informações da escola.

### **Construção de um carrinho solar**

Nos anos letivos de 2011/2012 e 2012/2013, participou-se no concurso "À velocidade do Sol", da responsabilidade da AdEPORTO, com a elaboração de um carrinho solar (**Apêndice 15**). No primeiro ano participou-se com um grupo de alunos do 10.º ano do curso profissional de Energias Renováveis. Nesse ano, a equipa ganhou o 1.º lugar na corrida do carrinho solar. Não se tratou de uma atividade isolada nem com o objetivo único de ganhar a corrida. Pretendia-se que fosse uma atividade integradora, no sentido de envolver diversas disciplinas, valorizar mais o trabalho prático e envolver os alunos com comportamentos mais perturbadores em sala de aula, em trabalhos escolares. Nesse sentido, os objetivos foram plenamente alcançados. Os alunos envolveram-se na construção do carrinho solar nas disciplinas técnicas e tentaram saber um pouco mais de teoria que os ajudasse a melhorar a performance do carrinho - aí entrou a Física.

No ano letivo de 2012/2013, com uma equipa de alunos do 8.º ano de escolaridade, concorreu-se novamente ao mesmo concurso. Dessa vez, a equipa conseguiu o 2.º lugar ao nível da execução.

## **Projeto Eco-escolas**

A participação na equipa do Projeto Eco-escolas ocorreu em vários anos letivos e em diversas escolas. Trata-se de "...um programa internacional da *"Foundation for Environmental Education"*, desenvolvido em Portugal desde 1996 pela ABAE, que pretende encorajar ações e reconhecer o trabalho de qualidade desenvolvido pela escola, no âmbito da Educação Ambiental para a Sustentabilidade." [38]

Foi no ano letivo de 2011/2012 que esse trabalho mereceu maior destaque, uma vez que foi implementado pela primeira vez na escola em causa o referido projeto. Desempenhando nessa ocasião o cargo de coordenador do projeto, foram executadas as seguintes tarefas: elaboração de uma Auditoria Ambiental; elaboração de um Plano de Ação (melhoria ambiental); realização de Conselhos Eco-escolas; divulgação do projeto e de todas as atividades; dinamização das atividades e ações; monitorização das ações de melhoria ambiental; candidatura ao Galardão Eco-escolas (bandeira verde).

O contacto com representantes autárquicos, com empresas e a participação em ações comunitárias e sociais permitiu o desenvolvimento de outras competências que até então não tinham sido estimuladas. Foi um ano muito trabalhoso, mas com resultados muito visíveis e mérito reconhecido. Certamente que quando se aceita o desafio de coordenar um projeto não se está à espera do mérito atribuído, mas sim que os objetivos desse projeto sejam alcançados; no entanto, o reconhecimento é um alento para futuros trabalhos.

Não será o objetivo desta secção elencar todas as ações realizadas nesta escola, no entanto, por se considerar que o trabalho elaborado é digno de destaque, estas surgem detalhadas no relatório de avaliação da atividade no **Apêndice 16**.

De referir que o objetivo principal de alcançar o Galardão Eco-escolas foi conseguido. A escola passou a fazer parte da rede de escolas com bandeira verde.

## **Ano Internacional da Astronomia 2009 - AIA2009**

No ano letivo de 2008/2009, aproveitando a comemoração do Ano Internacional da Astronomia, realizaram-se diversas atividades relacionadas com o tema. Parte do ano letivo foi dedicado à preparação dos alunos e materiais, destinados à divulgação da Astronomia, principal objetivo do AIA2009. Essa divulgação culminou em um dia no final do período preenchido com observações astronómicas, palestras e outras atividades, envolvendo toda a comunidade escolar e também a comunidade local. No **Apêndice 17** ilustra-se um pouco do que foi esse dia.

### **Participação com alunos em atividades fora da escola**

A Escola é mais do que a sala de aula e é mais do que aprender leis, teorias ou princípios. A Escola do exterior motiva a querer saber mais, a partir para a descoberta e a dar valor ao conhecimento. Com o objetivo de abrir novos horizontes, entrar em contacto com as universidades, empresas e fábricas, laboratórios de investigação, entre outros, realizaram-se diversas visitas de estudo e participações em atividades das instituições de ensino superior. Assim, destacam-se algumas das atividades dinamizadas em que os alunos intervieram: Olimpíadas da Física e da Química; *Masterclasses* em Física das Partículas; Conceção de carrinhos solares (certificados na secção **Anexos**); QUALIFICA - Feira de Educação, Formação, Juventude e Emprego; visitas a alguns planetários, à Central Hidroelétrica do Lindoso, à Lisnave, ao Museu da Eletricidade em Lisboa, à Energie, à UNICER, entre outras. Todas estas viram os seus objetivos atingidos e conseguiram-se alunos mais motivados e esclarecidos para a vida, dentro e fora da escola.



## **CAPÍTULO 4 - FORMAÇÕES**

### **1 - Introdução**

A atualização nas áreas científica e pedagógica, bem como nas tecnologias da informação e comunicação (TIC), é uma preocupação que está sempre presente, pois considera-se que esta é necessária, ainda que meramente complementar, para um melhor e mais eficiente desempenho da atividade docente.

Nesse sentido, o professor tem de estar em constante “devir” pedagógico e tecnológico, a fim de poder recorrer às potencialidades e às múltiplas ferramentas e novidades curriculares contempladas nos programas e manuais escolares. Assim, as ações de formação já realizadas foram todas de extrema importância e cada uma delas teve a sua utilidade no desempenho como docente. Essas formações abrangeram temáticas e modalidades diversificadas. Algumas destas destacam-se por diferentes motivos e, por isso, ao longo deste capítulo, são especificadas e criticada a sua relevância.

Na secção **Anexos** apresenta-se uma tabela com a caracterização das ações de formação (identificadas por um número) referidas neste capítulo, sejam as creditadas e as não creditadas.

### **2 - Ações de formação, cursos, workshops, encontros e respetiva relevância**

Desde sempre foi dada uma grande importância à utilização das TIC e RED pelo reconhecimento das potencialidades das novas tecnologias em sala de aula, seja para a recolha e análise de dados experimentais, seja para o controle de variáveis ou simulação de fenómenos da Física e da Química. Por todos estes motivos, a utilização desses recursos tornou-se uma prática diária em sala de aula.

As formações (1 à 8) realizadas nesta área foram imprescindíveis para a aprendizagem de novas ferramentas digitais e atualização profissional. A formação 1 permitiu melhorar o desempenho no trabalho com folhas de cálculo, requeridas para o trabalho laboratorial com alunos e na construção de grelhas de avaliação. Nas formações 4, 5 e 6, específicas para a construção de simulações, adquiriram-se conhecimentos para a elaboração de recursos educativos digitais. Um

desses encontra-se publicado no portal Gulbenkian para professores - Casa das Ciências<sup>13</sup>. As competências adquiridas na formação 7 ajudaram muito a otimizar a qualidade das imagens utilizadas nos diferentes recursos produzidos para as sessões letivas de exposição.

Pelo reconhecimento das muitas competências adquiridas com as ações de formação nesta área, em 2010 foi conferido um certificado de competências digitais.

As áreas científica e pedagógica, relativamente à formação de professores, estão muito interligadas. A atualização das áreas relacionadas com a Física e Química só faz sentido, nesta fase, se estiver direcionada para os programas curriculares em vigor.

A participação nos encontros números 9, 10 e 11 e os cursos de formação numerados de 12 a 17, cada um com a sua especificidade, permitiram conhecer novas abordagens e metodologias a ser implementadas em sala de aula, potencializando os alunos a alcançar, de modo mais eficaz e assertivo, o sucesso desejado. Como resultado da formação 12 foi publicado um módulo em: [http://www.profiles.org.pt/?page\\_id=156](http://www.profiles.org.pt/?page_id=156).

A participação no encontro de divulgação (número 18) é apenas uma de muitas que concernem, à atualização dos projetos dos manuais editados pelas diferentes editoras, evidenciando as potencialidades dos recursos fornecidos.

Uma das lacunas na formação inicial de professores está na área da burocracia inerente ao desempenho do cargo de Diretor de Turma e na gestão de conflitos em sala de aula, cada vez mais comuns na Escola atual. Desta forma, sentiu-se a necessidade de formação, mais no sentido de troca de ideias e experiências. Assim, participou-se no seminário 19 e na formação 20. Em ambos os encontros foi promovida a partilha de experiências de projetos implementados, e com resultados positivos, pelo que foi muito útil para a gestão dos conflitos sociais nas escolas e na orientação do cargo de Diretor de Turma.

---

<sup>13</sup> Acessível em: <http://www.casadasciencias.org/cc/redindex.php?idart=303&gid=35879775>



## **CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO**

A elaboração deste Relatório permitiu uma reflexão profunda do percurso profissional, constatando-se que foram adquiridas muitas e diversificadas aprendizagens e competências, seja nas atividades letivas, com a preparação dos recursos necessários, na interação com os alunos, quer na mediação de conflitos cada vez mais comuns na Escola atual. A dinamização de projetos e atividades com o objetivo de proporcionar aos alunos desafios, reforçaram, nos alunos e professores, o espírito competitivo saudável e o desenvolvimento de competências essenciais à vida na sociedade contemporânea (de mudanças rápidas e alto nível de conhecimento). O envolvimento dos alunos e professores no trabalho cooperativo, com vista à resolução de problemas diversificados, não é tarefa fácil, mas consegue-se e aprende-se muito com a partilha de experiências.

Como nem só com a experiência se desenvolvem competências, o percurso formativo não foi descuidado. O ensino abrange muitas áreas do saber e tem tanto de gratificante como de exigente. Daí que ao longo da carreira profissional se realizaram cursos de curta duração, com diferentes modalidades e em diferentes áreas.

Fazendo uma retrospectiva do que se escreveu neste Relatório, pode-se dizer também que para a sua elaboração desenvolveram-se outras competências, nomeadamente no aprofundar do tema selecionado. O facto de se tratar de um tema que nunca foi aprofundado, não se encontrar detalhado nos manuais escolares, nem na bibliografia recomendada nos programas curriculares nacionais da disciplina, obrigou a um trabalho redobrado na pesquisa bibliográfica, seleção e construção da ideia que se pretendeu transmitir. Vai certamente ser muito útil para a lecionação futura e também para colegas que queiram saber mais sobre este tema.

A elaboração deste relatório de atividade profissional foi muito gratificante. Este permitiu o reviver de alguns momentos bem passados junto dos alunos, que são os personagens que mais saudades deixam quando terminamos um ano letivo ou abandonamos uma escola, em partida para o incerto. Conseguiu-se também uma reflexão crítica do trabalho desenvolvido até à data, numa perspetiva de progresso profissional.

Ciente de que ainda há muito para aprender, melhorar e atualizar, não se ficará por aqui. Este Relatório ajudou a criar mais expectativas e mais vontade de empreender. Continuar-se-á também a apostar na formação, uma vez que é fundamental para uma eficiente prática da atividade profissional.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - Ministério da Educação e Ciência, Decreto-Lei n.º 41/2012 de 21 de fevereiro, p. 835.
- [2] - Ministério da Educação e Ciência, Fiolhais, C., Ferreira, A. J., Constantino, B., Portela, C., Braguez, F., Ventura, G., Nogueira, R., Rodrigues, S., Metas curriculares do 3.º ciclo – Ciências Físico-Químicas, 2013.
- [3] - Ministério da Educação e Ciência, Fiolhais, C., Festas, I., Damião, H., Ferreira, A. J., Braguez, F., Matos, M. G., Rodrigues, S., Portela, C., Ventura, G., Nogueira, R., Programa de Física e Química A - 10.º e 11.º anos do Curso científico-humanístico de Ciências e Tecnologias, 2014, p. 25.
- [4] - Ministério da Educação e Direção-Geral de Formação Vocacional, Programa da Componente de Formação Científica da Disciplina de Física e Química para os Cursos Profissionais de nível Secundário, 2007, p. 47-59.
- [5] - Hecht, Eugene, Óptica, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1991.
- [6] - Alonso, M. e Finn, E. J., Física, Addison-Wesley, 1999.
- [7] - <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html> - ativo em julho de 2014.
- [8] - Paiva, J., Ferreira, A. J., Fiolhais, C., Novo 10Q, Física e Química A - Química - 10.º ano, Texto Editores, 2015, p. 41.
- [9] - Heavens, O. S., Ditchburn, R. W., Insight into Optics, John Wiley & Sons, 1991.
- [10] - [http://webphysics.iupui.edu/warmup/iupui\\_archive/rainbows.html](http://webphysics.iupui.edu/warmup/iupui_archive/rainbows.html) - ativo em junho de 2014.
- [11] - <http://theboltonhalotriangle.blogspot.pt/2013/09/8th-september-2013.html?showComment=1407781264088#c4362872768374703852> - ativo em julho de 2014.
- [12] - <http://scijinks.jpl.nasa.gov/rainbow/> - ativo em agosto de 2014.
- [13] - [http://paraselene.de/cgi/bin?\\_SID=xxx&\\_bereich=artikel&\\_aktion=detail&idartikel=114057&\\_sprache=paraselene\\_englisch](http://paraselene.de/cgi/bin?_SID=xxx&_bereich=artikel&_aktion=detail&idartikel=114057&_sprache=paraselene_englisch) - ativo em agosto de 2014.
- [14] - <http://eo.ucar.edu/rainbows/> - ativo em junho de 2014.
- [15] - Adam, John A., The mathematical physics of rainbows and glories, Physics Reports, 356(2002) p. 229-365. Disponível em: [http://ww2.odu.edu/~jadam/docs/rainbow\\_glory\\_review.pdf](http://ww2.odu.edu/~jadam/docs/rainbow_glory_review.pdf).
- [16] - Greenler, Robert, Rainbows, Halos, and Glories, Cambridge University Press, first edition, 1980.
- [17] - Lynch, David K., Livingston, William, Color and Light in Nature, Cambridge University Press, 1995.
- [18] - <http://www.atoptics.co.uk/rainbows/primcol.htm> - ativo em agosto de 2014.
- [19] - [http://www.coffeeshopphysics.com/articles/2011-10/30\\_the\\_discovery\\_of\\_rainbows/](http://www.coffeeshopphysics.com/articles/2011-10/30_the_discovery_of_rainbows/) - ativo em agosto de 2014.

- [20] - Minnaert, M., The Nature of Light & Colour in the Open Air, Dover Publications Inc., 1954.
- [21] - Reger, D., Goode, S., Mercer, E., Química: Princípios e Aplicações, Edição da Fundação Calouste Gulbenkian, 1997, p. 449.
- [22] - McDonald, J. E., The Shape of Raindrops, Scientific American, **190**(February 1954), p. 64-68.  
Disponível em:  
[http://puhep1.princeton.edu/~mcdonald/JEMcDonald/mcdonald\\_sa\\_190\\_2\\_64\\_54.pdf](http://puhep1.princeton.edu/~mcdonald/JEMcDonald/mcdonald_sa_190_2_64_54.pdf).
- [23] - <http://survinat.com/2012/09/pictures-of-space-and-atmospheric-anomalies/> - ativo em agosto de 2014.
- [24] - <http://www.hongkiat.com/blog/moonbow-lunar-rainbow-photography/> - ativo em setembro de 2014.
- [25] - <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/atmos/halo22.html> - ativo em julho de 2014.
- [26] - <http://www.atoptics.co.uk/halo/common.htm> - ativo em julho de 2014.
- [27] - Overheim, R. Daniel, Wagner, David L., Light and Color, John Wiley & Sons, Inc., 1982.
- [28] - <http://www.atoptics.co.uk/halo/circular.htm> - ativo em março de 2015.
- [29] - <http://www.atoptics.co.uk/halo/dogim2.htm> - ativo em julho de 2014.
- [30] - [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/opt/ice/sd.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/opt/ice/sd.rxml) - ativo em julho de 2015.
- [31] - <http://epod.usra.edu/blog/2010/03/highway-mirage.html> - ativo em setembro de 2015.
- [32] - <http://epod.usra.edu/blog/2011/03/winter-road-surface-inferior-mirage.html> - ativo em setembro de 2015.
- [33] - [http://www.world-mysteries.com/illusions/sci\\_illusions1.htm](http://www.world-mysteries.com/illusions/sci_illusions1.htm) - ativo em setembro de 2015.
- [34] - [http://spaceweathergallery.com/indiv\\_upload.php?upload\\_id=88008](http://spaceweathergallery.com/indiv_upload.php?upload_id=88008) - ativo em setembro de 2015.
- [35] - <http://www.wikiwand.com/fr/Mirage#> - ativo em setembro de 2015.
- [36] - [http://www.humboldtcanada.com/presentations\\_air/lehn.pdf](http://www.humboldtcanada.com/presentations_air/lehn.pdf) - ativo em setembro de 2015.
- [37] - Edelson, D. C., Gordin, D. N. e Pea, R. D., Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design, Journal of the Learning Sciences, **8**(3-4) (1999), p. 391-450. Disponível em:  
[https://web.stanford.edu/~roypea/RoyPDF%20folder/A101\\_Edelson\\_etal\\_99\\_MS.pdf](https://web.stanford.edu/~roypea/RoyPDF%20folder/A101_Edelson_etal_99_MS.pdf).
- [38] - <http://ecoescolas.abae.pt/sobre/quem-somos/> - ativo em setembro de 2016.
- [39] - [http://meteoro.cefet-rj.br/almir/observacional/observacional\\_meteoros\\_1\\_12.pdf](http://meteoro.cefet-rj.br/almir/observacional/observacional_meteoros_1_12.pdf) - ativo em outubro de 2016.

## ÍNDICE DOS APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Classificação das ondas eletromagnéticas .....	83
APÊNDICE 2 - Cálculo do ângulo de desvio mínimo, $\delta$ .....	85
APÊNDICE 3 - Efeitos originados pela reflexão e refração da luz em cristais de gelo .....	89
APÊNDICE 4 - Ocorrência histórica do efeito de miragem - <i>Titanic</i> .....	93
APÊNDICE 5 - Experiência profissional no que se refere aos estabelecimentos de ensino .....	97
APÊNDICE 6 - Fichas de trabalho em formato <i>word</i> .....	99
APÊNDICE 7 - Guião de exploração de uma simulação multimédia .....	105
APÊNDICE 8 - Apresentação multimédia utilizando o software <i>Microsoft PowerPoint</i> .....	109
APÊNDICE 9 - Materiais utilizados numa aula de motivação para o início de uma Unidade relacionada com a "Luz" .....	125
APÊNDICE 10 - Trabalhos desenvolvidos por alunos do Ensino Profissional .....	141
APÊNDICE 11 - Utilização do <i>software Tracker</i> .....	147
APÊNDICE 12 - Recursos utilizados na aplicação da estratégia <i>Inquiry-based Science Education</i> ....	149
APÊNDICE 13 - Atividades de divulgação da Ciência .....	157
APÊNDICE 14 - Atividade Rádio Escolar .....	161
APÊNDICE 15 - Participação no concurso "À velocidade do Sol" .....	163
APÊNDICE 16 - Projeto Eco-escolas .....	169
APÊNDICE 17 - Ano Internacional da Astronomia 2009 .....	175



## **APÊNDICE 1**

Classificação das ondas eletromagnéticas relativamente ao seu intervalo de frequência e aplicações.

<b>Classificação do tipo de onda</b>	<b>Gama de frequências</b>	<b>Aplicações e formas de as originar</b>
<b>Rádio</b>	Alguns hertz até $10^8$ Hz	Telecomunicações (rádio, televisão,...); Geradas por osciladores eletrônicos.
<b>Micro-ondas</b>	$10^9$ Hz até $3 \times 10^{11}$ Hz	Sistemas de radar, ligações de telefone e programas de TV recebidos "via satélite" de outros países e na análise de detalhes muito pequenos da estrutura atômica e molecular; Geradas também por osciladores eletrônicos de mais alta frequência.
<b>Infravermelho (IV)</b>	$3 \times 10^{11}$ Hz até $4 \times 10^{14}$ Hz	Indústria, medicina, astronomia, entre outras; Produzidas pelas alterações das frequências vibracionais ou rotacionais naturais dos átomos ou moléculas.
<b>Visível</b>	$4 \times 10^{14}$ Hz até $8 \times 10^{14}$ Hz	Radiações eletromagnéticas que podem ser detetadas pelo sistema visual humano; Produzidas por átomos e moléculas como resultado das transições eletrônicas entre níveis de energia.
<b>Ultravioleta (UV)</b>	$8 \times 10^{14}$ Hz até $3 \times 10^{17}$ Hz	Se algum micro-organismo absorve radiação UV, pode ser destruído devido às reações químicas produzidas pela ionização e dissociação das suas moléculas, daí existirem algumas aplicações médicas bem como nos processos de esterilização; também as utilizamos para o bronzamento da pele; Estas radiações são produzidas por átomos e moléculas excitados assim como por descargas elétricas; o Sol é uma fonte poderosa desta radiação.
<b>Raios X</b>	$3 \times 10^{17}$ Hz até $5 \times 10^{19}$ Hz	Diagnóstico médico e no tratamento do cancro para destruir o tecido doente; Produzidos por um feixe de elétrons quando incidem num obstáculo material, onde a energia cinética do feixe incidente é parcialmente transformada em energia eletromagnética, dando origem aos raios X.
<b>Raios <math>\gamma</math></b>	$3 \times 10^{18}$ Hz até $3 \times 10^{22}$ Hz	São utilizados no tratamento de algumas formas de cancro, em cirurgias sem corte para eliminação de tumores intracranianos e também, na sua aplicação mais conhecida, a tomografia por emissão de positrões (TEP); Estas radiações são produzidas por muitas substâncias radioativas e estão presentes em grande quantidade nos reatores nucleares e na radiação cósmica.



## **APÊNDICE 2**

Cálculo do ângulo de desvio mínimo,  $\delta$ .

Utilizando a equação  $\delta = 4 \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_i}{n_r} \right) - 2 \theta_i$ , pretende-se calcular o ângulo  $\delta$  para duas radiações, o vermelho ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ) e o azul ( $\lambda = 450 \text{ nm}$ ). Os índices de refração do meio considerado foram os seguintes: para o vermelho  $n = 1,3318$  e para o azul  $n = 1,3411$  [17].

Para a análise da função de  $\delta = f(\theta_i)$ , foi utilizado o programa de livre acesso *Graph*<sup>14</sup>. Calculou-se o valor de  $\delta$  e da sua derivada em função do  $\theta_i$ , com o objetivo de descobrir o máximo da função. A tabela A2.1 mostra os resultados obtidos, para intervalos de  $5^\circ$  para o ângulo incidente.

**Tabela A2.1:** Ângulo de desvio mínimo para a radiação vermelha e azul.

<b>Vermelho</b>			<b>Azul</b>		
$\theta_i / ^\circ$	$\delta / ^\circ$	$d\delta / d\theta_i$	$\theta_i / ^\circ$	$\delta / ^\circ$	$d\delta / d\theta_i$
0	0	1,0035	0	0	0,9826
5	5,0089	0,9985	5	4,9047	0,9776
10	9,9676	0,9833	10	9,7586	0,9623
15	14,8242	0,9575	15	14,5093	0,9362
20	19,5236	0,9203	20	19,1013	0,8986
25	24,0058	0,8704	25	23,4742	0,8483
30	28,204	0,8064	30	27,5606	0,7837
35	32,0423	0,7261	35	31,2845	0,7029
40	35,4334	0,627	40	34,5585	0,6033
45	38,2761	0,5062	45	37,2817	0,4821
50	40,4531	0,3601	50	39,3375	0,3357
55	41,8284	0,1849	55	40,5912	0,1607
60	42,2469	-0,0233	60	40,89	-0,0469
65	41,5351	-0,2677	65	40,0635	-0,2899
70	39,506	-0,5504	70	37,9289	-0,5702
75	35,9681	-0,8709	75	34,3001	-0,8872
80	30,7404	-1,2253	80	29,002	-1,237
85	23,6719	-1,6056	85	21,8885	-1,6117
90	14,6609	-2	90	12,8621	-2

Seguidamente, apresentamos as tabelas A2.2 e A2.3 com os resultados dos cálculos feitos para um intervalo angular de  $0,5^\circ$  para ângulos incidentes entre  $55^\circ$  e  $65^\circ$ , com o objetivo de se verificar com menor erro os ângulos de desvio mínimo.

<sup>14</sup> <http://www.padowan.dk/> - ativo em julho de 2014

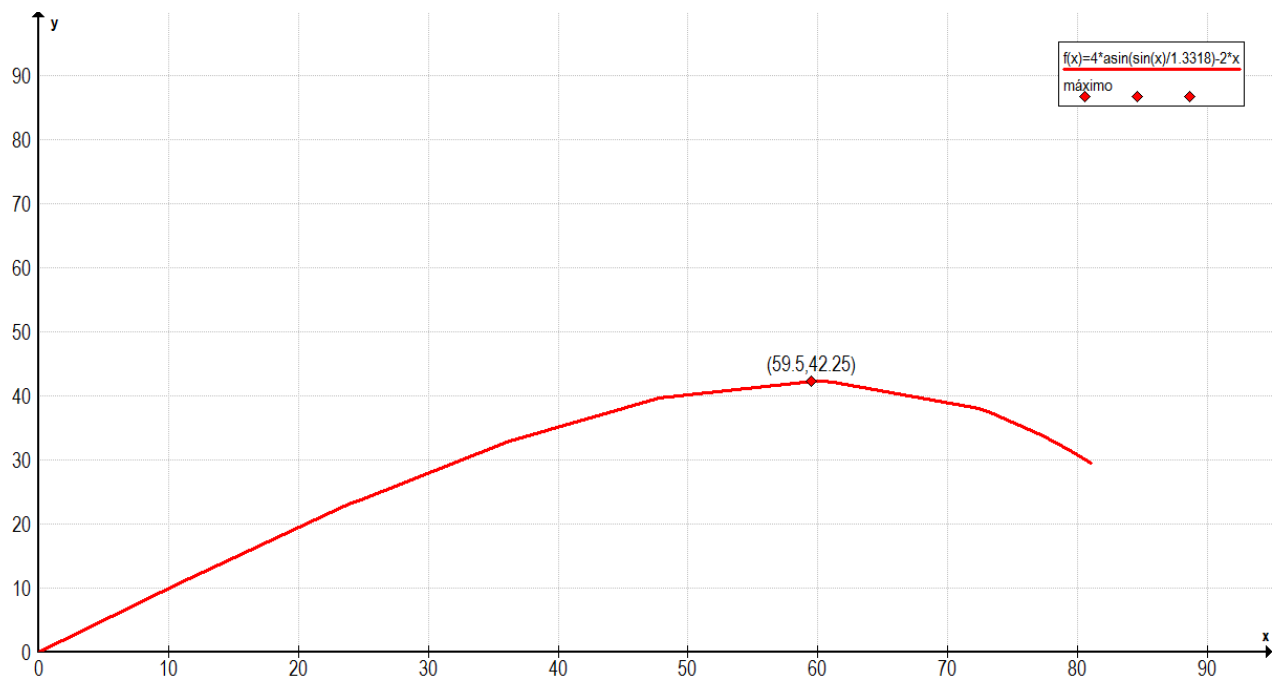
**Tabela A2.2:** Relação entre o ângulo incidente ( $\theta_i$ ) e o ângulo de desvio mínimo ( $\delta$ ) para a radiação vermelha.

$\theta_i / ^\circ$	$\delta$	$d\delta / d\theta_i$	$\theta_i / ^\circ$	$\delta$	$d\delta / d\theta_i$
55	41,8284	0,1849	60,5	42,2296	-0,046
55,5	41,9161	0,1656	61	42,2008	-0,0692
56	41,994	0,146	61,5	42,1604	-0,0927
56,5	42,062	0,1261	62	42,1081	-0,1165
57	42,12	0,1058	62,5	42,0437	-0,1408
57,5	42,1677	0,0851	63	41,9672	-0,1654
58	42,2051	0,0642	63,5	41,8783	-0,1904
58,5	42,2318	0,0428	64	41,7767	-0,2158
59	<b>42,2478</b>	<b>0,0212</b>	64,5	41,6624	-0,2416
59,5	<b>42,2529</b>	<b>-0,0009</b>	65	41,5351	-0,2677
60	<b>42,2469</b>	<b>-0,0233</b>			

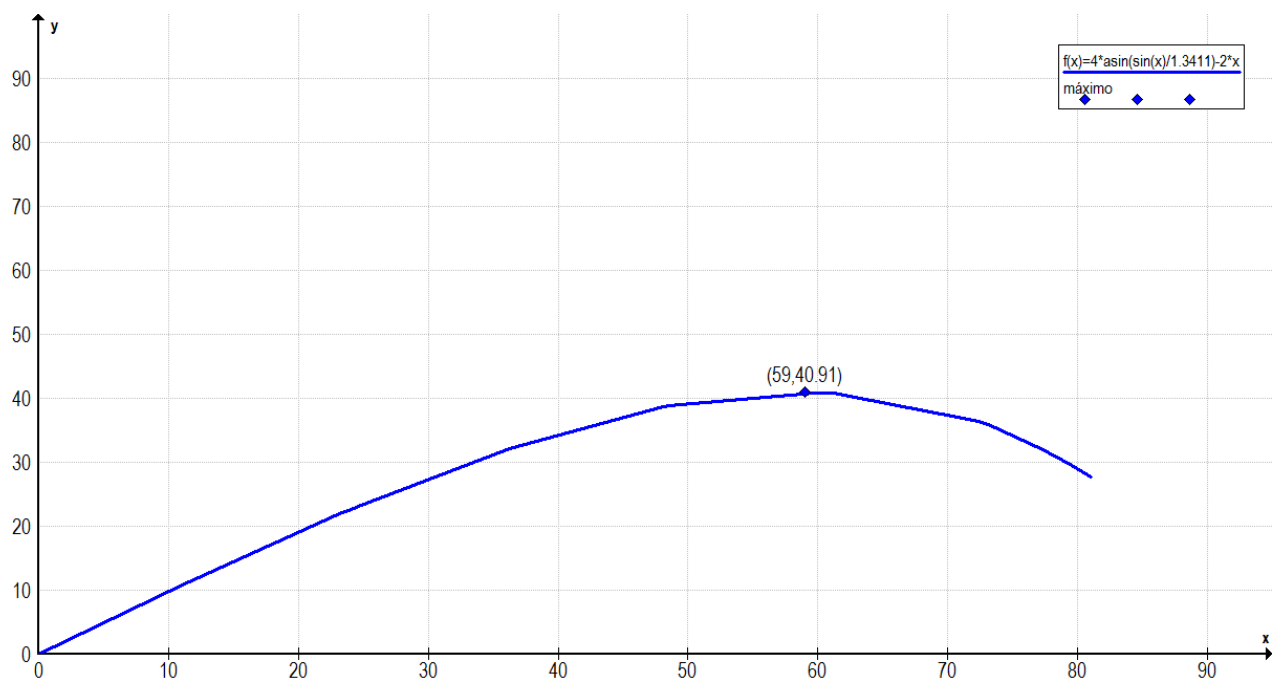
**Tabela A2.3:** Relação entre o ângulo incidente ( $\theta_i$ ) e o ângulo de desvio mínimo ( $\delta$ ) para a radiação azul.

$\theta_i / ^\circ$	$\delta$	$d\delta / d\theta_i$	$\theta_i / ^\circ$	$\delta$	$d\delta / d\theta_i$
55	40,5912	0,1607	60,5	40,8609	-0,0695
55,5	40,6668	0,1414	61	40,8204	-0,0925
56	40,7326	0,1219	61,5	40,7683	-0,1159
56,5	40,7886	0,102	62	40,7044	-0,1397
57	40,8345	0,0817	62,5	40,6286	-0,1638
57,5	40,8703	0,0612	63	40,5406	-0,1883
58	40,8956	0,0403	63,5	40,4403	-0,2131
58,5	<b>40,9105</b>	<b>0,019</b>	64	40,3274	-0,2383
59	<b>40,9146</b>	<b>-0,0026</b>	64,5	40,2019	-0,2639
59,5	<b>40,9078</b>	<b>-0,0245</b>	65	40,0635	-0,2899
60	40,89	-0,0469			

**Gráfico do ângulo de desvio mínimo ( $\delta$ ) em função do ângulo incidente ( $\theta_i$ ) para radiação vermelha**



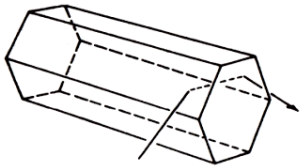
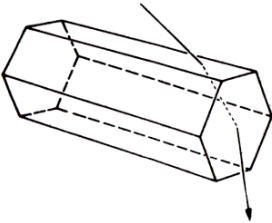
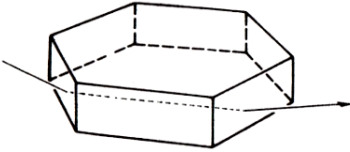
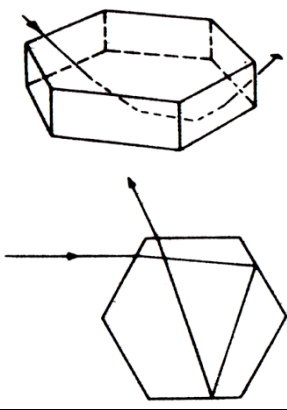
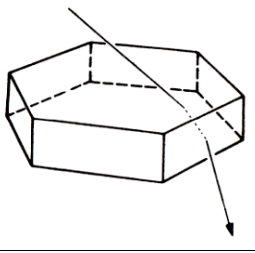
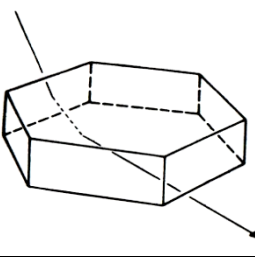
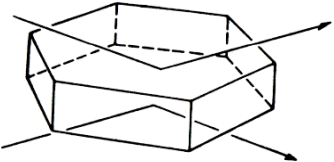
**Gráfico do ângulo de desvio mínimo ( $\delta$ ) em função do ângulo incidente ( $\theta_i$ ) para radiação azul**

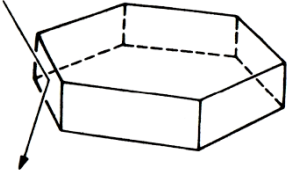
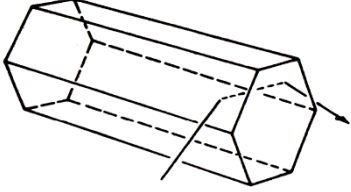
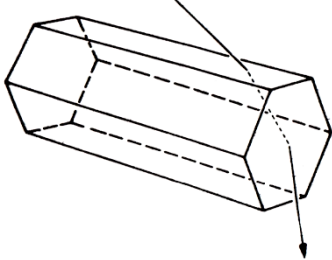
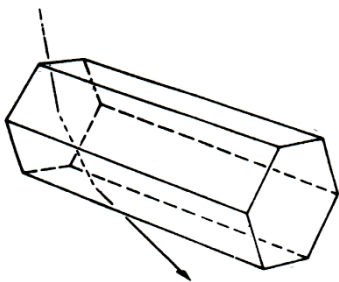
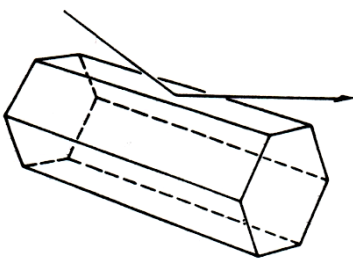
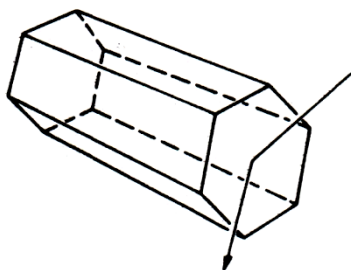
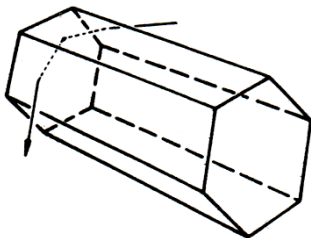


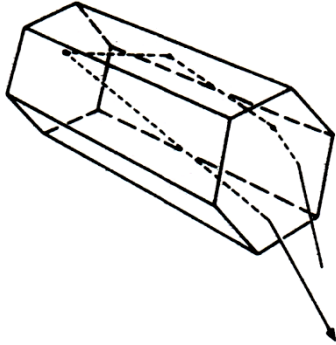
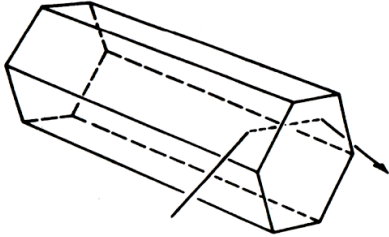
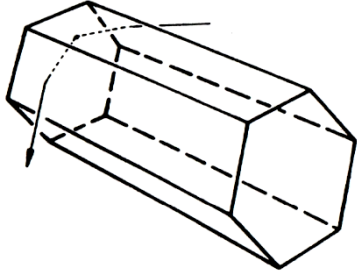
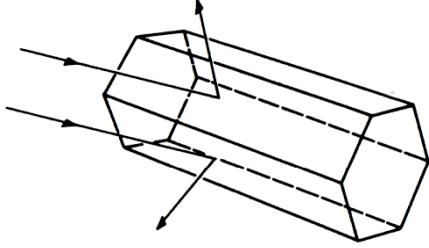
Estes resultados estão de acordo com os apresentados na bibliografia.

## **APÊNDICE 3**

Sumula de alguns efeitos originados pela reflexão e refração da luz em cristais de gelo, classificados pelo tipo de cristal e orientação **[16] [39]**.

Tipo de cristal e orientação	Efeito	Caminho do raio de luz	Comentários
Cristais em forma de coluna ou de lâmina com uma orientação aleatória	Halo de 22°		Observado para todas as elevações do Sol
	Halo de 46°		Raramente observados completamente
Cristais em forma de lâmina com as bases quase horizontais	Cães de guarda do Sol no halo de 22°		Não se forma quando o Sol está a elevações superiores a 61°
	Parélios de 120°		Mecanismos prováveis para os parélios de 120°: esboço em cima para elevações elevadas do Sol e esboço abaixo para baixas elevações
	Arco circunzenital superior		Para elevações do Sol inferiores a 32° (o halo forma-se próximo do zénite)
	Arco circunzenital superior		Para elevações do Sol inferiores a 32° (o halo forma-se próximo do horizonte)
	Coluna solar		Também podem ser produzidos por reflexão nos lados de cristais em forma de coluna

	Parélio em forma de círculo		Também podem ser produzidos por reflexão nas bases hexagonais dos cristais em forma de coluna
Cristais em forma de coluna com o eixo maior horizontal e com rotações em torno desse eixo	Halo circunscrito		Para elevações do Sol superiores a cerca de 40°, os arcos superior e inferior unem-se para formar um halo circunscrito
	Arco supralateral		Pode ocorrer para elevações do Sol menores do que 32°
	Arco infralateral		Para qualquer elevação do Sol
	Coluna solar		Também pode ser formado por reflexão em cristais em forma de lâmina
	Parélio em forma de círculo		Também pode ser formado por reflexão nas faces laterais dos cristais em forma de lâmina
	Arco antélico (Wegener)		Estes arcos atravessam o ponto <i>anthetic</i> apenas para elevações do Sol superiores a 20°

	Arco antélico (Tricker)		Semelhante ao anterior mas apenas para elevações do Sol de 30° ou menores
Cristais em forma de coluna com o eixo maior horizontal e com um par de faces laterais orientadas também horizontalmente	<i>Parry Arc</i>		O arco <i>sunvex</i> superior pode ser visto para elevações do Sol até cerca de 15°; o arco <i>suncave</i> superior para elevações acima dos 5°; o arco <i>sunvex</i> menor para elevações até 50°; o arco <i>suncave</i> menor para elevações acima de cerca de 40°
	Arco antélico (Hastings)		Estes arcos atravessam o ponto antélico <sup>15</sup> apenas para elevações do Sol superiores a cerca de 30°
	<i>Heliac Arc</i>		Para qualquer elevação do Sol

<sup>15</sup> Ponto localizado, em termos azimutais, a 180° do Sol, tendo a mesma altitude acima do horizonte que o Sol.



## **APÊNDICE 4**

Este apêndice apresenta de que forma o efeito de miragem poderá ter contribuído para que a tripulação do *Titanic* não se tenha apercebido mais cedo do iceberg, que acabou por ser a causa do acidente.

Uma forte miragem superior pode originar "zonas mortas" no campo de visão, dado que os objetos podem ser comprimidos verticalmente deixando de ser percebidos a uma certa distância. Simulando as condições da atmosfera do local por onde o *Titanic* navegava, concluiu-se<sup>16</sup> que um iceberg de 20 m de altura seria praticamente invisível a uma distância de 9 a 10 km e um iceberg de 10 m se tornaria apenas visível a cerca de 7 km de distância. Assim, um iceberg "escondido" torna-se uma forte possibilidade para a causa do acidente.

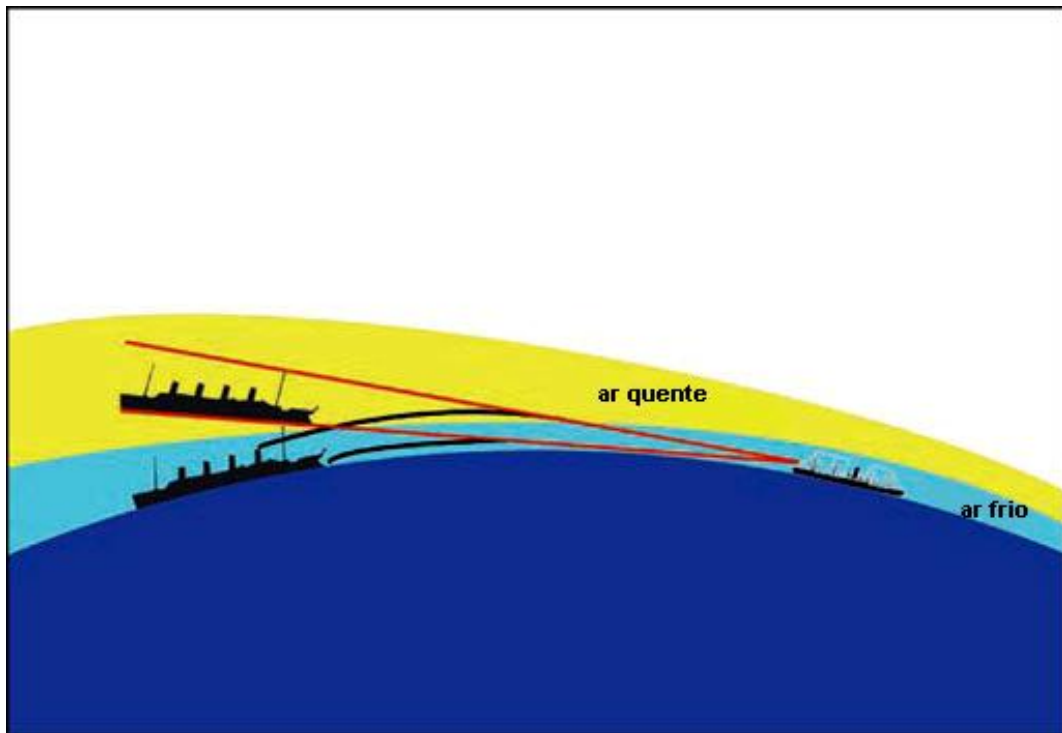
Alguns sobreviventes do acidente relataram que o iceberg estaria acima da água uns 50 a 80 pés (15 a 24 m). Mesmo no depoimento de um dos vigias do navio está declarado que apenas avistou a parte de cima do iceberg e que a parte inferior estava escondida por um misterioso nevoeiro (Fata Bromosa).

Historicamente há também o registo de que um outro navio, o "SS Californiano", se encontrava nas proximidades do *Titanic* e, contudo, pouco pôde fazer para o ajudar. Nas tentativas de comunicação entre o *Titanic* e o Californiano após a colisão, utilizaram emissores de luz com código morse. Essa comunicação não foi conseguida. Mais uma vez, a elevada diferença térmica entre a superfície da água gelada e o ar próximo desta, originaram a refração da luz de forma não uniforme, daí que a luz cintilasse de forma impercetível.

Há também relatos de que os tripulantes do Californiano não reconheceram o *Titanic* (normalmente irreconhecível à distância por ser o maior navio de passeio da época), pensando tratar-se de um outro navio com metade do comprimento e altura. Ora, isso explica-se pelo facto de o *Titanic* ter sido avistado como uma miragem superior ver figura A4. O *Titanic*, ou, mais corretamente, a sua imagem refratada, estava a ser observada mais próximo do que na realidade estaria. Quando julgamos avistar um objeto mais próximo do que na realidade está, então também vai parecer que esse é menor do que é na realidade. Os foguetes lançados pela tripulação do *Titanic* não foram avistados pelo Californiano, possivelmente, também pelo mesmo motivo, ou seja, estavam ser lançados abaixo da linha do horizonte.

---

<sup>16</sup> <http://www.weatherwise.org/Archives/Back%20Issues/2013/March-April%202013/titanic-mirage-full.html> - ativo em setembro de 2015



**Figura A4:** Esquema representativo de uma hipotética visão do *Titanic* a partir do convés do Californiano. Devido à miragem originada pela refração da luz (linhas a preto), os observadores do Californiano veem o *Titanic* no horizonte (linhas a vermelho) - figura adaptada de referência em rodapé<sup>16</sup>.



## **APÊNDICE 5**

Este apêndice apresenta, em forma de tabela, uma cronologia da experiência profissional no que se refere aos estabelecimentos de ensino.

<b>Ano letivo</b>	<b>Escolas</b>	<b>Carga horária semanal ou Número de dias</b>	
2002/03	Instituto de Multimédia	114 dias	
	Escola Secundária de Tomaz Pelayo	57 dias	
2003/04	Agrupamento Vertical Júlio-Saúl Dias (estágio)	366 dias	
2005/06	Colégio Ellen Key	105 dias	
2006/07	Colégio Ellen Key	349 dias	
2007/08	Colégio Ellen Key	366 dias	
	Escola Secundária de Tomaz Pelayo		
2008/09	Escola Básica Integrada com JI de Távora	341 dias	365 dias
	Colégio Ellen Key	4h	
2009/10	Escola Secundária D. Dinis	15h	365 dias
	Colégio Ellen Key	9h	
2010/11	Escola Secundária D. Afonso Henriques	365 dias	
2011/12	Escola Secundária D. Afonso Henriques	366 dias	
2012/13	Colégio Ellen Key	19h	
	Escola Básica 2,3 de Eiriz	4h	
2013/14	Colégio Ellen Key	13h	
2014/15	Colégio Ellen Key	44 dias	
	Colégio Nossa Senhora da Conceição		
	Agrupamento de Escolas de Arronches	22h - 4 dias	
	Escola Secundária de Eça de Queirós	22h (e 20h) 305 dias	
2015/16	Agrupamento de Escolas Prof. Carlos Teixeira - Fafe	20h	
	Agrupamento de Escolas D. Sancho I	22h	
2016/17	Escola Básica e Secundária de Pinheiro	16h	

O número de dias apresentado resulta da conversão da carga horária semanal no ano letivo correspondente.

## APÊNDICE 6


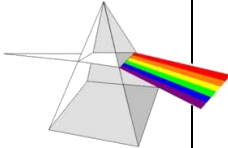
Modalidade/Formato do recurso: duas fichas de trabalho em formato *word*.

Nível de ensino: 11.º ano.

Objetivos:

- aplicar a lei de Snell;
- compreender o fenómeno da refração;
- compreender o fenómeno da reflexão total da luz;
- calcular o ângulo crítico na interface de uma fibra ótica;
- aplicar os conhecimentos a situações do quotidiano (fibra ótica, arco-íris e miragens).

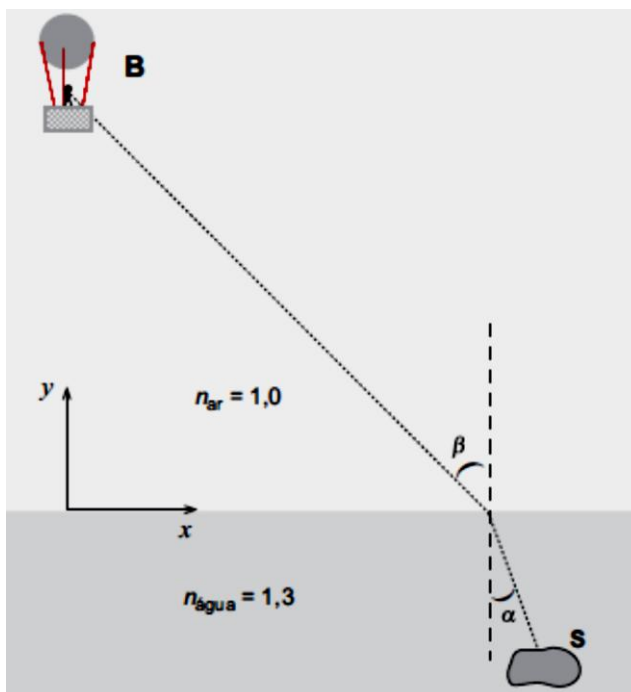
Descrição sumária: a versão original da ficha de trabalho n.º 11 apresentava também exercícios de outros conteúdos, pelo que não se encontra completa; grande parte dos exercícios dessa ficha foram retirados de avaliações externas (Exames Nacionais e Testes Intermédios) do portal <http://bi.iave.pt/exames/>. A ficha de trabalho n.º 12 tem dois exercícios, um sobre miragens e outro sobre arco-íris.

<p><b>Colégio Ellen Key</b></p>  <p>Ano Letivo 2013/14</p>	<p align="center"><b>Disciplina de Física e Química A - 11.º Ano</b></p> <p align="center"><b>Ficha de Trabalho n.º 11</b></p> <p align="center">Física - Unidade 2</p> <p align="center">Comunicações</p> 
---	--

...

7. Antes da existência de satélites geostacionários, a observação da Terra era efetuada muitas vezes através da utilização da fotografia e outros meios, a partir de balões, dirigíveis ou aviões a altitudes muito inferiores às dos atuais satélites artificiais. Em alguns casos, as fotografias obtidas eram simplesmente lançadas em sacos para a Terra, onde eram recuperadas.

Um balão de observação, B, encontra-se sobre o mar (figura ao lado). Um feixe luminoso que, com origem no objeto submerso S, é detetado pelo observador, no balão, faz um ângulo  $\alpha = 20,0^\circ$  com a normal quando atinge a superfície de separação da água com o ar. O índice de refração do ar é  $n_{\text{ar}} = 1,0$ , e o índice de refração da água é  $n_{\text{água}} = 1,3$ .



Selecione o valor correto do ângulo  $\beta$  da figura ao lado.

- (A)  $30,5^\circ$                       (C)  $22,1^\circ$   
 (B)  $26,4^\circ$                       (D)  $20,0^\circ$

8. Nas comunicações a longas distâncias, a informação é transmitida através de radiações eletromagnéticas que se propagam, no vazio, à velocidade da luz.

8.1 Um dos suportes mais eficientes na transmissão de informação a longas distâncias é constituído pelas fibras óticas.

8.1.1 Selecione a alternativa que completa corretamente a frase seguinte.

O princípio de funcionamento das fibras óticas baseia-se no fenómeno da...

- (A) ... refração da luz.                      (C) ... difração da luz.  
 (B) ... reflexão parcial da luz.                      (D) ... reflexão total da luz.



**8.1.2** Num determinado tipo de fibra ótica, o núcleo tem um índice de refração de 1,53, e o revestimento possui um índice de refração de 1,48.

Selecione a alternativa que permite calcular o ângulo crítico,  $\theta_c$ , para este tipo de fibra ótica.

(A)  $\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = \frac{1,53}{1,48}$

(C)  $\frac{\sin \theta_c}{\sin 90^\circ} = 1,53 \times 1,48$

(B)  $\frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta_c} = \frac{1,53}{1,48}$

(D)  $\frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta_c} = 1,53 \times 1,48$

**8.2** As micro-ondas constituem um tipo de radiação eletromagnética muito utilizado nas telecomunicações.

Indique duas propriedades das micro-ondas que justificam a utilização deste tipo de radiação nas comunicações via satélite.

**8.3** O desenvolvimento das fibras óticas, na segunda metade do século XX, revolucionou a tecnologia de transmissão de informação.

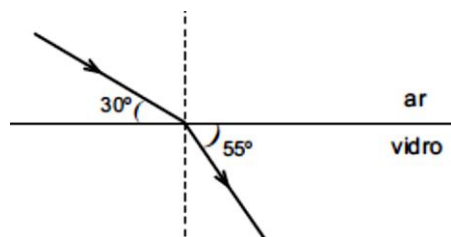
**8.3.1** Uma fibra ótica é constituída por um filamento de vidro ou de um material polimérico (núcleo), coberto por um revestimento de índice de refração diferente. A luz incide numa extremidade da fibra, segundo um ângulo adequado, e é guiada ao longo desta, quase sem atenuação, até à outra extremidade.

Escreva um texto no qual faça referência aos seguintes tópicos:

- uma das propriedades do material do núcleo da fibra ótica, que permite que a luz seja guiada no seu interior, quase sem atenuação;
- o fenómeno em que se baseia a propagação da luz no interior da fibra ótica;
- as condições em que esse fenómeno ocorre.

**8.3.2** Nas comunicações por fibras óticas utiliza-se frequentemente luz *laser*. A figura representa um feixe de *laser*, muito fino, que se propaga no ar e incide na superfície de um vidro.

Tendo em conta a situação descrita, selecione a alternativa correta.

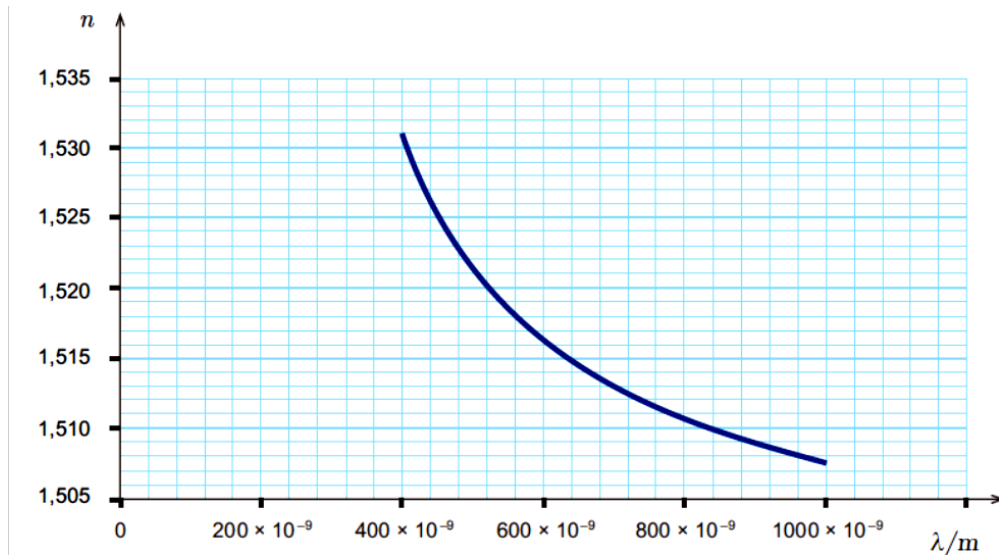


- (A) O ângulo de incidência é de  $30^\circ$ .  
 (B) O ângulo de incidência é de  $55^\circ$ .  
 (C) O ângulo de refração é de  $60^\circ$ .  
 (D) O ângulo de refração é de  $35^\circ$ .

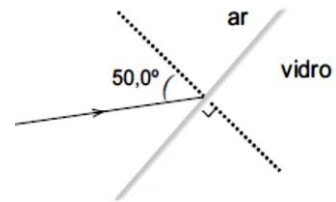
**9.** A luz proveniente das estrelas dispersa-se, ao entrar num prisma, devido ao facto de a velocidade de propagação da luz, no material constituinte do prisma, depender da frequência da radiação.

Consequentemente, o índice de refração da luz nesse material também irá depender da frequência da radiação.

**9.1** O gráfico da figura representa o índice de refração da luz,  $n$ , num vidro do tipo BK7, em função do comprimento de onda,  $\lambda$ , da luz no vazio.





Considere um feixe de luz monocromática, de comprimento de onda  $560 \times 10^{-9} \text{ m}$ , no vazio, que incide sobre a superfície de um prisma de vidro BK7, de acordo com o representado na figura. Determine o ângulo de refração correspondente a um ângulo de incidência de  $50,0^\circ$ . Apresente todas as etapas de resolução.



$$n_{\text{ar}} \text{ (índice de refração da luz no ar)} = 1,000$$

**9.2** Indique, justificando, se uma radiação de comprimento de onda  $560 \times 10^{-9} \text{ m}$  sofre difração apreciável num obstáculo cujas dimensões sejam da ordem de grandeza de  $1 \text{ m}$ .

...

<p>Colégio Ellen Key</p>  <p>Ano Letivo 2013/14</p>	<p align="center"><b>Disciplina de Física e Química A - 11.º Ano</b></p> <p align="center"><b>Ficha de Trabalho n.º 12</b></p> <p align="center">Física - Unidade 2</p> <p align="center"><i>Fenómenos óticos da atmosfera</i></p> 
--	--

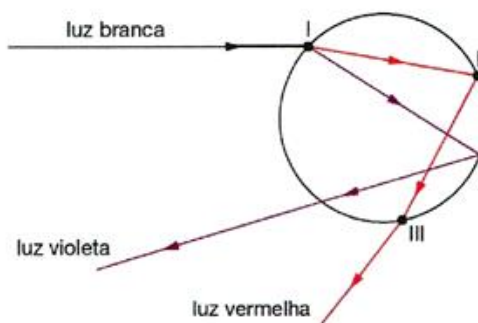
1. Todos nós já vimos uma miragem numa estrada alcatroada em dias de muito calor, ou pelo menos já ouvimos falar das miragens nos desertos que leva a pensar que há grandes quantidades de água no horizonte do observador, um explorador sedento, por exemplo. Uma miragem é uma imagem virtual originada pela refração da luz proveniente do objeto (que poderá ser o céu), devido às sucessivas variações do índice de refração do ar junto ao solo. Isso pode ser explicado por um modelo simplificado como o da figura abaixo, onde  $n_1$  e  $n_2$  representam os índices de refração do ar a diferentes temperaturas. Numa camada próxima ao solo, o ar encontra-se a maior temperatura, diminuindo assim o seu índice de refração  $n_2$ . Considere a situação na qual o ângulo de incidência é de  $84^\circ$ . Considere  $n_1 = 1,010$  e utilize como aproximação  $\sin 84^\circ = 0,995$ .



1.1. Determine o valor máximo de  $n_2$  para que a miragem seja vista. Apresente o resultado com três casas decimais.

1.2. Em qual das camadas (1 ou 2) a velocidade da luz é maior? Justifique a sua resposta.

2. Em dias chuvosos, podemos ver no céu o fenómeno da dispersão da luz solar, formando um arco-íris. A figura ao lado mostra o que ocorre com um raio de luz solar, ao atingir uma gota de água. Para simplificar, estão representados na figura apenas os raios de luz vermelha e violeta, que limitam o espetro da luz branca (região visível do espetro eletromagnético).



2.1. Quais os fenómenos que estão representados na figura, nas posições I, II e III?

2.2. O índice de refração da água é maior para a luz violeta do que para a luz vermelha. Qual delas se propaga, dentro da gota, com maior velocidade? Justifique a sua resposta.

O Professor: Pedro Martins



## APÊNDICE 7

Modalidade/Formato do recurso: guião de exploração de uma simulação multimédia em *Java*.

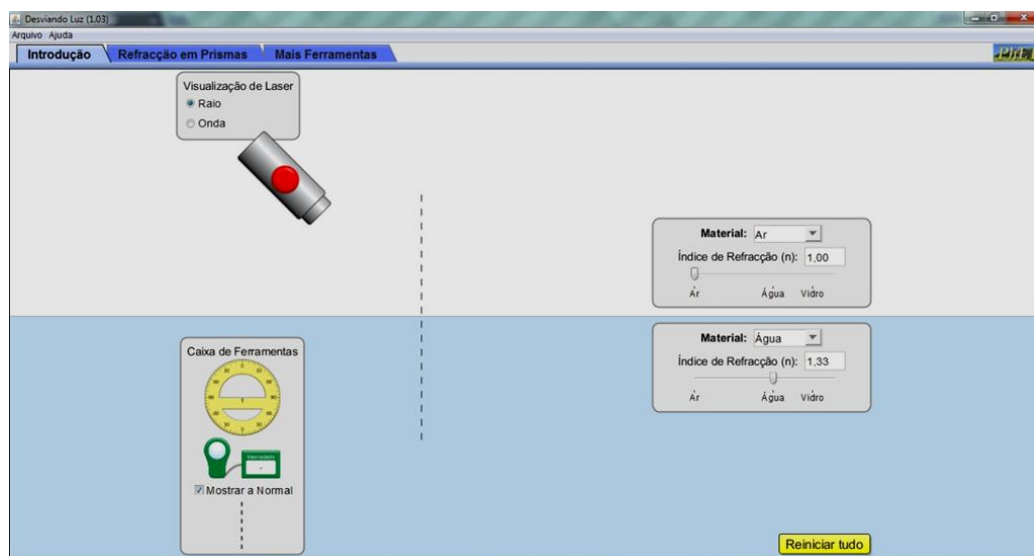
Nível de ensino: 11.º ano.

Objetivos:

- verificar qualitativamente o fenômenos da refração;
- aplicar a lei de Snell;
- calcular a velocidade da luz num determinado meio material;
- compreender o fenômeno da reflexão total da luz;
- calcular o ângulo crítico para diferentes interfaces.

Descrição sumária: atividade para ser realizada como trabalho de casa, sendo um complemento à aula e também um exercício interativo.

Nota: a ficha de trabalho foi concebida para a simulação "Desviando Luz - versão 1.0.3"; atualmente a versão da simulação é a 1.0.6 que apresenta algumas alterações, no entanto o essencial mantém-se.



<https://phet.colorado.edu/> (versão 1.0.3)

<p>Colégio Ellen Key</p>  <p>Ano Letivo 2013/14</p>	<p align="center"><b>Disciplina de Física e Química A - 11.º Ano</b></p> <p align="center"><b>Ficha de Trabalho n.º 10</b></p> <p align="center">Física - Unidade 2</p> <p align="center"><i>Simulação multimédia "desviando a luz"</i></p> 
--	---

Para realizar esta ficha de trabalho vai necessitar de um computador com ligação à Internet. Pode utilizar os computadores da escola ou o computador pessoal em casa. Esta ficha de trabalho está dividida em duas partes. Siga os passos aqui indicados e responda às questões propostas no seu caderno diário.

**Parte 1**

- 1 - Abra a simulação utilizando a seguinte ligação:  
[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/bending-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/bending-light)  
Se necessário grave a simulação. Atenção que está traduzida para português do Brasil;
- 2 - No topo da página, selecione a simulação "Introdução";
- 3 - Para ligar a fonte de luz, prima o botão vermelho;
- 4 - Como meio material da parte superior defina o ar; como meio material da parte inferior defina a água;

**Questão 1:**

Qual ou quais o(s) fenómeno(s) que ocorre(m) quando o feixe de luz incide na superfície de separação dos dois meios considerados?

**Questão 2:**

Como se designam os ângulos entre:

- a) a normal e o raio incidente; b) a normal e o raio refratado; c) a normal e o raio refletido.

**Questão 3:**

Selecione o feixe de luz e arraste-o para cima e para baixo. O que acontece ao feixe de luz refratado, aproxima-se ou afasta-se da normal?

**Questão 4:**

Considere ainda os meios materiais definidos no passo 4.

Arraste o transferidor que se encontra do lado esquerdo da simulação e defina o ângulo entre a normal e o raio incidente para 30°.

a) Calcule o ângulo entre a normal e o raio refratado. Apresente todos os cálculos necessários.

b) O valor encontrado está de acordo com o que pode ser medido na simulação?

**Questão 5:**

Determine a velocidade da luz quando esta atravessa a água. Apresente os cálculos necessários.

- 5 - Defina agora o meio material da parte superior como sendo a água e o da parte inferior como sendo o meio Mistério A. Utilizando novamente o transferidor, defina o ângulo entre a normal e o raio incidente para 40°.

**Questão 6:**

Meça o ângulo entre a normal e o raio refratado e determine o índice de refração do meio Mistério A. Apresente todos os cálculos necessários.

<b>Parte 2</b>
----------------

1 - Selecione agora como meios materiais da parte superior o vidro e da parte inferior o ar.

**Questão 7:**

Em relação à 1ª parte da ficha, qual a alteração que ocorre no ângulo entre a normal e o raio refratado?

Nota: verifique para ângulos entre os 0° e os 40°.

2 - Alterando o ângulo entre a normal e o raio incidente, encontre um ângulo em que o raio incidente seja todo refletido.

**Questão 8:**

Registe o valor do ângulo encontrado.

3 - Como já foi estudado na aula, sabe-se que para ângulos de incidência iguais ou superiores a um determinado valor (ângulo crítico,  $\theta_c$ ), toda a energia incidente é refletida para o meio de incidência num processo conhecido como reflexão interna total.

**Questão 9:**

A partir da exploração da simulação, quais são as condições necessárias para que ocorra reflexão interna total?

4 - O ângulo crítico é o valor particular do ângulo de incidência, para o qual o ângulo de refração seja 90°. A partir desta definição, responda às seguintes questões.

**Questão 10:**

Usando o transferidor, meça e registre o ângulo crítico para as seguintes interfaces:

Interface	meio material superior	vidro	água	vidro
	meio material inferior	ar	ar	água
$\theta_c / ^\circ$				

**Questão 11:**

Usando agora a lei de Snell com as respectivas adaptações, determine o ângulo crítico para as interfaces da questão anterior. Apresente todos os cálculos necessários.

**Questão 12:**

Os cálculos realizados na questão anterior estão de acordo com as medições efetuadas com a simulação?

O Professor: Pedro Martins





## APÊNDICE 8

Modalidade/Formato do recurso: apresentação multimédia utilizando o software *Microsoft PowerPoint*.

Nível de ensino: 8.º ano.

Objetivos gerais:

- compreender as leis da reflexão;
- identificar características das imagens fornecidas por espelhos planos e curvos;
- compreender o fenómeno da refração;
- compreender o fenómeno da reflexão total da luz;
- compreender o funcionamento das lentes com base na refração da luz;
- relacionar a potência das lentes com a sua distância focal;
- compreender a constituição e funcionamento do olho humano;
- caracterizar algumas doenças de visão e compreender as formas de as corrigir;
- demonstrar que a luz branca é constituída pelos diferentes comprimentos de onda do espectro da luz visível;
- reconhecer a aplicabilidade prática das diferentes leis e fenómenos estudados.

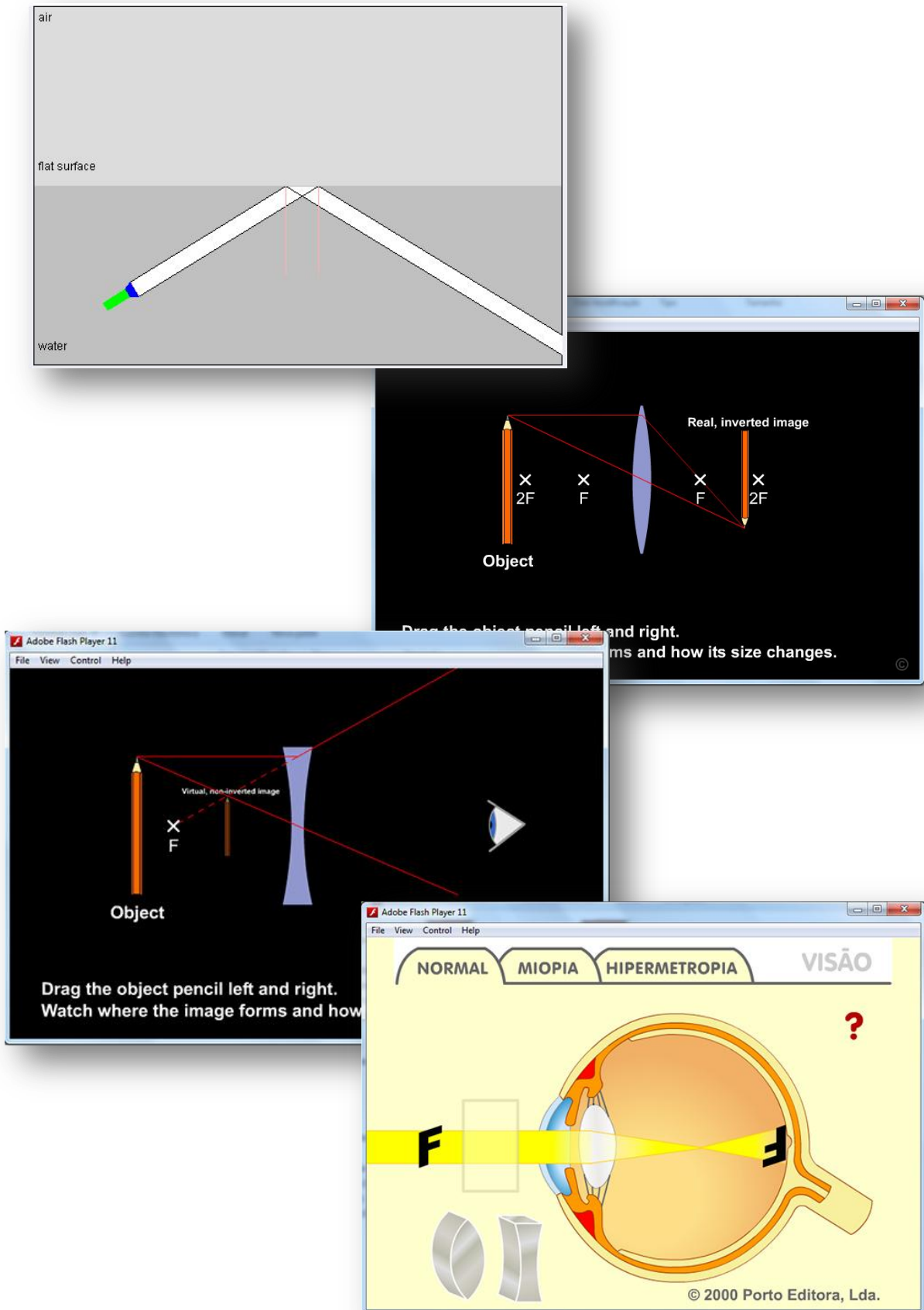
Descrição sumária: a apresentação multimédia contempla alguns dos conteúdos da Unidade 2 do Capítulo 1 - "Propriedades e aplicações da luz"; a par da apresentação realizaram-se algumas atividades demonstrativas; a apresentação foi realizada com maior interatividade dado que a estrutura organizacional da escola (falta de desdobramento das turmas, prioridade na utilização dos laboratórios para os alunos do secundário) não permitir a realização das atividades laboratoriais desejáveis.

Nota: grande parte das imagens dos diapositivos são imagens animadas (formato gif), pelo que, com a impressão do documento não é possível aceder a todas as potencialidades da apresentação multimédia.

Endereço da atualização da simulação utilizada no diapositivo referente à reflexão total da luz:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=49.0>

## Simulações utilizadas ao longo da apresentação multimédia



## Apresentação multimédia

**Propriedades e Aplicações da Luz**  
(2ª parte)

- ⇨ Reflexão da luz
  - ⇨ Espelhos
  - ⇨ Refracção da luz
  - ⇨ Reflexão total da luz
  - ⇨ Lentes
  - ⇨ Olho humano
  - ⇨ Potência focal
  - ⇨ Doenças de visão
  - ⇨ Dispersão da luz

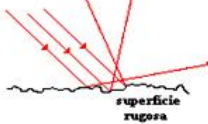



**REFLEXÃO DA LUZ**

Mudança de direcção ou de sentido, que experimentam os raios luminosos ao incidirem numa superfície polida, continuando a sua propagação no mesmo meio.

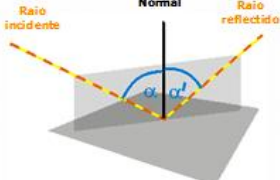
**REFLEXÃO**

- Reflexão Regular**  
A luz é reflectida numa só direcção
- Reflexão Difusa**  
A luz é reflectida em várias direcções

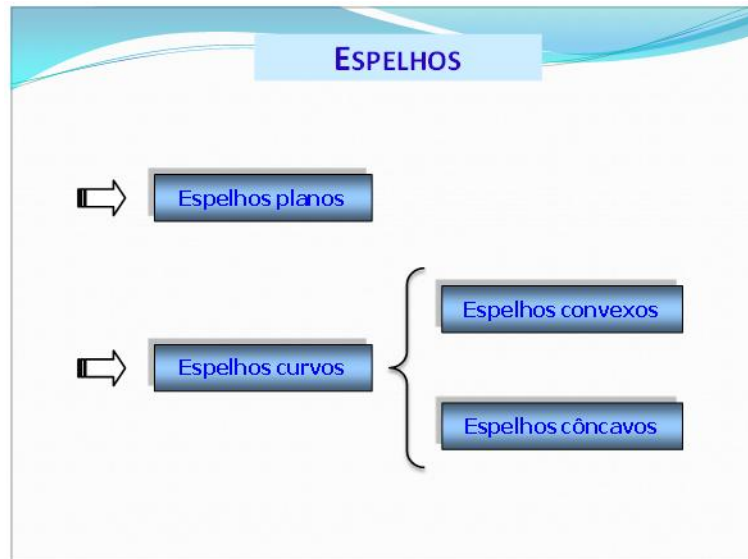



**Leis da reflexão**

- **1ª Lei:** O raio incidente, a normal à superfície reflectora e o raio reflectido estão no mesmo plano.
- **2ª Lei:** O ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão.





**2ª Lei da Reflexão**



### ▶ Espelhos planos

Copyright © 2000 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados. 7478

- ▶ As imagens são virtuais (não se projectam num alvo);
- ▶ São direitas;
- ▶ Têm o mesmo tamanho do objecto;
- ▶ Simétricas em relação ao espelho.

**AMBULÂNCIA**  
aparece escrita da direita para a esquerda.

**Porquê?**

### ▶ Aplicações

Constrói um caleidoscópio




**Material necessário:**

- 3 espelhos com 20 cm de comprimento e 3 cm de largura, com as extremidades lixadas;
- Fita-crepe adesiva, tesoura, acetato ou plástico transparente, 1 triângulo de cartolina de 7,5 cm de lado com um orifício central de 1 cm, papel ou plástico auto-adesivo e missangas coloridas.

**Construção:**

- Une os espelhos, fazendo um triângulo, com a parte reflectora para dentro; fixa-os com fita-crepe;
- Veda uma das extremidades da peça com o acetato ou plástico transparente;
- Coloca algumas missangas dentro e tapa a outra extremidade da mesma forma;
- Cobre um dos lados com o triângulo de cartolina com um furo no meio;
- Para ver as imagens, aponta o caleidoscópio para uma fonte de luz e olha através do orifício.

**Constrói um periscópio**

**Material necessário:**  
 Cartolina preta ou papelão forrado com papel preto; dois espelhos planos comuns de 9 cm por 14 cm; régua, tesoura, cola, papel autoclutante, etc.

**Construção:**

- 1 - Cortar a cartolina preta (ou papelão) nas medidas 43 cm por 66 cm;
- 2 - Traçar as linhas de referência e cortar a cartolina nas regiões indicadas a amarelo;

Cartolina preta de 43 cm x 66 cm ou papelão forrado com papel preto

Peça bruta da montagem

Corta as partes em amarelo

Vinca sobre as linhas vermelhas

Espeho 45°

Espeho 45°

**Constrói um periscópio (continuação)**

- 3- Vincar a cartolina segundo as linhas marcadas a vermelho;
- 4- Dobrar nessas linhas e verificar se houve alguma falha nos cortes ou nos vincos;
- 5- Colocar os espelhos no interior da montagem, ajustando-os para a inclinação correcta; verificar o funcionamento mesmo antes de colar a última face da caixa.

Espeho 45°

Espeho 45°

Espeho 45°

Espeho 45°

- 6- Usar papel autoclutante ou fita-cola para fixar os espelhos nas laterais internas da caixa e para fechar.

### ▶ Espelhos curvos

⇒ Uma colher polida é um **espelho curvo** - tem duas superfícies reflectoras curvas.

**Espelho convexo**

Superfície polida (convexa)

**Espelho côncavo**

Superfície polida (côncava)

### Espelhos convexos



**Espelhos dos supermercados**



**Espelhos dos cruzamentos**



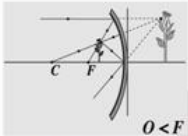
**Espelhos retrovisores**

**As imagens são sempre:**


- ⇨ virtuais
- ⇨ direitas
- ⇨ menores do que o objecto



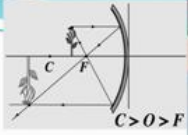
### Espelhos côncavos



$O < F$


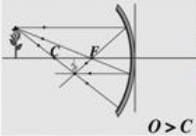


**Imagem virtual, direita e maior**



$C > O > F$

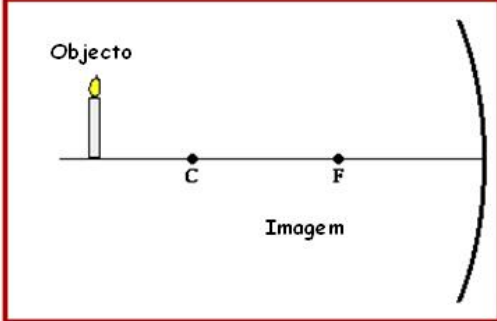
**Imagem real, invertida e maior**

$O > C$

**Imagem real, invertida e menor**

- Se o objecto se encontrar próximo do espelho, a imagem é virtual, direita e maior do que o objecto.
- Se o objecto se encontrar afastado do espelho, a imagem é real, invertida e pode ser maior ou menor do que o objecto (depende da distância a que o objecto se encontra relativamente ao espelho).



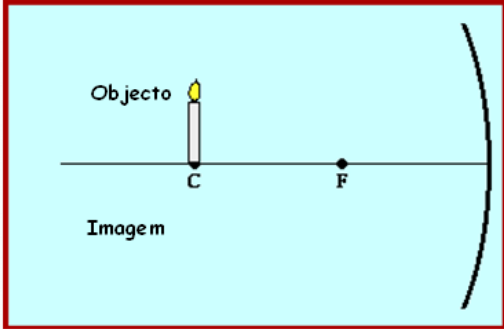
Objecto

C

F

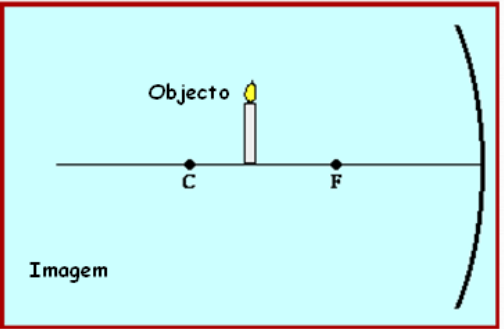
Image m

- ⇨ Real
- ⇨ Invertida
- ⇨ Menor que o objecto
- ⇨ Forma-se entre o centro de curvatura e o foco



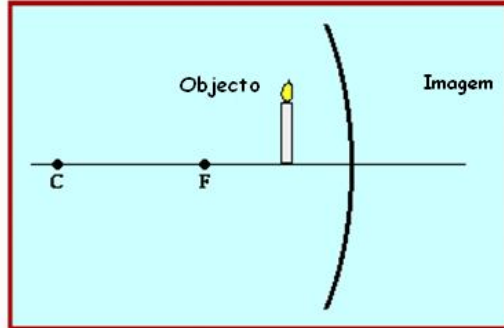
The diagram shows a concave mirror on the right. A horizontal principal axis passes through the center of curvature (C) and the focal point (F). An object, represented by a candle, is placed at the center of curvature (C). The image is formed at the same location (C), is inverted, and is the same size as the object.

- ⇒ Real
- ⇒ Invertida
- ⇒ Mesmo tamanho que o objecto
- ⇒ Forma-se no centro de curvatura



The diagram shows a concave mirror on the right. A horizontal principal axis passes through the center of curvature (C) and the focal point (F). An object, represented by a candle, is placed between the center of curvature (C) and the focal point (F). The image is formed further to the right, is inverted, and is larger than the object.

- ⇒ Real
- ⇒ Invertida
- ⇒ Maior que o objecto
- ⇒ Forma-se para além do centro de curvatura



The diagram shows a concave mirror on the right. A horizontal principal axis passes through the center of curvature (C) and the focal point (F). An object, represented by a candle, is placed between the focal point (F) and the mirror. The image is formed behind the mirror, is upright, and is larger than the object.

- ⇒ Virtual
- ⇒ Direita
- ⇒ Maior que o objecto
- ⇒ Forma-se atrás do espelho

Espelhos curvos - resumo		
Tipos de espelhos	Tipos de imagens reflectidas	Aplicações
<b>Espelhos planos</b>	As imagens: > São virtuais > São direitas > São simétricas > Têm o mesmo tamanho do objecto	> Periscópio > Caleidoscópio
<b>Espelhos curvos</b>	<b>Espelhos convexos</b> As imagens: > São virtuais > São direitas > São menores do que o objecto	> Superfície exterior de uma bola de natal > Superfície exterior de uma colher > Retrovisor de um automóvel > Espelhos de segurança dos supermercados > Espelhos de cruzamentos
	<b>Espelhos côncavos</b> As imagens: > Se o objecto se encontrar próximo do espelho, a imagem é virtual, direita e maior do que o objecto. > Se o objecto se encontrar afastado do espelho, a imagem é real, é invertida e pode ser maior ou menor do que o objecto (depende da distância a que o objecto se encontra relativamente ao espelho).	> Faróis dos automóveis ou motorizadas > Espelhos de "toilette" > Espelhos dos telescópios refractores > Superfície interior de uma colher

### REFRAÇÃO DA LUZ

Ocorre quando a velocidade de propagação da luz sofre alteração, fazendo com que os raios luminosos mudem, em geral, a sua direcção de propagação.



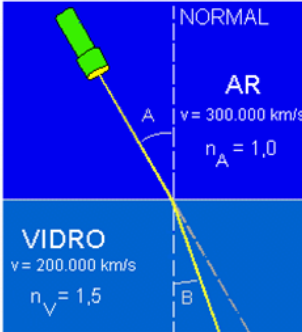

### ► Índice de refração (n)

- É um factor numérico igual ou superior a 1, relacionado com a velocidade de propagação da luz no meio considerado.
- É dado pela expressão:  

$$n = c / v$$

n – índice de refração  
 c – velocidade da luz no vazio  
 (3,00 x 10<sup>8</sup> m/s)  
 v – velocidade da luz no meio considerado

**Exemplos:**  
 n(ar) = 1; n(água) = 1,3; n(vidro) = 1,5





Quando o índice de refração ( $n$ ) de um meio é maior do que o de outro, diz-se que esse meio é mais refringente do que o outro.

Em relação à refração:

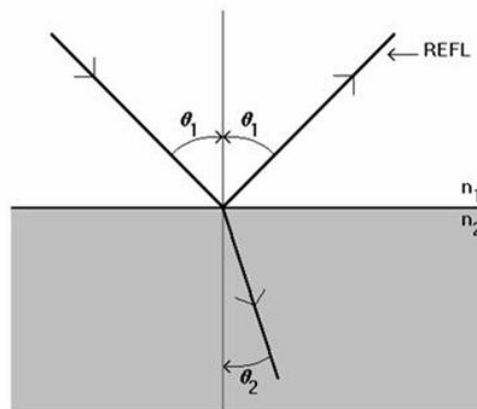
- Quando o ângulo de incidência do raio é  $0^\circ$ , o raio não muda a sua direção de propagação.
- Quando a luz passa de um meio para outro em que a velocidade da luz diminui (Ex: do ar para o vidro), o raio luminoso aproxima-se da normal.



O ângulo de incidência é maior do que o ângulo de refração.

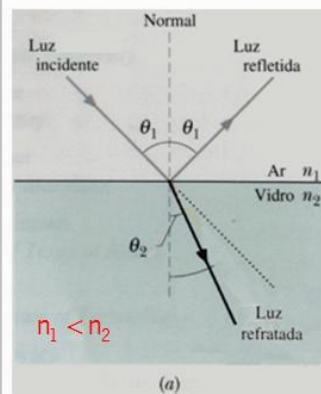
## Reflexão e Refracção

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=32>



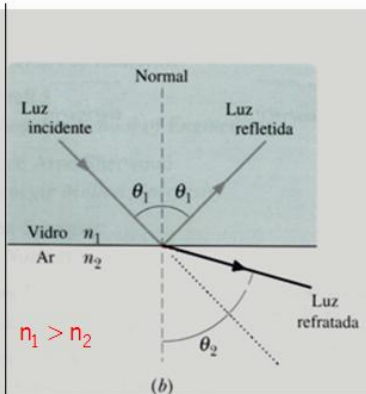
Quando a luz passa de um material menos refringente ( $n_1$ ) para um material mais refringente ( $n_2$ ), a sua velocidade diminui.

Neste caso, o raio refractado aproxima-se da normal.



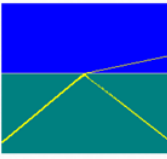
Quando a luz passa de um material mais refringente ( $n_1$ ) para um material menos refringente ( $n_2$ ), a sua velocidade aumenta.


Neste caso, o raio refractado afasta-se da normal.



## Reflexão total da luz

- O ângulo de incidência ao qual corresponde um ângulo de refração de  $90^\circ$  chama-se ângulo-limite.
- Se o ângulo de incidência for inferior ao ângulo-limite, há simultaneamente reflexão e refração.
- Se o ângulo de incidência for superior ao ângulo-limite apenas ocorre a reflexão, daí chamar-se reflexão total.





Será que também pode ocorrer reflexão total quando a luz passa do ar para a água?

## ▶ Aplicações

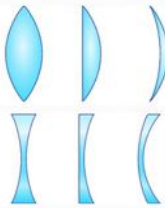
### Fibras ópticas

As fibras ópticas são muito utilizadas em comunicações a grande distâncias. Usam-se em cabos de telecomunicações, na televisão por cabo e na medicina em exames de endoscopia. As fibras ópticas são longos tubos ocos de vidro ou plástico. Quando estes tubos são percorridos por um feixe de luz ocorrem sucessivas reflexões totais, permitindo transmitir o sinal mais rapidamente e sem grande perda de informação.




## ▶ Lentes

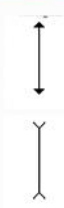
Lentes convergentes →



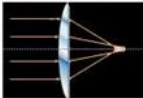
Lentes divergentes →



Representação simbólica

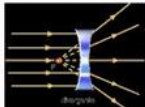


**Lentes convexas (convergentes)**

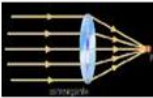


Lente convexa

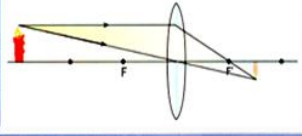

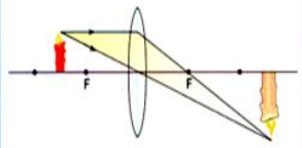

**Lentes côncavas (divergentes)**

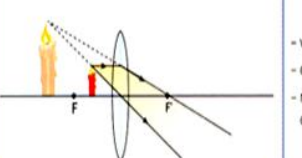



Lente biconcava



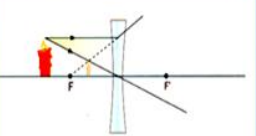

Lente biconvexa

Lentes convexas (convergentes)			
Tipo de lentes	Imagem de um objecto	Características da imagem	Aplicação
Convergente	<p>O objecto está para além da dupla distância focal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- real</li> <li>- invertida</li> <li>- menor do que o objecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nos nossos olhos</li> <li>- nas máquinas fotográficas</li> </ul> 
Convergente	<p>O objecto está entre o foco e a dupla distância focal</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- real</li> <li>- invertida</li> <li>- maior do que o objecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- projector de slides</li> <li>- projector da máquina de filmar</li> </ul> 

Tipo de lentes	Imagem de um objecto	Características da imagem	Aplicação
Convergente	<p>O objecto está entre a lente e o foco</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- virtual</li> <li>- direita</li> <li>- maior do que o objecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lupa</li> <li>- telescópio</li> <li>- microscópio</li> </ul> 

Simulação

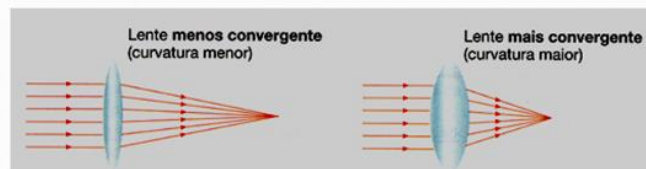
### Lentes côncavas (divergentes)

Tipo de lentes	Imagem de um objecto	Características da imagem	Aplicação
Divergente		<ul style="list-style-type: none"> <li>- virtual</li> <li>- direita</li> <li>- menor do que o objecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lentes dos orifícios das portas exteriores das casas</li> </ul> 

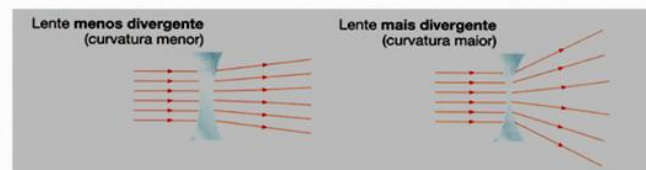
Simulação

### Potência focal

Todas as lentes convexas são convergentes, no entanto, umas convergem mais os raios luminosos do que outras.



O mesmo acontece com as lentes côncavas ou divergentes, umas divergem mais os raios luminosos do que outras.



Para medir o poder de convergência ou divergência das lentes, usa-se uma grandeza chamada **potência focal**, que corresponde ao inverso da sua **distância focal**.

$$\text{Potência focal (P)} = \frac{1}{\text{distância focal(f)}}$$

A **distância focal (f)** corresponde à distância entre o centro óptico da lente (O) e o foco (F). No Sistema Internacional de Unidades, a distância focal exprime-se em metros (m).

A **potência focal (P)** ou vergência (V) define-se como o inverso da distância focal da lente.

A potência focal exprime-se em dioptrias (D).

### Agora aplica...

Para cada valor de **potência** registado na receita médica abaixo, determina a respectiva **distância focal**, referindo se se trata de uma lente côncava ou convexa.

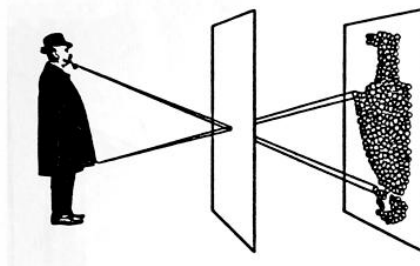
	Esf.	Cil.		Prisma		Esf.	Cil.	Prisma	
		Dioptr.	Eixo	Dioptr.	Base			Dioptr.	Base
Longe									
Perto									
Para correção	-1,50	-0,50	0			-3,00	-0,50	0	

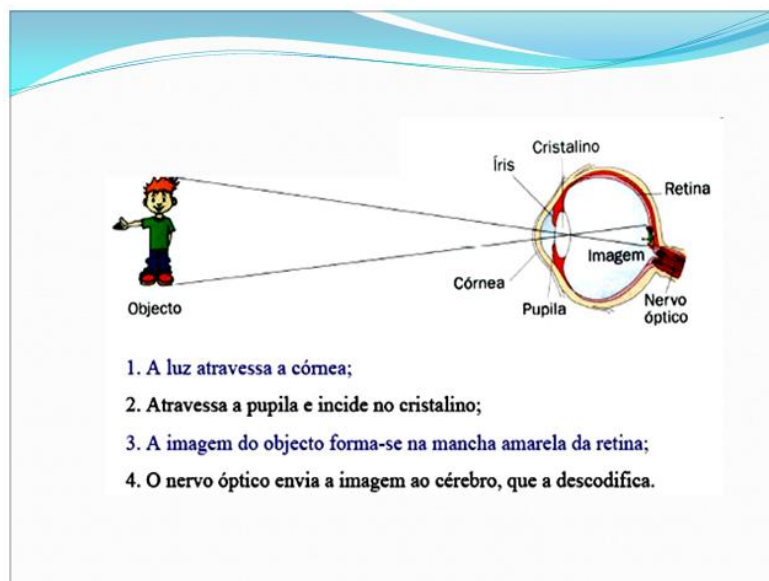
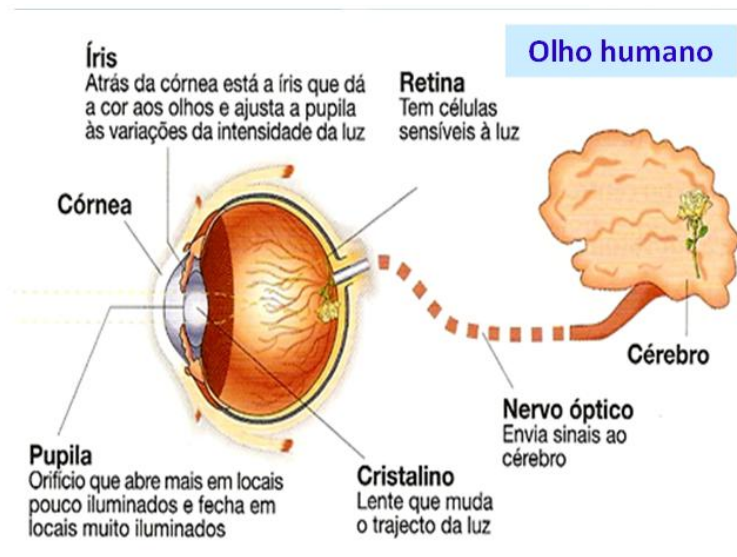
## Formação das imagens

Como se formam as imagens nos nossos olhos?


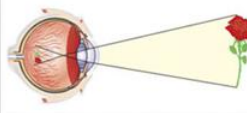
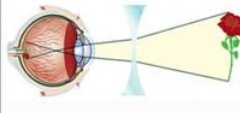
Como é possível obter fotografias?


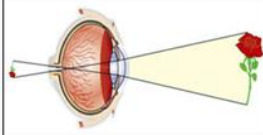
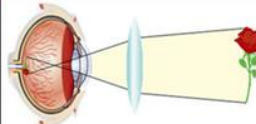
Observa a imagem formada com a câmara escura!  
Quais as suas características?






► Doenças de visão

Doenças de visão	Como se manifesta	Como se corrige
<b>Miopia</b>	Dificuldade em ver ao longe	Lentes divergentes
	 <p>Devido a uma excessiva curvatura do cristalino, a imagem de objectos mais distantes forma-se antes da retina, ou seja, "desfocada".</p>	

Doenças de visão	Como se manifesta	Como se corrige
<b>Hipermetropia</b>	Dificuldade em ver ao perto.	Lentes convergentes
	 <p>Devido a uma excessiva rigidez do cristalino, a imagem de objectos próximos forma-se para além da retina, ou seja, "desfocada".</p>	

Doenças de visão	Como se manifesta	Como se corrige
<b>Presbitia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em ver ao perto, devido à velhice.</li> <li>- Os músculos ciliares perdem elasticidade.</li> <li>- É uma anomalia natural que ocorre, normalmente, nas pessoas com vista cansada.</li> </ul>	<p>Lentes convergentes, bifocais ou progressivas.</p> 

Doenças de visão	Como se manifesta	Como se corrige
<p><b>Astigmatismo</b></p> 	<p>- Imperfeição da córnea, que não é esférica como no olho normal.</p>	<p><b>Lentes cilíndricas</b></p>

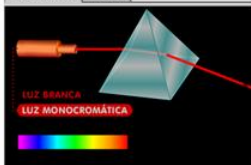
Simulação

### Dispersão da luz

Quando a luz branca é decomposta no espectro da luz visível, dizemos que ocorre a **dispersão da luz**.

Como a luz branca é composta por várias cores (radiação policromática), estas radiações têm frequências diferentes, logo velocidades diferentes. Esse facto faz com que sofram desvios diferentes.

EXPERIÊNCIA TEORIA



Simulação

### ► Curiosidades...

#### Arco-íris





**Dispersão da luz branca num prisma**



Quando a luz branca do Sol incide numa gota de água (A), refracta-se e muda de direcção no seu interior. A luz branca do Sol é constituída por várias radiações, pelo que dentro da gota de água cada radiação vai propagar-se a uma velocidade diferente (dispersão), sofrer uma reflexão (C) e nova refração (D).





## APÊNDICE 9

Modalidade/Formato do recurso: materiais utilizados numa aula de motivação para o início da Unidade 2 do Capítulo 1 - "Propriedades e aplicações da luz"; neste apêndice apresentam-se uma ficha de trabalho e fotografias dos alunos a explorar os materiais.

Nível de ensino: 8.º ano.

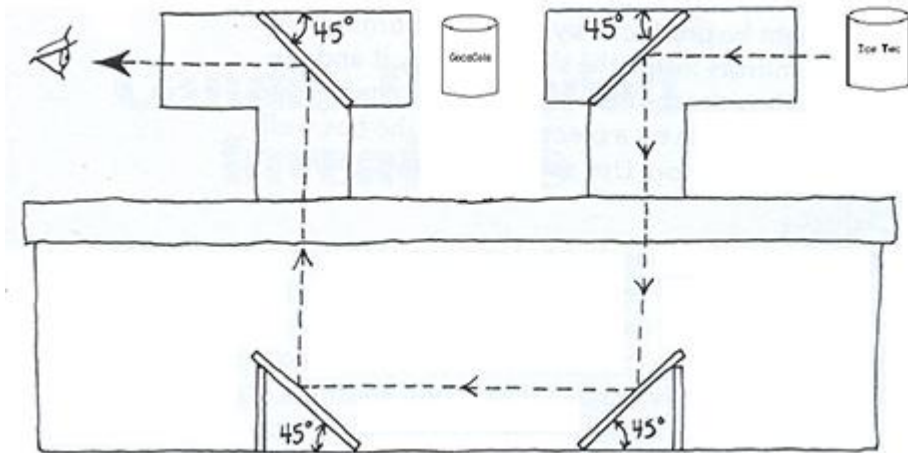
Objetivos gerais: despertar a curiosidade para o tema da unidade.

Descrição sumária: a sala de aula foi dividida em três zonas, designadas de bancadas, tal como a turma também foi dividida em três grupos; cada aluno fazia-se acompanhar de uma ficha de trabalho para orientar as tarefas, que faz parte deste apêndice.

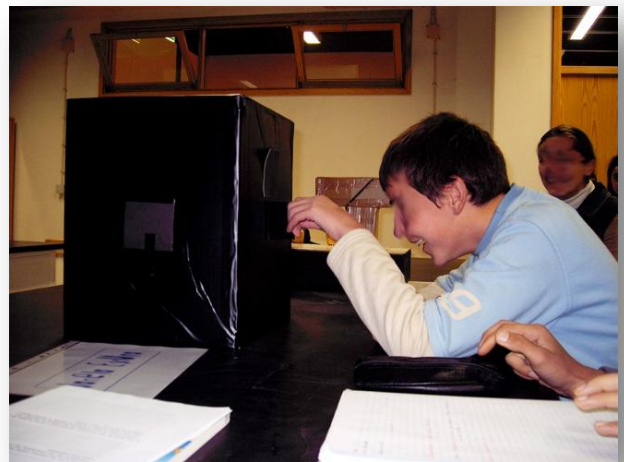
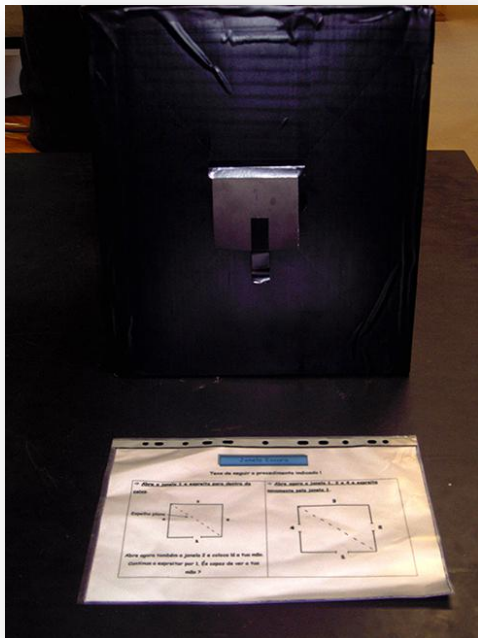
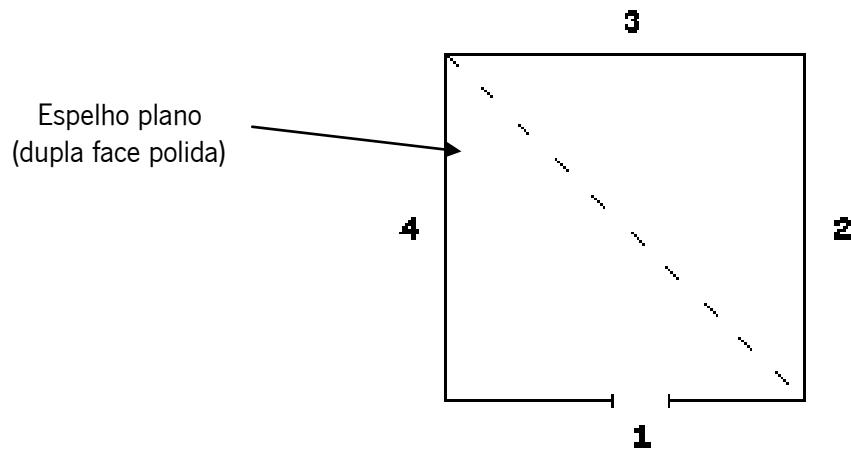
Nota: este recurso já foi utilizado em outros anos letivos e com as adaptações necessárias.

## Fotografias de alguns dos recursos utilizados

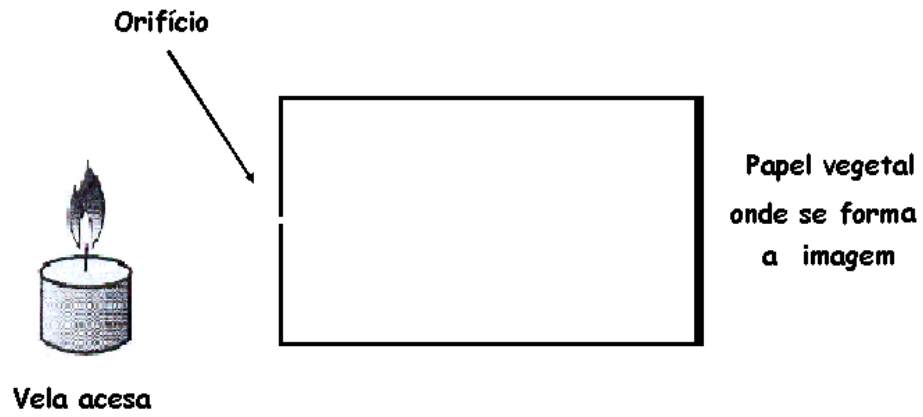
### "Misteriosa máquina de raios X"



**"Janela escura"**



**"Câmara escura - pinhole"**



## Ficha de trabalho disponibilizada aos alunos



Físico-Química - Ficha de trabalho nº1

<b>Bancada 1</b>
------------------

Nesta bancada, estão disponíveis 3 máquinas fotográficas e uma câmara escura. Tens de ter o máximo de cuidado ao manobrar as máquinas !

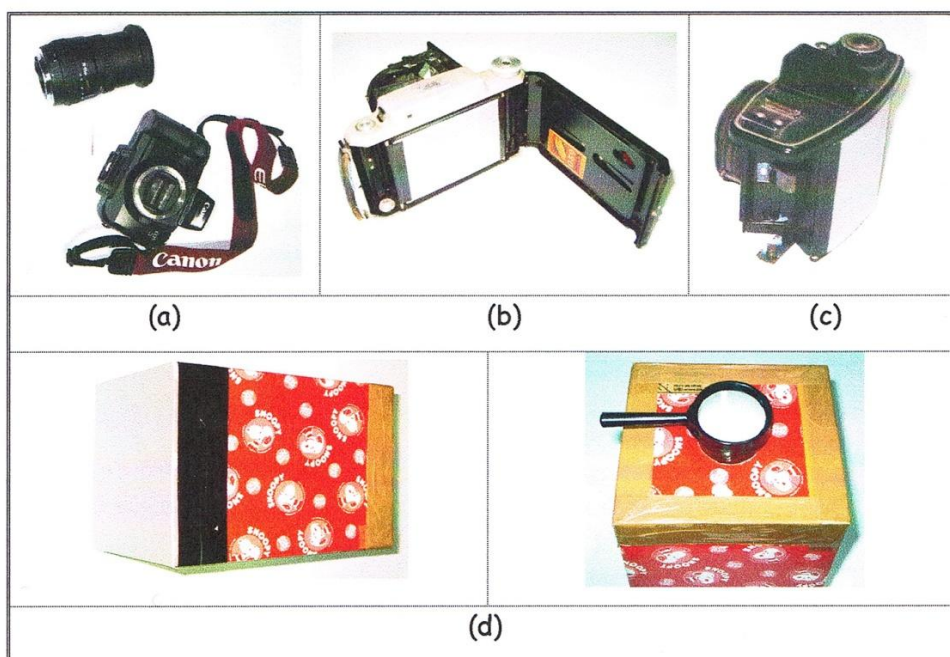


Figura 1: Três máquinas fotográficas (a), (b) e (c); câmara escura (d).



### O que tenho de fazer ?

⇒ As máquinas (b) e (c), e a câmara escura (d), têm uma folha de papel vegetal numa das suas extremidades. Coloca a máquina ou a câmara escura (uma de cada vez) apontada para a vela acesa, ou seja, com o papel vegetal virado para ti. Desenha o que vês no papel vegetal, para cada uma das câmaras (b), (c) e (d).



Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



**O que observo !**

(b)
(c)
(d)



Colégio Ellen Key

Físico-Química - Ficha de trabalho nº1

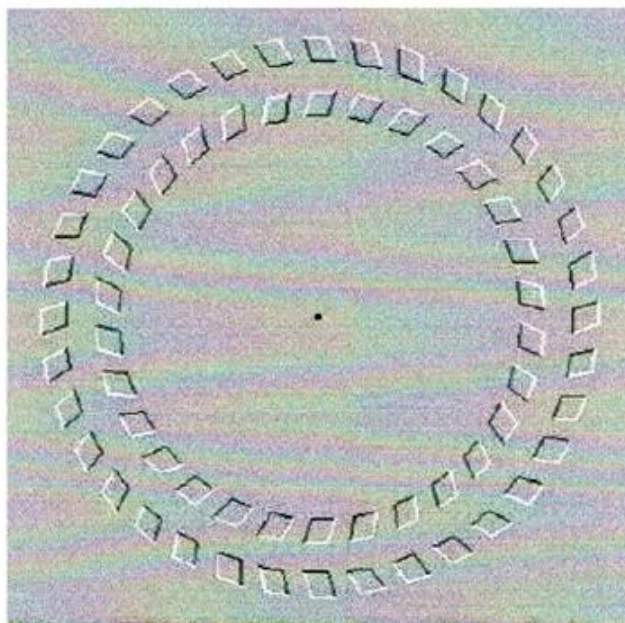
**Bancada 2**

A percepção visual pode enganar-nos criando aquilo a que chamamos vulgarmente **ilusões ópticas**. Acontece que nem sempre o nosso cérebro interpreta correctamente a informação proveniente do nervo óptico.

Observa, atentamente, os exemplos seguintes. Para te divertires, segue exactamente o recomendado.



Fecha os olhos durante 5 segundos. De seguida, fixa o ponto no centro e sem desviar o olhar, aproxima-te e afasta-te da imagem.



O que observas ?

---

---

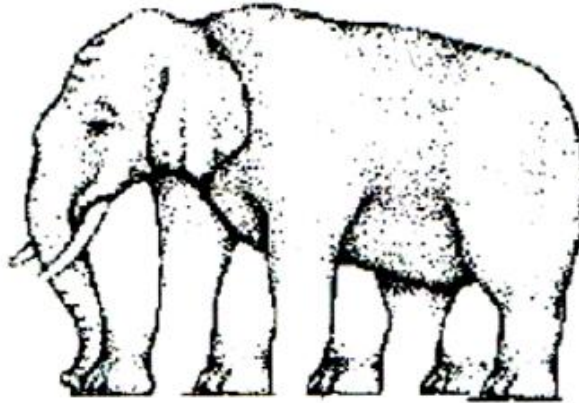


Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



Analisa a figura abaixo.



Quantas patas te parece que o elefante tem ?

---



Se leste NÃO PARE NA PISTA no triângulo ao lado, é melhor olhares outra vez !!



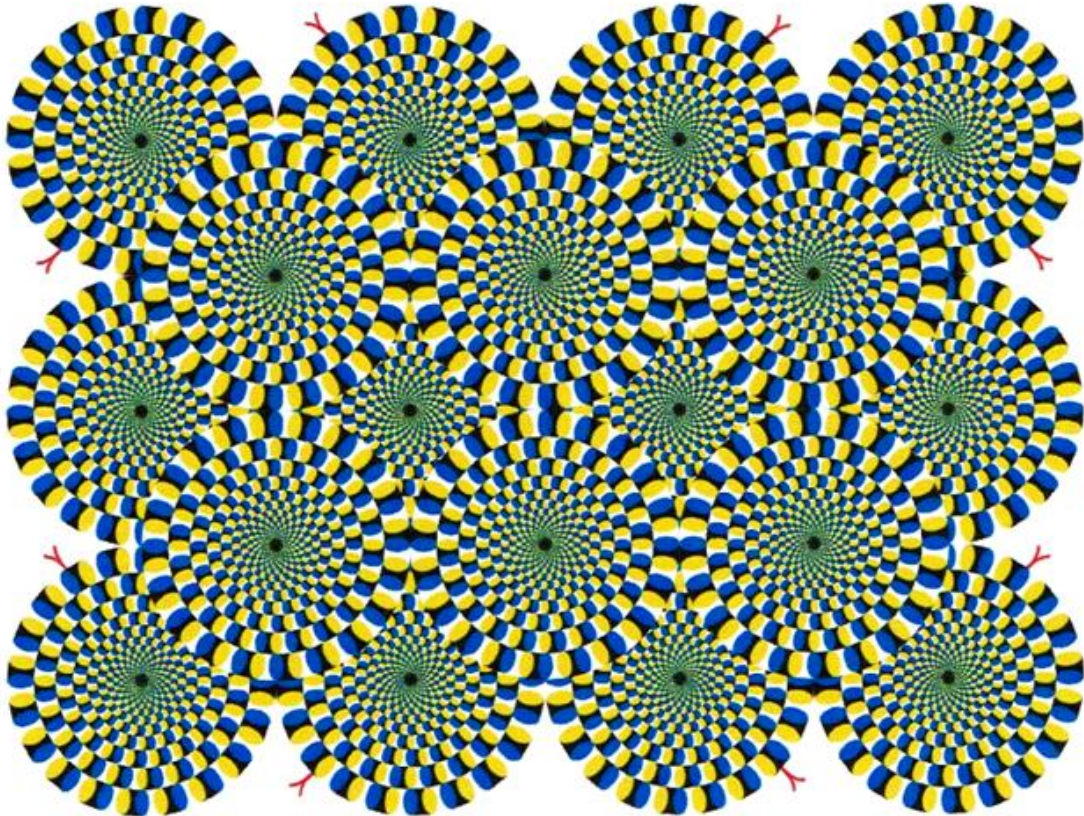


Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



Na figura abaixo, fixa inicialmente o ponto preto de um dos círculos. De seguida, olha para toda a imagem como um conjunto de círculos.



Quando observas cada círculo individualmente, este parece-te mover ?

---

E quando olhas para toda a imagem ?

---



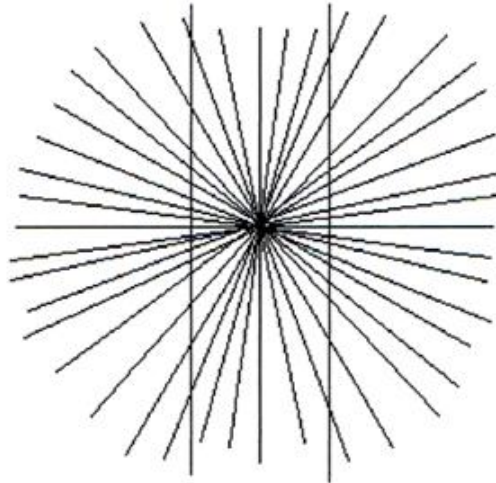
Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



Na figura abaixo, as linhas na vertical são rectas ou curvas ?

\_\_\_\_\_

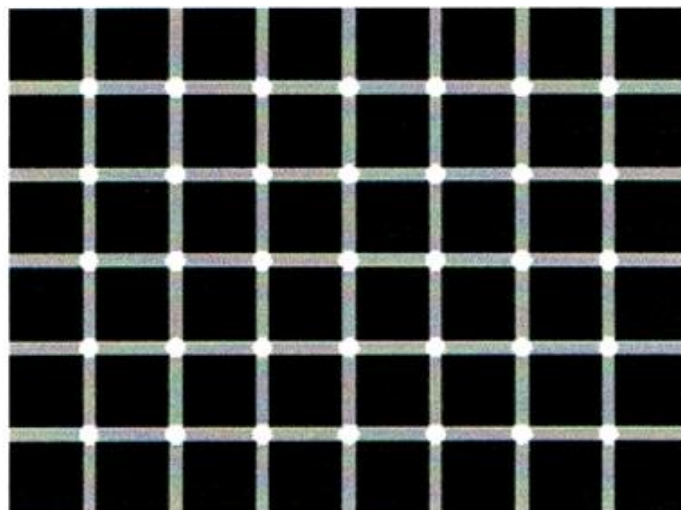


Para te certificares da veracidade do que os teus olhos vêem, coloca dois objectos rectilíneos (por exemplo uma régua) coincidentes às linhas. São rectas ou curvas ? \_\_\_\_\_



Na figura abaixo, quantos pontos pretos consegues ver ?

\_\_\_\_\_





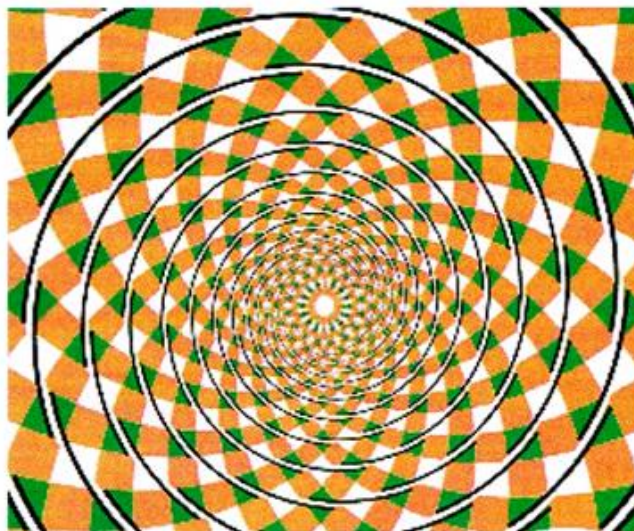
Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



Na figura abaixo, as curvas são em forma de círculo ou espiral ?

---



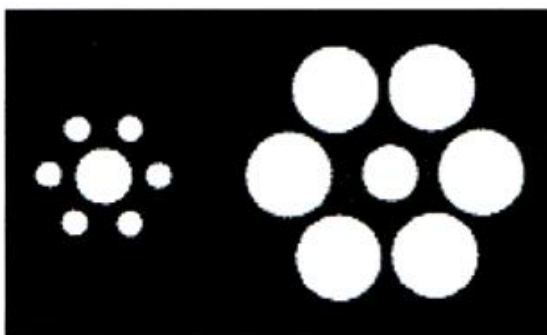
Para te certificares melhor da tua resposta, segue as curvas com uma caneta e volta a responder à pergunta inicial.

---



O ponto a meio da figura à esquerda é maior ou menor do que o da direita ?

---





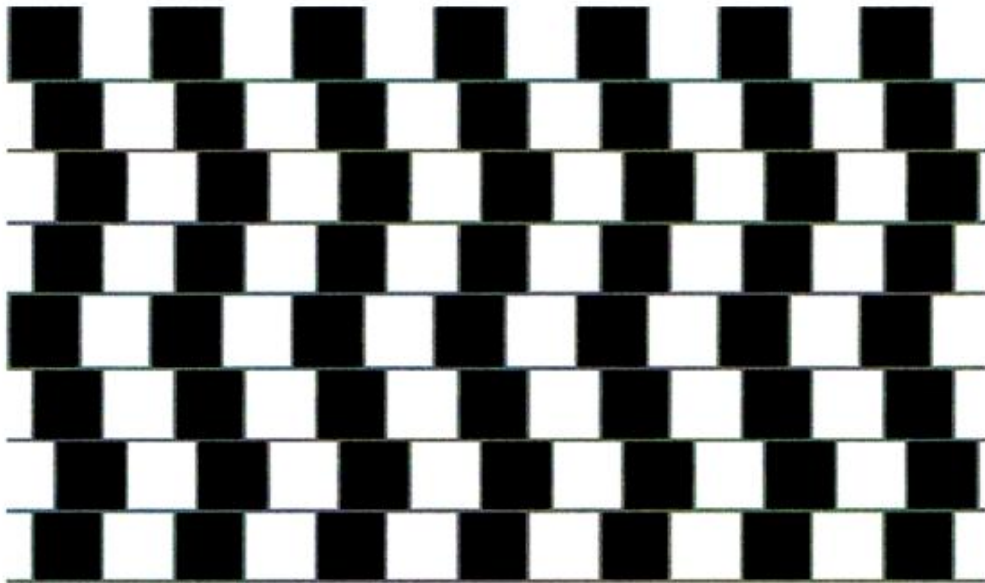
Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



Observa a figura abaixo. As linhas serão paralelas entre si ?

\_\_\_\_\_



Na figura abaixo, é um índio ou um esquimó ?

\_\_\_\_\_





Colégio Ellen Key

----- Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



O que é que se vê nesta figura ?

---



Pode-se ver uma mulher ou um homem a tocar saxofone !



O que é que se vê na figura abaixo, uma cara ou alguma palavra escrita ?

---





Colégio Ellen Key

Físico-Química - Ficha de trabalho nº1

### Bancada 3

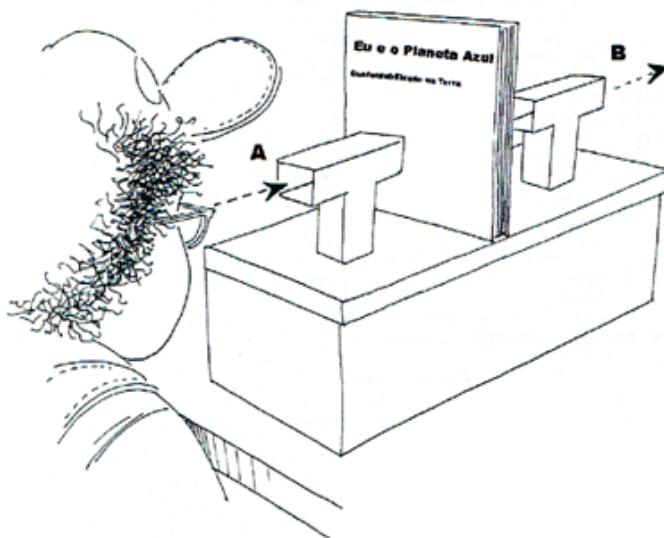
Nesta bancada estão presentes duas caixas de espelhos, uma chama-se "Misteriosa Máquina de Raios X" e a outra "Janela Escura".



### Misteriosa Máquina de Raios X

Tal como o Super-homem que tinha visão raios-x, ou seja, conseguia ver através de uma parede, nós com esta máquina também conseguimos ver através de objectos.

Coloca um livro no centro da caixa, observa por A e pede a um colega para se colocar na outra extremidade e observar também por B.



O que observo ?

---



---



Colégio Ellen Key

Físico-Química - Ficha de trabalho nº1



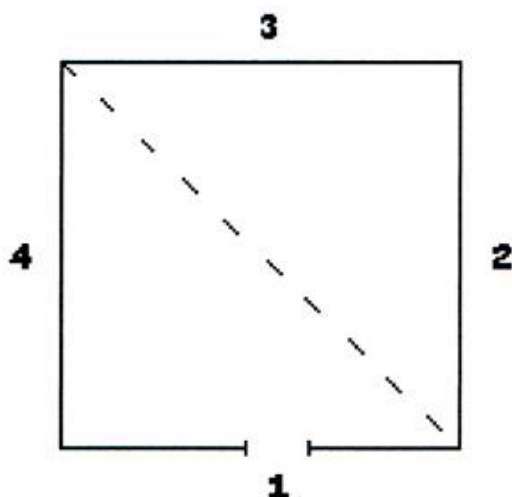
## Janela Escura

A Janela Escura é a caixa preta que está à tua frente. Para te divertires com esta caixa, tens de seguir as regras.

⇒ Abre a janela 1 e espreita para dentro da caixa.



O que observas ? Desenha no quadrado abaixo a posição da imagem que observas.



Abre agora também a janela 2 e coloca lá a tua mão. Continua a espreitar por 1. És capaz de ver a tua mão ?

---



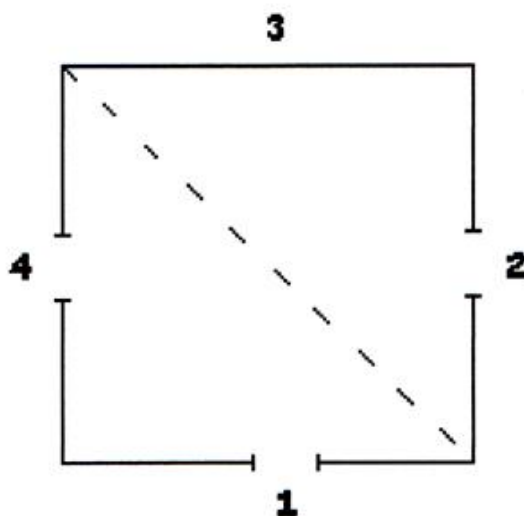
Colégio Ellen Key

Físico-Química - Ficha de trabalho nº1

⇒ Abre agora a janela 1, 2 e 4 continuando a espreitar pela janela 1.



O que observas ? Desenha no quadrado abaixo a posição das imagens que observas.



Divertiste-te ?

Agora vamos aprender !





## **APÊNDICE 10**

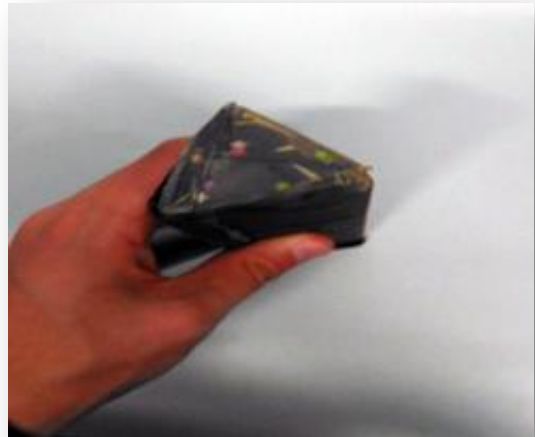
Trabalhos desenvolvidos na Escola D. Sancho I por alunos do Ensino Profissional dos cursos Técnico de Análise Laboratorial, Técnico de Manutenção Industrial e Técnico de Eletrotécnica.

## Periscópio



*Descrição sumária: com a construção dos periscópios, os alunos verificaram a aplicação das leis da reflexão; foi explorada a diferença nestes dois periscópios apresentados, um invertia a imagem e o outro não.*

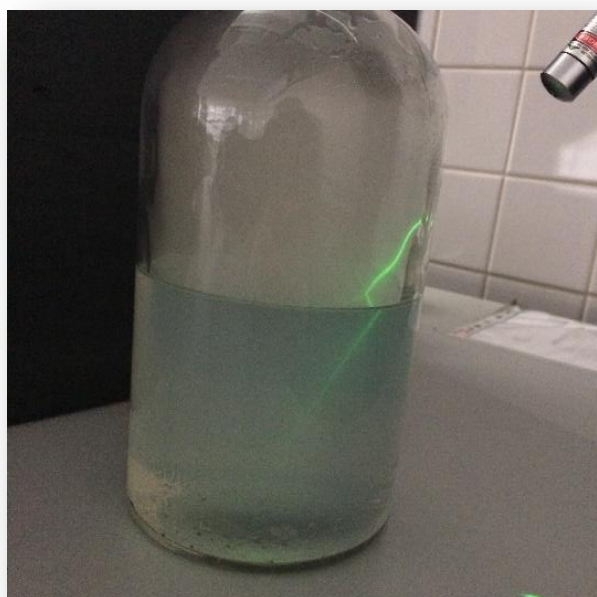
## Caleidoscópio

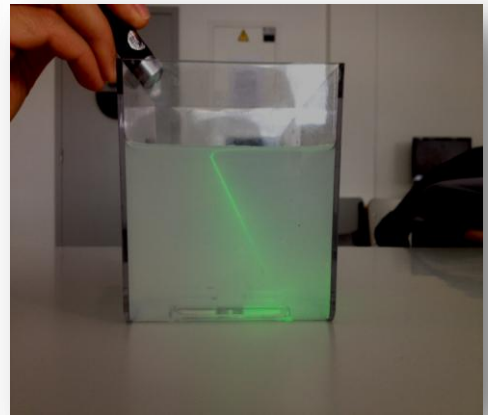
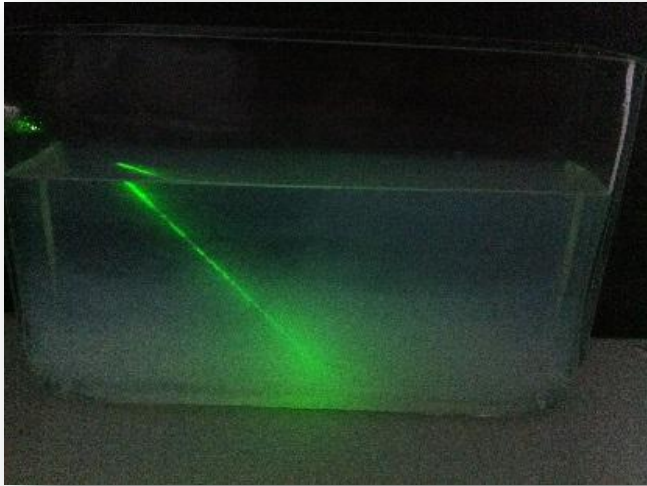


*Descrição sumária: foram colocados 3 espelhos no interior do tubo, pequenos fragmentos de vidro e estrelinhas; as múltiplas reflexões nos 3 espelhos originam imagens simétricas e com um bonito efeito visual.*

## Refração da luz

*Descrição sumária: garrafa ou aquário com água e umas gotas de leite para permitir a visualização do feixe; o feixe ao atravessar a interface ar-água muda de direção, verificando-se assim a lei da refração.*





### Reflexão total da luz



*Descrição sumária: água a sair por um furo feito num(a) garrafão/garrafa pelo qual se incide um feixe laser e este percorre o interior da água a partir de sucessivas reflexões internas, como se se tratasse de uma fibra ótica.*

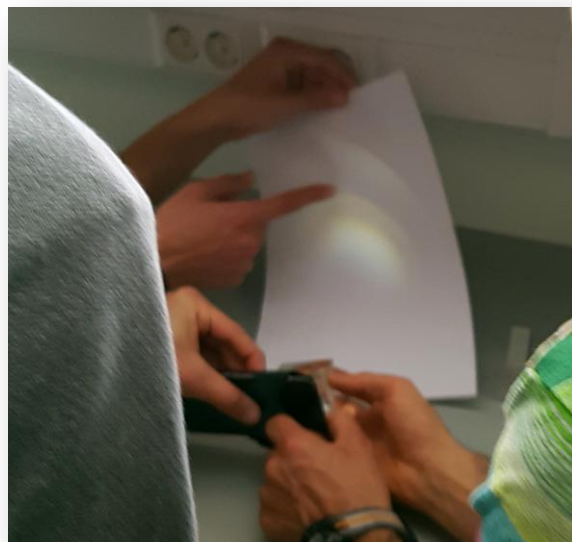


*Descrição sumária: garrafa e aquário com água e umas gotas de leite para permitir a visualização do feixe; verifica-se a reflexão do feixe na interface água-ar.*

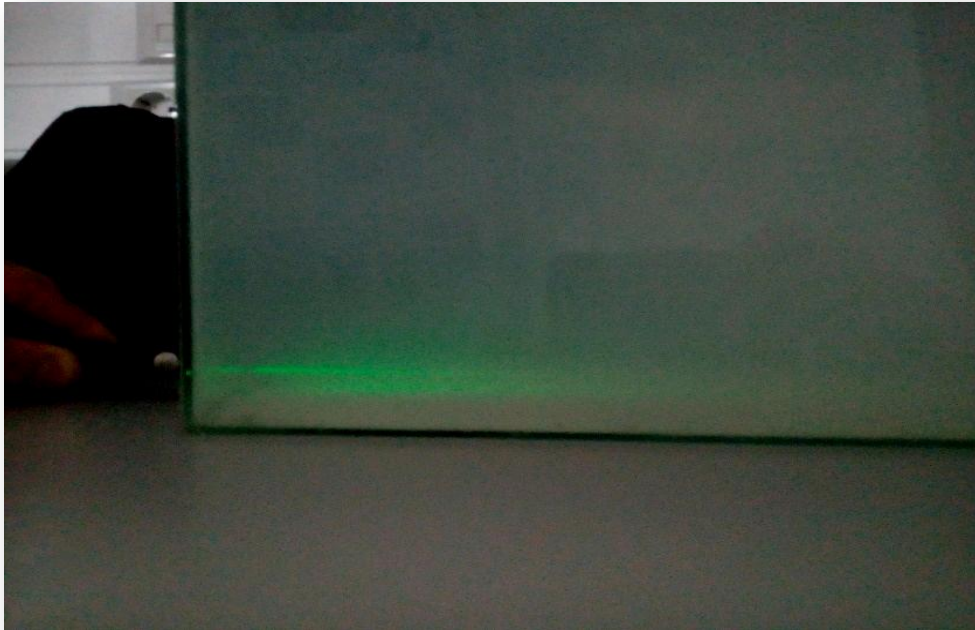


### **Dispersão da luz branca através de um prisma**

*Descrição sumária: fez-se incidir um feixe de luz branca através de um prisma ótico tendo-se verificado a dispersão dessa luz projetada numa folha de papel (alvo).*



## Encurvamento de um feixe laser devido à variação gradual do índice de refração do meio



*Descrição sumária: num aquário com água e umas gotas de leite, adicionou-se uma grande quantidade de açúcar que se deposita no fundo (deixou-se repousar umas horas), alterando assim o índice de refração de forma gradual o meio material no fundo do aquário; com a incidência de um feixe laser paralelamente à base do aquário, verificou-se um encurvamento gradual desse mesmo feixe; pretendia-se assim simular o efeito que ocorre nas miragens (as diferenças foram exploradas).*

## Simulação de um arco-íris



*Descrição sumária: com a incidência de um feixe de luz branca num balão de fundo redondo, pretendia-se simular a formação de um arco-íris; a simulação não foi totalmente conseguida possivelmente pelos seguintes motivos: posicionamento do alvo e a fonte de luz não ter intensidade suficiente.*



## APÊNDICE 11

Modalidade/Formato do recurso: fotografias da atividade laboratorial proposta no Domínio "Movimentos e forças" e Subdomínio "Movimentos na Terra" do 9.º ano de escolaridade; utilização do programa de livre acesso *Tracker* para a exploração do movimento de um carrinho.

Nível de ensino: 9.º ano.

Objetivos gerais: realização de uma atividade laboratorial e respetiva exploração dos dados adquiridos.

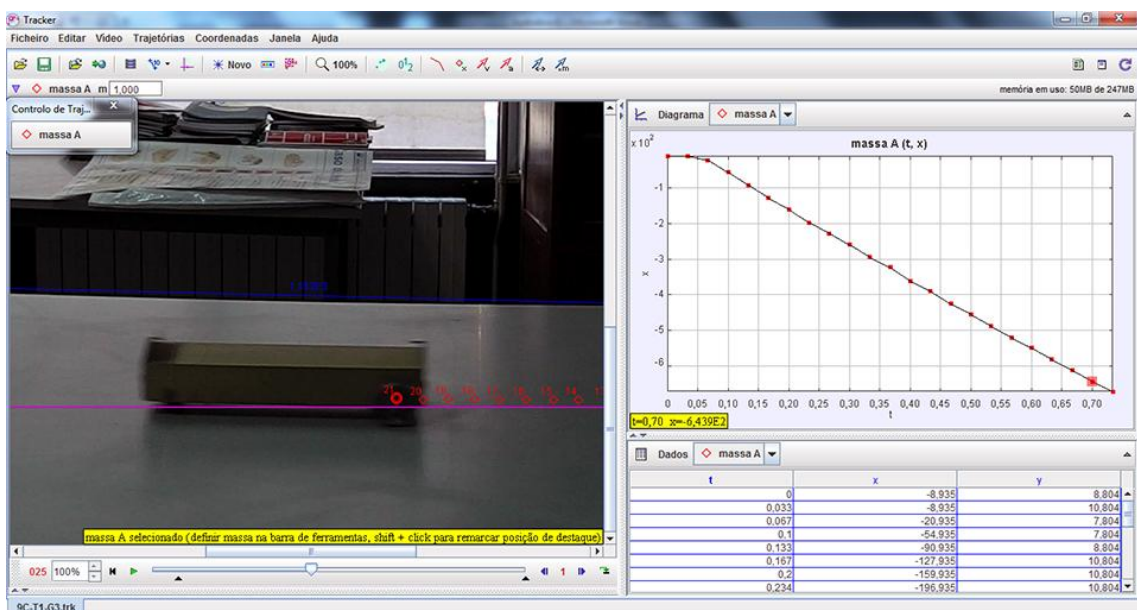
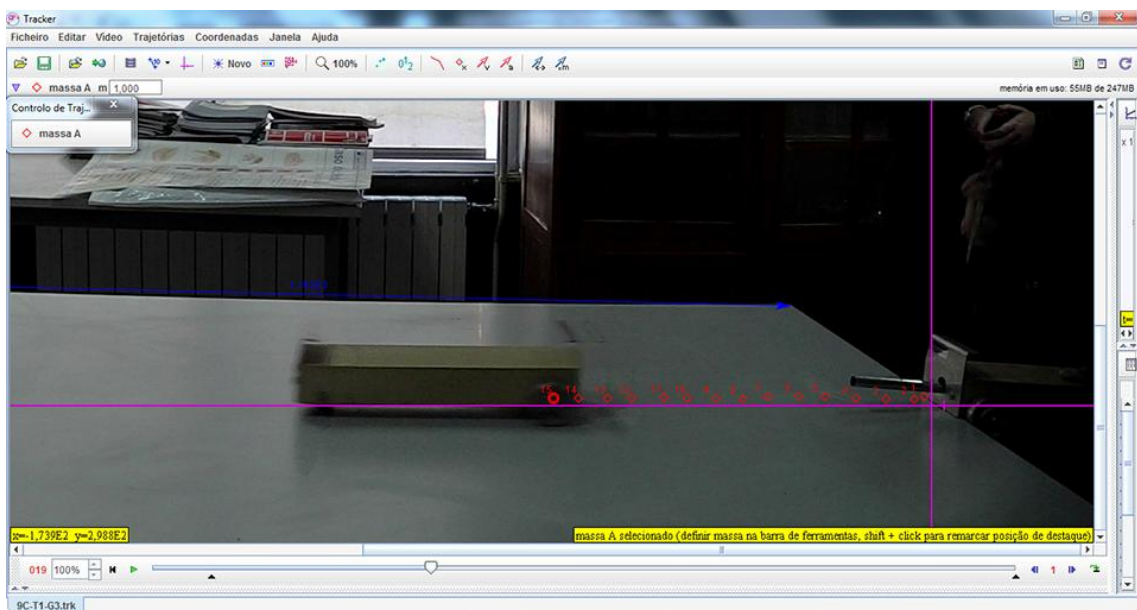
Descrição sumária: os alunos realizaram a filmagem do lançamento de um carrinho impulsionado por uma mola; posteriormente exploraram esse vídeo com o programa *Tracker*; este apêndice apresenta o *print screen* do monitor do computador aquando da exploração dos resultados da atividade laboratorial.

Nota: atividade realizada com alunos do 9.º ano da Escola Básica 2,3 Professor Carlos Teixeira.

Na parte inicial da aula foram exploradas as potencialidades do programa, necessárias à atividade em causa.

Para o lançamento do carrinho foi utilizada a mola de um outro carrinho. Durante a análise dos dados, foram explorados os seguintes aspetos:

- devido ao reduzido atrito das rodas do carrinho no contacto com a superfície podia-se considerar, com uma boa aproximação, o movimento do carrinho retilíneo e uniforme;
- sentido do referencial escolhido;
- gráfico posição em função do tempo.





## APÊNDICE 12

Modalidade/Formato do recurso: exploração prática com uma caixa designada "caixa de cor" e respetiva ficha de trabalho; simulação "Perceção da Cor 1.04" em formato *Java* e respetiva ficha de trabalho (guião); apresentação multimédia utilizando o software *Microsoft PowerPoint*.

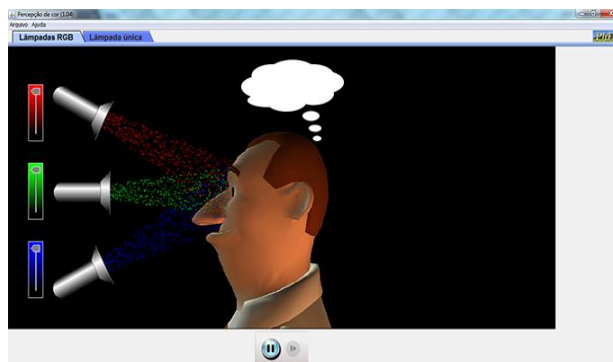
Nível de ensino: 8.º ano.

Objetivos gerais: abordagem do tema "A cor dos objetos" que faz parte do Domínio "Luz" e Subdomínio "Fenómenos óticos".

Descrição sumária:

- exploração da caixa de cor: caixa de sapatos com abertura lateral para a entrada de luz (de uma lanterna), respetiva tampa adaptada para cores diferentes de papel celofane e objetos de diferentes cores; pretendia-se provocar inicialmente a dúvida, a curiosidade e a vontade de explorar as razões que levam à explicação do tema; o facto de as cores do papel celofane e dos objetos não serem os mais adequados, há a necessidade de complementar com a exploração de uma simulação;
- simulação: durante a exploração da simulação, cada grupo de alunos preenche a ficha de trabalho e tiram as suas próprias conclusões que serão apresentadas à turma;
- apresentação multimédia: exemplos de aplicações do tema na tecnologia e sociedade (CTSA).

Nota: estas atividades já foram realizadas em diferentes escolas, no entanto, apresentam-se os materiais disponibilizados aos alunos no ano letivo de 2012/2013 no Colégio Ellen Key.



<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/color-vision> (Versão 1.04)

## Ficha de Trabalho "Exploração da caixa de cor"



Colégio Ellen Key

## Ficha de Trabalho Experimental

8.º Ano de escolaridade do Ensino Básico  
Ano letivo 2012/2013

Ass. Prof: \_\_\_\_\_

Ass. E.Ed: \_\_\_\_\_

Avaliação: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

## Questões problema:

"Qual é a cor dos objetos quando apagas a luz do teu quarto?"

"Já pensaste porque é que a nossa roupa muda de cor dentro da discoteca?"



Para tentares responder às questões problema, segue o seguinte guião e preenche os espaços em branco.

## Material:

- caixa de sapatos com papel celofane
- lanterna
- molas da roupa (verde e azul)
- limão
- cartas (ás de copas e de espadas ou do jogo UNO)



## Parte I - Caixa com papel celofane verde

× Antes de ligar a lanterna, prevê qual a cor dos seguintes objetos quando observados através do papel celofane **verde**. Abstrai-te da cor a que estás habituado ver os objetos.

mola verde: \_\_\_\_\_ ás de copas: \_\_\_\_\_ limão: \_\_\_\_\_

mola azul: \_\_\_\_\_ ás de espadas: \_\_\_\_\_

× Liga a lanterna e observa a cor dos objetos. Regista a cor a que cada objeto mais se aproxima, preenchendo os espaços em branco das seguintes afirmações (utiliza apenas cores):

▪ Na **mola verde**, incide luz branca da lanterna, a mola absorve o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_ e reflete o \_\_\_\_\_ e como o papel celofane deixa passar a luz verde, logo vemos-la verde.

▪ No **limão**, incide luz branca da lanterna, este absorve o \_\_\_\_\_ e reflete o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_ e como o papel celofane deixa passar a luz verde, logo vemos-lo verde.

▪ Na **carta (ás de copas - vermelho e branco)**, incide luz branca da lanterna, a **zona branca**, não absorve nada e reflete tudo (vermelho, verde, azul) e como o papel celofane deixa passar a luz verde, logo vemos essa zona \_\_\_\_\_; por outro lado, na **zona vermelha** que também incide luz branca da lanterna, absorve o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_ e reflete o \_\_\_\_\_, como o papel celofane só deixa passar a luz verde, logo vemos essa zona \_\_\_\_\_ (ausência de cor).

**Parte II - Caixa com papel celofane vermelho**

\* Antes de ligar a lanterna, prevê qual a cor dos seguintes objetos quando observados através do papel celofane **vermelho**. Abstrai-te da cor a que estás habituado ver os objetos.

mola verde: \_\_\_\_\_ ás de copas: \_\_\_\_\_ limão: \_\_\_\_\_  
mola azul: \_\_\_\_\_ ás de espadas: \_\_\_\_\_

\* Liga a lanterna e observa a cor dos objetos. Regista a cor a que cada objeto mais se aproxima, preenchendo os espaços em branco das seguintes afirmações (utiliza apenas cores):

- Na **mola verde**, incide luz branca da lanterna, a mola absorve o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_ e reflete o \_\_\_\_\_ e como o papel celofane só deixa passar a luz vermelha, logo vemos-la \_\_\_\_\_.
- No **limão**, incide luz branca da lanterna, este absorve o \_\_\_\_\_ e reflete o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_ e como o papel celofane deixa passar a luz vermelha, logo vemos-la \_\_\_\_\_.
- Na **carta (ás de copas - vermelho e branco)**, incide luz branca da lanterna, a **zona branca**, não absorve nada e reflete tudo (vermelho, verde, azul) e como o papel celofane deixa passar a luz vermelha, logo vemos essa zona \_\_\_\_\_; por outro lado na **zona vermelha** também incide luz branca da lanterna, absorve o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_ e reflete o \_\_\_\_\_, como o papel celofane deixa passar a luz vermelha, logo vemos essa zona \_\_\_\_\_.

## Ficha de Trabalho "Exploração da simulação"



Colégio Ellen Key

**Exploração da Simulação**  
**"Percepção da Cor (1.04)" PT (color vision)**

8.º Ano - Ano letivo 2012/2013

Ass. Prof: \_\_\_\_\_

Ass. E.Ed: \_\_\_\_\_

Avaliação: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ n.º: \_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_

Para esta atividade vamos correr a simulação "Percepção da Cor". O Bob vai observar diversas cores. Vamos ajudar o Bob a entender o porquê da cor dos objetos.

**1. Na simulação:**

- Selecciona o separador "Lâmpada única".
- Selecciona, no canto superior direito, onde diz "Tipo de Lâmpada", o item "Branca".
- Selecciona, no canto direito, onde diz "Visão de feixe", o item "Sólido".



Começa por seleccionar, no "Filtro de cor", uma cor primária indicada na primeira coluna da tabela. Repete o procedimento para as outras cores primárias.

Completa a tabela a partir das tuas observações:

Cor do filtro	Luz da fonte	Luz após o filtro	Cor observada pelo Bob
<b>Azul</b>			
<b>Verde</b>			
<b>Vermelho</b>			

**2. Na simulação:**

- Selecciona, no canto superior direito, onde diz "Tipo de Lâmpada", o item "Monocromática".
- Onde diz "Lâmpada de Cor", move o cursor na barra de seleção para a cor vermelha.
- Escolhe, no "Filtro de cor", a cor vermelha.
- Repete para outras cores.

Completa a tabela a partir das tuas observações:

Luz da fonte	Cor do filtro	Luz após o filtro	Cor observada pelo Bob
<b>Vermelha</b>	Vermelha		
	Verde		
	Azul		
<b>Verde</b>	Vermelha		
	Verde		
	Azul		
<b>Azul</b>	Vermelha		
	Verde		
	Azul		
<b>Amarela</b>	Vermelha		
	Verde		
	Azul		

### Fotografias da atividade da Caixa de Cor



## Apresentação multimédia

### Cor - Ciência, Tecnologia e Sociedade



The way a mammalian trichromat (three cones)

perceção da cor por um cão

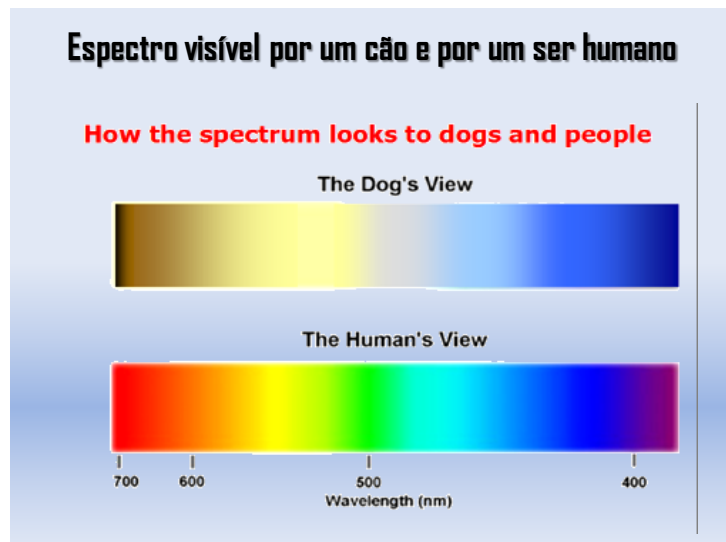
↓



The way a mammalian dichromat (two cones) would see the same scene

↑

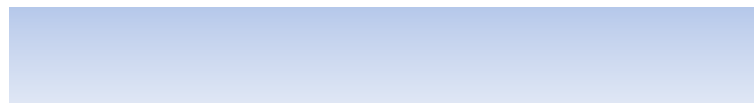
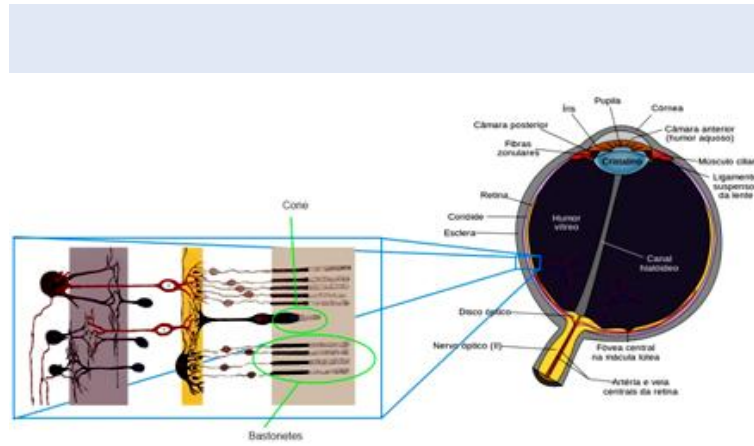
perceção da cor por um ser humano



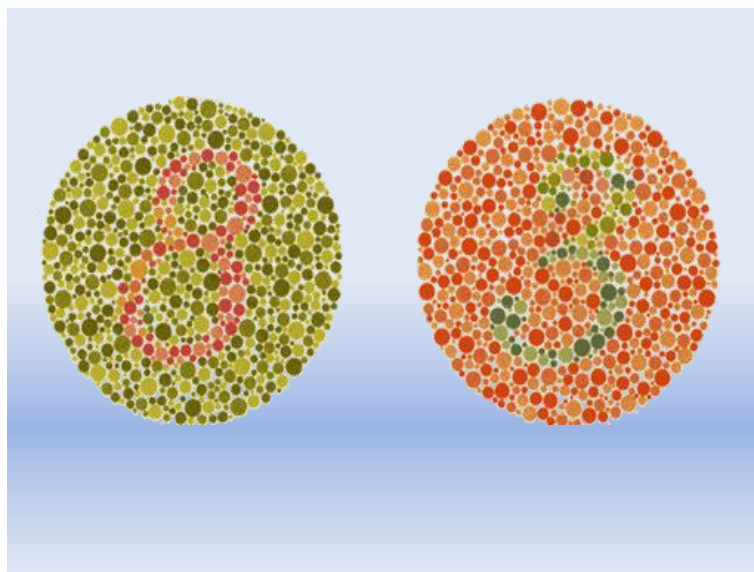
### Teste de Daltonismo

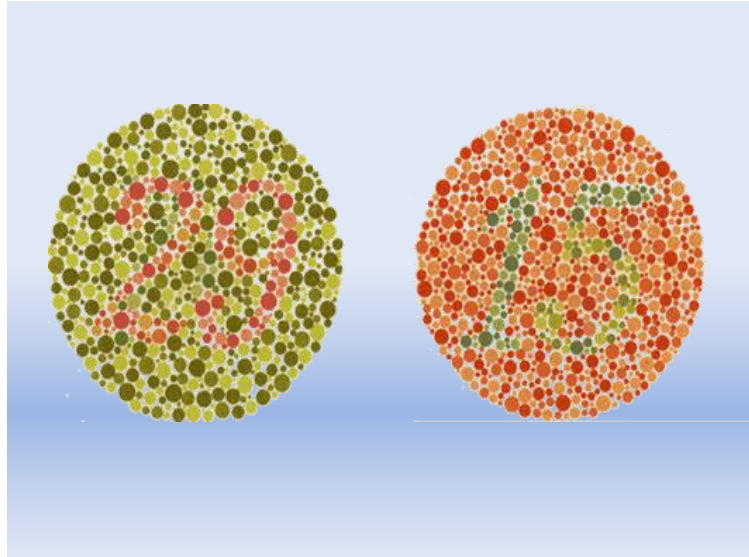
O **daltonismo** é uma perturbação da **perceção visual** caracterizada pela incapacidade de diferenciar todas ou algumas cores, manifestando-se muitas vezes pela dificuldade em distinguir o verde do vermelho. Esta perturbação tem normalmente origem genética, mas pode também resultar de lesão nos órgãos responsáveis pela visão, ou de lesão de origem neurológica.

Os portadores do gene anómalo apresentam dificuldade na perceção de determinadas cores primárias, como o verde e o vermelho, o que se repercute na perceção das restantes cores do espectro. Esta perturbação é causada por ausência, ou menor número, de alguns tipos de cones ou por uma perda de função parcial ou total destes, normalmente associada à diminuição de pigmento nos fotorreceptores que deixam de ser capazes de processar diferencialmente a informação luminosa de cor.

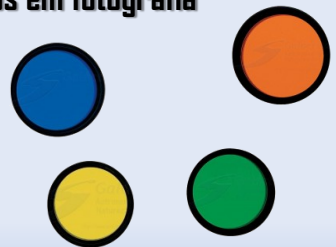
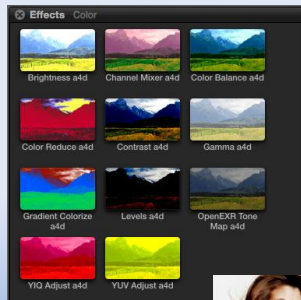


### Teste para despistar o daltonismo

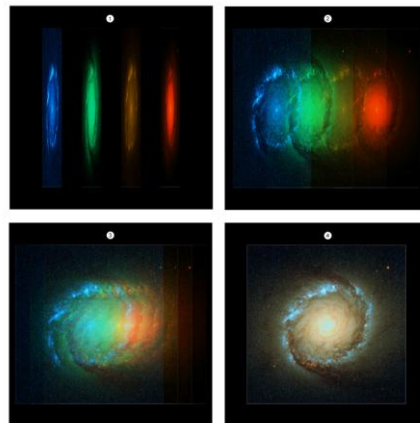
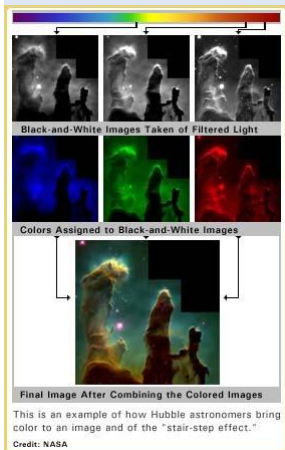




### Utilização de filtros em fotografia



### Composição da cor nas fotografias tiradas pelo Telescópio Espacial Hubble





## **APÊNDICE 13**

Neste apêndice apresentam-se fotografias e um cartaz de algumas atividades de divulgação da Ciência em diferentes escolas.

## Cartaz de uma atividade realizada na Escola Básica Integrada com Jardim de Infância de Távora

**Experiência da Semana**

**"Diz-me e eu esquecerei,  
ensina-me e eu lembrar-me-ei,  
experimenta e eu aprenderei."**

**A CIÊNCIA VAI-TE...**

**SURPREENDER**

**DEIXAR PENSATIVO**

**IMPRESSIONAR**

**Aparece nos Laboratórios  
de Física e Química!**

**Atenção, só podes participar na  
actividade se te inscreveres junto  
do teu Director de Turma ou com o  
professor Pedro Martins.  
Inscrições limitadas.**

Uma vez por semana realizava-se uma experiência/atividade com um grupo de alunos que se inscrevia previamente. As atividades realizadas tinham caráter experimental, que passaram pela construção de foguetões, fabrico de sabonetes e outras de caráter demonstrativo.

## Fotografias das atividades

Apresentam-se fotografias de diferentes atividades que podem ser enquadradas como divulgação da Ciência.



Escola Básica 2,3 de Eiriz



Escola Básica Integrada com JI de Távora



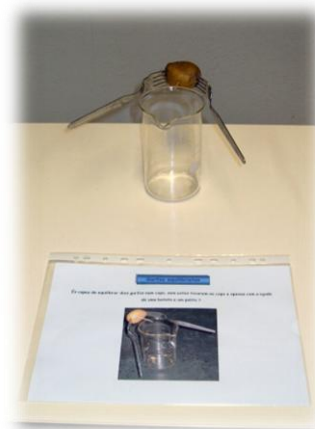
Colégio Ellen Key



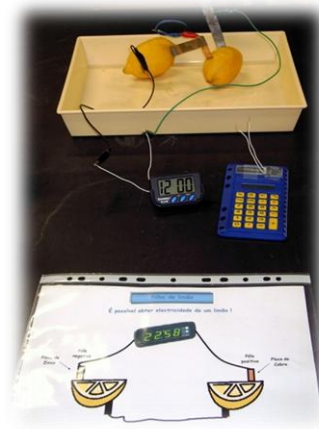
Colégio Ellen Key



Colégio Ellen Key



Escola Básica 2,3 de Eiriz





## **APÊNDICE 14**

Neste apêndice apresentam-se fotografias e um cartaz da atividade Rádio Escolar, atividade essa realizada na Escola Básica Integrada com Jardim de Infância de Távora.



radio  
**ETávora**

põe-te à escuta

**GOSTAVAS DE FAZER RÁDIO?**



**INSCREVE-TE NA TUA RÁDIO ESCOLAR!**

**PODES FAZER PARTE DE UMA EQUIPA FANTÁSTICA...**

**PODES INSCREVER-TE JUNTO DOS PROFESSORES:**

- PEDRO MARTINS
- JOÃO MONTEIRO
- PAULO GOMES



## **APÊNDICE 15**

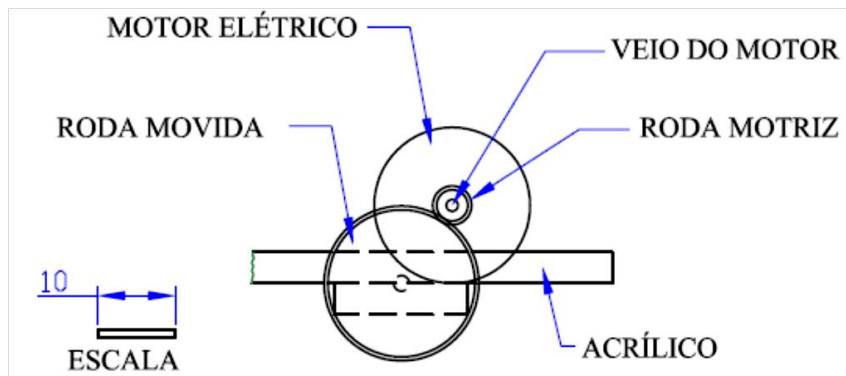
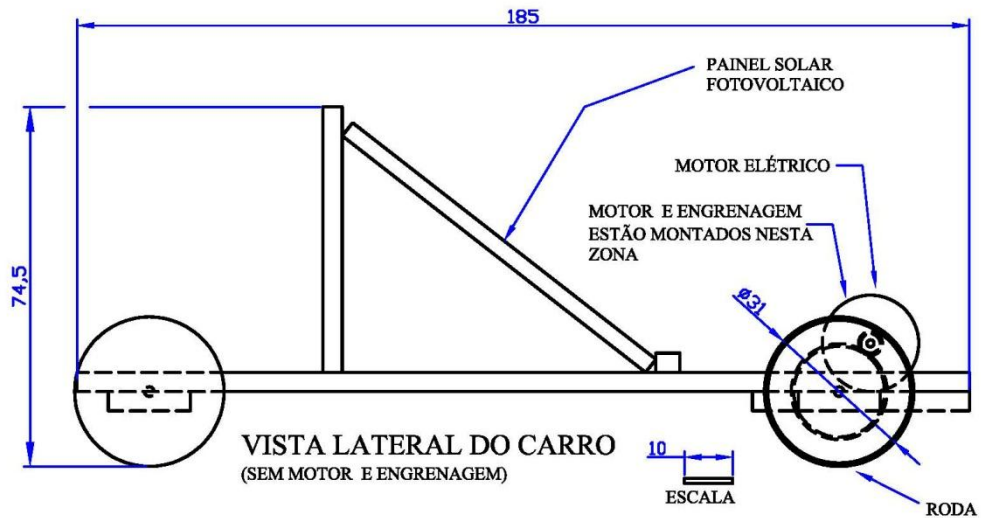
Este apêndice ajuda a ilustrar aquilo que foi a participação no concurso "À velocidade do Sol", da responsabilidade da AdEPORTO (Centro Regional de Excelência - Educação para o Desenvolvimento Sustentável - Área Metropolitana do Porto), com a elaboração de um carrinho solar, em dois anos letivos consecutivos. A organização forneceu um painel fotovoltaico e um motor, todos eles com iguais características para todas as equipas participantes.

No primeiro ano de participação a equipa ganhou o 1.º lugar na corrida intermunicipal. No segundo ano de participação ganhou-se o 2.º lugar ao nível da execução.

Ano letivo 2011/2012 - Escola Secundária D. Afonso Henriques

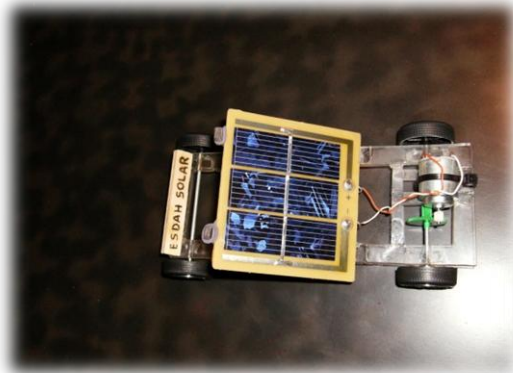
Nome do carrinho: *ESDAH Solar*

- **Disciplina de Desenho Técnico:** desenho à escala de um protótipo





**- Fotografias de algumas fases da construção**

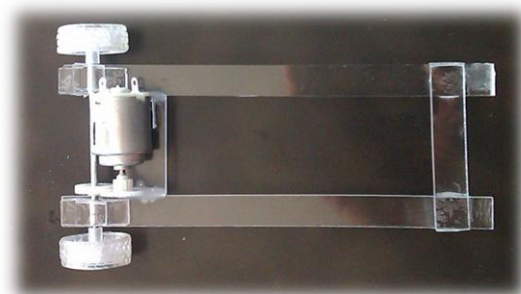
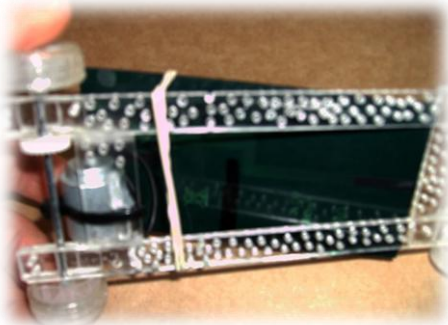
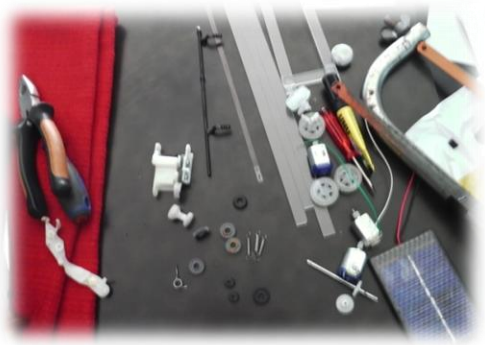


A notícia da final intermunicipal da corrida dos carrinhos solares encontra-se no seguinte endereço:  
[http://www.adeporto.eu/noticia\\_detalhe.php?id\\_noticia=217](http://www.adeporto.eu/noticia_detalhe.php?id_noticia=217)

Ano letivo 2012/2013 - Colégio Ellen Key

Nome do carrinho: *EK Solar*

- Fotografias de algumas fases da construção



**- Fotografias da corrida intermunicipal e entrega dos prêmios**





## **APÊNDICE 16**

Neste apêndice ilustram-se algumas das atividades realizadas no âmbito do Projeto Eco-escolas, desenvolvido na Escola Secundária D. Afonso Henriques em Vila das Aves. Apresenta-se também o relatório das atividades realizadas no âmbito deste projeto.

## - Fotografias de algumas atividades/ações



Escultura sonora apresentada na Semana da Energia e do Ambiente no Parque Urbano da Rabada em Santo Tirso



Exemplo de um cartaz de divulgação de uma atividade



Recolha de rolhas de cortiça no âmbito da celebração do Ano Internacional das Florestas e projeto Green Cork



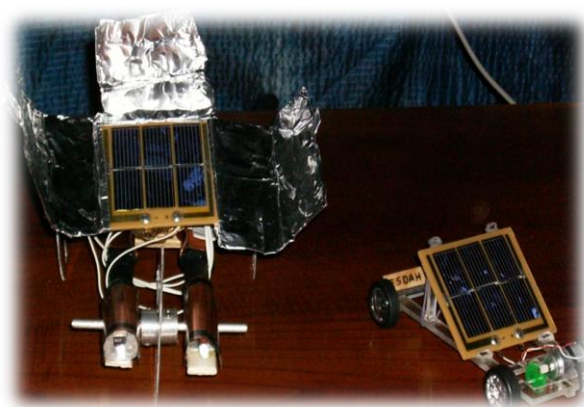
Castro do Monte Padrão, Santo Tirso; "FUTURO – projeto das 100 000 árvores" na Área Metropolitana do Porto promovido pelo "cre.porto"



Atividade "Limpar Portugal" em parceria com a AMO Portugal - Associação Mãos à Obra Portugal



Implementação da separação de resíduos nas salas de aula



Construção de dois carrinhos solares; um deles ganhou o Concurso "À Velocidade do Sol SEA 2012"

## - Relatório das atividades/ações apresentado no final do ano na escola



### Relatório - atividades do Projeto Eco-escolas

Segue-se uma pequena descrição das atividades/ações realizadas ao longo do ano letivo, respetiva avaliação e sugestões de melhoria para o próximo ano:

- **“Divulgação do Projeto Eco-escolas na nossa escola”**: blogue com mais de setecentas visitas com o seguinte endereço [http://esdah\\_eco\\_escolas.blogs.sapo.pt/](http://esdah_eco_escolas.blogs.sapo.pt/); facebook com mais de trezentos e cinquenta amigos (<http://www.facebook.com/esdah.ecoescolas>); notícias no site da escola e no jornal escolar, distribuição de folhetos aos Encarregados de Educação bem como a afixação de cartazes pela escola. Foi proposto que no próximo ano letivo, a divulgação seja alargada para a comunidade local, nomeadamente num jornal local.
- **“Ninhos para os chapins”**: foram construídos e instalados nas árvores da escola onze ninhos; detetou-se um aumento do número de chapins nas árvores da escola; ainda não foi possível avaliar se já houve diminuição das lagartas do pinheiro. A monitorização dos ninhos é um dos aspetos que pode ser melhorado.
- **“FUTURO - projeto das 100 000 árvores”**: no dia 21 de janeiro, um grupo de professores e alunos participaram no projeto da Área Metropolitana do Porto, promovido pelo "cre.porto", procedendo à plantação de pilriteiros, aveleiras, castanheiros e carvalhos na área do Castro do Monte Padrão (Monte Córdova). Inicialmente estava prevista a plantação de 480 árvores, no entanto a meta foi largamente ultrapassada, plantando-se aproximadamente mil árvores.
- **“Gincana Rock in Rio”**: procedeu-se à venda de 100 pulseiras “Por Um Mundo Melhor”; na tarefa “Escola Eletrão”, procedeu-se à recolha de 1020 kg de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE); Na tarefa “Escola energeticamente eficiente”, houve uma redução do valor faturado em 25 179 kWh; na tarefa “Gincana online” os alunos obtiveram a pontuação de 11,00, ficando bem classificados comparativamente com outras escolas. A meta proposta foi totalmente atingida, no entanto no próximo ano e relativamente à Escola Eletrão, devem ser antecipados os contactos com as lojas, comunidade educativa e local, a fim de recolher uma maior quantidade de REEE.
- **“Rolhas que dão folhas”**: foram angariados 36 sacos cheios de rolhas até ao fim do mês de maio, data limite para o concurso, no entanto, a recolha continua. A meta proposta foi totalmente atingida.
- **“Recolha de tampas de plástico”**: foram angariados 153 garrações cheios de tampas de plástico, até ao início do mês de junho, pelo que a meta proposta foi atingida.
- **“Tinteiros com valor”**: procedeu-se à inscrição e divulgação do projeto, no entanto, o envio do recipiente de recolha por parte dos responsáveis foi muito tardio - final de março - sendo um dos fatores que não ajudou a atingir a meta a que nos tínhamos proposto. Para o próximo ano deve ser dada maior visibilidade a este projeto e antecipar os contactos com toda a comunidade a fim de angariar um maior número de tinteiros para a sua reutilização.
- **“Pilhão vai à Escola”**: após a inscrição da escola no concurso foi necessário proceder à assinatura de um protocolo com a empresa responsável pela recolha. Os recipientes enviados foram distribuídos por toda a escola, tendo-se recolhido um pilhão dos grandes cheio de pilhas. A meta foi parcialmente atingida, pelo que no próximo ano deve se dada uma maior visibilidade ao projeto.
- **“Separação do lixo”**: a escola já fazia a separação do lixo produzido, no entanto, tentou-se melhorar a eficácia durante o processo de separação do papel e das embalagens e aumentar o número de recipientes de recolha seletiva com a colocação destes em todas as salas de aula. Conseguiu-se a colocação desses recipientes em todas as salas de trabalho, como por exemplo, biblioteca, secretaria, salas dos professores e

em aproximadamente metade das salas de aula. Há muitos aspetos a melhorar, nomeadamente, o reforço na educação de toda a comunidade educativa na seleção do respetivo recipiente onde deve ser deitado o lixo. Mesmo assim, conseguiu-se separar corretamente aproximadamente 1200 kg de papel e cartão e 420 kg de embalagens (quantidades contabilizadas no 2º e 3º períodos).

- **“Políticas ambientais da escola”**: grande parte do papel utilizado na escola é reciclado. Com o objetivo de reduzir a utilização de papel, tem-se verificado um aumento na utilização da plataforma *Moodle*, do servidor da escola e do correio eletrónico, como por exemplo, na submissão das atividades no site da escola (proposta e relatório), nos materiais elaborados pelos alunos no *Moodle* (relatórios,...), entre outros.

- **“Natal com 3 R's”**: na disciplina de Área de Integração e nas turmas 10.º AS e 10.º S, os alunos reutilizaram alguns materiais que de outra forma iriam para o lixo, construindo objetos alusivos ao Natal. Esses objetos foram expostos em diferentes espaços da escola.

- **“Semana de esclarecimento da política dos 3 R's”**: durante uma semana e com a colaboração da Resinorte, uma colaboradora dessa empresa realizou algumas sessões de esclarecimento sobre como é tratado o lixo que separamos e como fazê-lo corretamente. Participaram nessas sessões os alunos do 9.º e 10.º anos e alguns professores que acompanharam os alunos.

- **“Limpar Portugal”**: a escola ficou responsável pela dinamização da atividade ao nível da freguesia das Aves. Com a colaboração da Junta de Freguesia, um grupo de alunos e alguns professores, limparam algumas lixeiras ilegais existentes nas proximidades da escola, com o objetivo da sensibilização da população para a colocação do lixo nos locais a ele destinados (ecopontos, ecocentros, aterros,...).

- **“À Velocidade do Sol SEA 2012”**: dois grupos de alunos propuseram-se a construir um carrinho solar a fim de concorrer ao concurso promovido pela Agência de Energia do Porto. Estes carrinhos foram construídos por alunos do 10.º ano do Curso Profissional de Energias Renováveis e alunos do 12.º ano de Física. Os carrinhos foram avaliados apenas por critérios de execução, uma vez que não existiram condições meteorológicas para a corrida, pelo que foi adiada para o início do próximo ano letivo. Os respetivos carrinhos venceram os dois primeiros lugares a nível concelhio. No início do ano letivo seguinte realizou-se a corrida intermunicipal, pelo que venceu o carrinho do grupo de alunos do 10.º ano.

- **“Nunca é tarde para aprender”**: durante a tarde do dia 23 de maio, os alunos do 10.º ano do Curso Profissional Auxiliar de Saúde e juntamente com os professores de algumas disciplinas, dinamizaram uma atividade dedicada aos idosos. Esta atividade decorreu no parque urbano da cidade - Parque da Rabada, tendo sido muito enriquecedora para todos os intervenientes. Os alunos prepararam jogos para os idosos, alguns com cariz desportivo e de promoção da saúde e outros de educação ambiental.

- **“Visita de estudo à ETAR da Rabada”**: os alunos do Curso Profissional de Proteção Civil realizaram uma visita de estudo a uma ETAR, tendo adquirido alguns conhecimentos relativos ao seu funcionamento e normas de segurança.

- **“Concurso Nacional Poster Eco-Código 2012”**: após a elaboração do Eco-Código pelos alunos do 10º ano, este foi apresentado à comunidade educativa no dia da Eco-Escola. Posteriormente e com a colaboração dos alunos do 10.º E, realizou-se um poster para ir a concurso. Esse poster foi impresso no tamanho A2 e enviado via postal.

- **“Concurso de Fotografia”**: durante a última quinzena de abril e a primeira de maio, os alunos tiveram a oportunidade de participar num concurso de fotografia, com os seguintes temas: água, energia, floresta e resíduos. A qualidade das fotografias submetidas a concurso foi elevada, no entanto, o número de participantes não foi o esperado, pelo que a meta a que nos propusemos não foi totalmente atingida.

- **“Recolha de óleo alimentar”**: a escola conseguiu juntar mais de 200 litros de óleo vegetal usado, tendo sido enviado para reciclar; algum deste óleo foi também utilizado para a produção de biodiesel pelos alunos do 12.º ano de Química. A meta a que nos propusemos foi totalmente alcançada.

- **“Água do Rio Ave”**: realizou-se uma recolha de água do rio Ave e posterior análise biológica e química desta. Os resultados serão divulgados nos locais habituais.



- **“Horta Biológica”**: no sentido de aproveitar os espaços verdes da escola e a horta já existente, um grupo de alunos e com a ajuda preciosa dos funcionários da escola, fizeram a manutenção da horta biológica da escola, com o sentido de diversificar a cultura hortofrutícola. Realizaram também um livro de receitas, utilizando muitos dos produtos da respetiva horta.
- **“Construção de árvores com embalagens Tetra Pak”**: na disciplina de Área de Integração e nas turmas 10.º AS e 10.º S, os alunos construíram árvores com embalagens da Tetra Pak, tendo participado no concurso “Sim, vamos criar uma árvore” com uma das árvores. A reutilização de embalagens aliados ao tema “floresta”, foram a base para os trabalhos elaborados.
- **“Escultura Sonora”**: a nossa escola participou na “Semana da Energia e do Ambiente” em Santo Tirso, elaborando para o efeito uma escultura sonora realizada com peças de bicicleta e que esteve exposta nos dias 26 e 27 de maio, no Carvalhal do Parque Urbano da Rabada.
- **“Construção de um depositrão”**: um grupo de alunos do 10.º ano do Curso Profissional de Energias Renováveis e na disciplina de Práticas Oficiais no turno 1, está a construir um depositrão para a escola.
- **“Dia da (Eco)Escola”**: para comemorar e avaliar todas as atividades/ações elaboradas no âmbito do projeto Eco-escolas, no dia 25 de maio a escola esteve em festa. Realizou-se um Peddy-paper ecológico em que os vencedores tiveram a oportunidade de plantar uma árvore na escola, atividades desportivas, uma feira de artesanato e outros saberes, exposição das fotografias vencedores do concurso bem como uma exposição das atividades realizadas neste projeto.

*A equipa do Projeto Eco-Escolas da ESDAH*



## APÊNDICE 17

Neste apêndice ilustram-se algumas das atividades realizadas no ano letivo 2008/2009 e no que se refere à comemoração do Ano Internacional da Astronomia - AIA2009.

### **Atividades realizadas:**

- Observação diurna e noturna com a colaboração da ORION (Sociedade Científica de Astronomia do Minho);
- A observação noturna foi animada pela atuação da Tuna Masculina da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima;
- Representação de uma peça de teatro intitulada “Um dia o modelo Geocêntrico caiu por Terra”; todos os cenários e adereços foram produzidos pelos alunos;
- Palestra subordinada ao tema “Galileu Galilei e o Ano Internacional da Astronomia”, apresentada pelo Prof. Dr. João Fernandes, presidente da Comissão para o AIA2009;
- Oficina de construção de relógios de Sol;
- Jogo "O Astronauta" - jogo de cultura astronómica para os alunos - semelhante ao "Quem Quer Ser Milionário".

# Dia do Eco-Escolas e da Astronomia

17 DE JUNHO

## Manhã - 9h15

PEVOY-PAPER COM DIVERSAS ACTIVIDADES RELACIONADAS COM O AMBIENTE, COM A CIENCIA E COM O DESPORTO.



## Tarde - 13h30

- OBSERVAÇÃO DE MANCHAS SOLARES COM TELESCÓPIOS.
- ACTIVIDADES DE PALCO COM OS ALUNOS.
- PALESTRA "GALILEU GALILEI E O ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA" PELO PROE DR. TÓLÓ FERNANDES.
- JOGO "O ASTRONAUTA".



## Noite - 21h30

- SESSÃO DE OBSERVAÇÃO DO CÉU NOTURNO COM TELESCÓPIOS.
- MUITA DIVERSÃO COM A TUNA MASCULINA DA ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE PONTE DE LIMA.

PARTICIPEM !

# Construção e Utilização de Um relógio de sol

DIAS DE ABRIL DA ASTRONOMIA

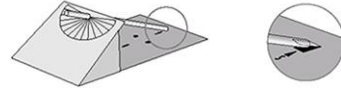
## MATERIAL:

- Palhinha de refresco;
- Cola;
- Tesoura;
- Bússola.



## SUGESTÃO DE UM PROCEDIMENTO:

- Recorta o relógio de sol e dobra-o como mostra a figura.
- Recorta a marca em U e dobra-a pelo tracejado para entrar a palhinha.



- Recorta a bolinha preta do mostrador de forma a poder ser introduzida uma palhinha.
- Dobra as abas cinzentas do relógio de sol e cola-as na parte inferior deste e introduz uma palhinha na abertura do mostrador.
- Inclina a palhinha de modo a que possa ser encaixada na abertura da parte inferior, por baixo do bocadinho de papel que ficou levantado.
- Coloca o teu relógio de sol num local iluminado.
- Com o auxílio da tua bússola, orienta o teu relógio de sol pelos pontos cardeais marcados nele.

O TEU RELÓGIO DE SOL JÁ ESTÁ PRONTO A FUNCIONAR. A SOMBRA DA PALHINHA INCLINATE APROXIMADAMENTE A HORA SOLAR SOBRE O MOSTRADOR. NA PRIMAVERA E NO VERÃO A SOMBRA DA PALHINHA INCIDE SOBRE O MOSTRADOR EXTERIOR, NO OUTONO E NO INVERNO A SOMBRA INCIDE NO MOSTRADOR INTERIOR.



Cartaz de divulgação da atividade

Oficina de construção de relógios de Sol



Palestra "Galileu Galilei e o Ano Internacional da Astronomia"



Observação noturna



Tuna Masculina da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima



Peça de teatro intitulada "Um dia o modelo Geocêntrico caiu por Terra"

## **ANEXOS**

Esta secção inicia-se com a apresentação, em forma de tabela, das formações referidas no Capítulo 4 deste relatório, bem como a respetiva caracterização. Apresentam-se, posteriormente, os certificados das ações de formação referidas.

<b>Número</b>	<b>Nome</b>	<b>Instituição dinamizadora</b>	<b>Data</b>	<b>Creditada / Não creditada</b>	<b>Duração</b>	<b>Avaliação<sup>17</sup></b>	<b>Enquadramento<sup>18</sup></b>
1	Curso de Formação: Excel avançado para educadores e professores	Centro de Formação da Associação Portuguesa de Ética e Filosofia Prática	2016	Creditada 1,0 unidades	25 h	Excelente 9,5 valores	TIC
2	Curso de Formação: Ciências Físico-Químicas - uma abordagem moderna e global	Centro de Formação de Associação de Escolas de Arouca, Vale de Cambra e Oliveira de Azeméis	2015	Creditada 0,5 unidades	12 h	Excelente 10 valores	TIC Científica Pedagógica
3	Curso de Formação: Actividades de sala de aula com calculadora gráfica	Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto	2006	Creditada 1,0 unidades	25 h	-	TIC Científica Pedagógica
4	Curso de Formação: Oficina de Animação Flash - Interatividade e Multimédia	Centro de Formação Sebastião da Gama	2005	Creditada 4 unidades	50 h	-	TIC
5	Curso de Formação: Introdução à Animação em Flash	Centro de Formação Sebastião da Gama	2005	Creditada 4 unidades	50 h	-	TIC
6	Curso: Programação <i>HTML / JavaScript</i>	Ciências e Letras	2002	Não creditada	24 h	Muito Bom	TIC
7	Curso: Photoshop Online (básico)	Olhares	2014	Não creditada	15 h	-	TIC
8	Conferência: As Novas Tecnologias	Fundação Francisco Manuel dos Santos e Faculdade de Ciências da Universidade do Porto	2012	Não creditada	-	-	TIC
9	I Encontro em Ensino e Divulgação das Ciências	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto	2015	Creditada 0,5 unidades	12 h	Excelente 10 valores	Científica Pedagógica
10	II Encontro em Ensino e Divulgação das Ciências	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto	2016	Creditada 0,5 unidades	12 h	A aguardar certificado	Científica Pedagógica

<sup>17</sup> Avaliação: avaliação quantitativa numa escala de 0 a 10 valores.

<sup>18</sup> Enquadramento: Refere-se à área de formação: TIC, Científica (referente às áreas da Física ou da Química) ou Pedagógica.

11	Encontro: Atividades Laboratoriais de Física e Química de Acordo com o Novo Programa de FQA 10.º	Porto Editora	2015	Não creditada	210 min	-	Científica Pedagógica
12	Formação: Física e Química - Novas Atividades Laboratoriais - Programa de Física do Ensino Secundário	Editora Santillana e formador Adriano Sampaio e Sousa	2016	Não creditada	2h30	-	Científica Pedagógica
13	Curso de Formação: O professor de Físico-Química em investigação-ação	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto	2012 2013	Creditada 2,0 unidades	50 h	Excelente 10 valores	Científica Pedagógica
14	Curso de Formação: Som e Luz - possibilidades em sala	Centro de Formação de Associação de Escolas dos Concelhos de Póvoa de Varzim e Vila do Conde	2015	Creditada 0,5 unidades	12 h	Excelente 9,8 valores	Científica Pedagógica
15	Curso de Formação: Química no quotidiano	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto	2006	Creditada 1,0 unidades	25 h	-	Científica Pedagógica
16	Curso de Formação: Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa	LIP (Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas) e CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear)	2012	Creditada 1,4 unidades	-	9,0 valores	Científica
17	Curso de Ensino à Distância: Astrofísica Geral	Observatório Nacional - Brasil	2013	Não creditada	120 h	9,1 valores	Científica
18	Encontro: Ação de Divulgação do Ensino Secundário - Física e Química A 11.º ano (referido apenas um encontro a título de exemplo)	Areal Editores	2016	Não creditada	90 min	-	Pedagógica
19	Seminário: Projecto Curricular de Turma	SEPLEU - Sindicato dos Educadores e Professores Licenciados	2008	Não creditada	4 h	-	Pedagógica
20	Curso de Formação: Mediação/Gestão de conflitos em contexto escolar	SEPLEU - Sindicato dos Educadores e Professores Licenciados	2015	Creditada 1,0 unidades	25 h	Excelente 9,5 valores	Pedagógica

## CERTIFICADOS

# CENTRO DE FORMAÇÃO DA APEFP



## CERTIFICADO



O Centro de Formação da Associação Portuguesa de Ética e Filosofia Prática, entidade formadora acreditada pelo Conselho Científico – Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC) em 9/10/2013, com o nº CCPFC/ENT-AP-0357/13, certifica que **PEDRO CARVALHO MARTINS**, portador do BI/CC nº 10833427, frequentou e concluiu a ação de formação: “**Excel Avançado para Educadores e Professores**”, acreditada pelo CCPFC com o número de registo CCPFC/ACC-83241/15, na modalidade de Curso de Formação e com a duração de 25 horas (Regime Presencial).

Este Curso decorreu entre os dias 16 de Fevereiro e 2 de Março de 2016, na Escola Secundária D. Sancho I de V.N. de Famalicão e foi orientada pela Formadora ANABELA MOREIRA MACIEL que possui o registo nº CCPFC/RFO-10312/00.

Mais se certifica que foi atribuída ao Formando **1 (um) crédito** com a menção qualitativa de **EXCELENTE – 9,5 valores**.

Para os efeitos previstos no artigo 5º do regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente Ação releva para efeitos de progresso em carreira de Educadores de Infância e Professores dos Ensino Básico e Secundário.

Braga, 30 de Março de 2016

A Diretora do Centro de Formação da APEFP  
Associação Portuguesa de Ética e Filosofia Prática  
  
(Maria da Conceição Cristóvão Viana, Dra.)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016

www.apefp.org

Centro de Formação da Associação Portuguesa de Ética e Filosofia Prática



## CERTIFICADO

Conforme documentação arquivada neste Centro de Formação, certifica-se que **Pedro Carvalho Martins**, portador(a) do CC / BI 10833427. frequentou com aproveitamento a ação **Ciências Físico-Químicas – uma abordagem moderna e global**, com registo de acreditação CCPFC/ACC-80946/15, com a duração de 12 horas, que decorreu de 07-03-2015 a 14-03-2015 na modalidade de Curso de Formação.

A ação decorreu no Hotel Crown Plaza - Porto. Foi-lhe atribuída a classificação de 10 valores, na escala de 1 a 10, a que corresponde a menção de Excelente. O número de créditos atribuídos foi de 0,5.

Foram formadores da ação os formadores Manuel Joaquim Baptista Fiolhais, Carla Susana Lopes Morais, Maria da Graça Pereira Ventura e João Carlos de Matos Paiva.

Mais se certifica que, para efeitos previstos no artigo 8º, do RJFCP (Decreto Lei nº22/2014, de 11 de fevereiro), a presente ação releva para efeitos de progressão em carreira de docentes do Grupo de Recrutamento 510.

Para efeitos de aplicação do artigo 9º do RJFCP (Decreto Lei nº22/2014, de 11 de fevereiro), a presente ação releva para a progressão em carreira de docentes do Grupo de Recrutamento 510.


Oliveira de Azeméis, 29 de maio de 2015

Escola Básica e Secundária Soares Basto

O Diretor do CFAE AVCOA

  
\_\_\_\_\_  
(José Manuel Resende Rosa)

Está conforme o original que  
me foi presente

  
\_\_\_\_\_  
Em 24/10/2016



**FC**

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DO PORTO



## Certificado de Formação

Certifico que o(a) **Dr.(ª) Pedro Carvalho Martins** portador(a) do B.I. nº 10833427 frequentou com aproveitamento a Acção de Formação "*Actividades de sala de aula com a calculadora gráfica*" com a duração de 25 horas, que decorreu no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, de 16 Setembro a 04 de Novembro 2005 no âmbito do PRODEP III, co-financiado pelo Fundo Social Europeu. Este curso está acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo, CCPFC/ACC - 39797/05 conforme o certificado datado de 25 de Julho de 2005.

Porto, 04 de Novembro de 2006

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 04 / 10 / 2016

O Presidente do Departamento de Física

Prof. Doutor José Luis Campos Oliveira Santos

O Director da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Prof. Doutor Baltazar Manuel Romão de Castro

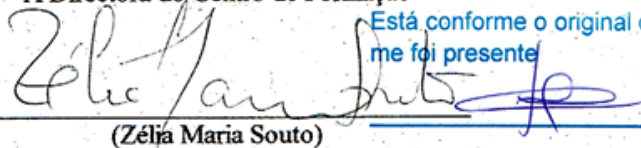
**CENTRO DE FORMAÇÃO  
SEBASTIÃO DA GAMA**

**CERTIFICADO**

Certifica-se que, **Pedro Carvalho Martins**, nascido a 28/06/1976, portador do Bilhete de Identidade nº 10833427, professor do Colégio Ellen Key, frequentou com aproveitamento a Acção de Formação "**Oficina de Animação Flash – Interatividade e Multimédia**", Registo de Acreditação – CCPFC/ACC-34122/04, na modalidade Oficina de Formação, sob a orientação de António Manuel P. M. de Sá Amorim, que decorreu de 14/10/2005 a 27/12/2005 com a duração de 50 horas, o que nos termos do Regime Jurídico da Formação Contínua lhe confere a atribuição de 4 créditos.

Santo Tirso, 16 de Março de 2006

A Directora do Centro de Formação

  
(Zélia Maria Souto)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016



Ministério da  
**Educação**

UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Social Europeu



Av. Sousa Cruz  
4780-365 Santo Tirso  
Tel: 252 808 215  
Fax: 252 857666  
Cred. nºCCPFC/ENT-AE-0691/04

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE FORMAÇÃO SEBASTIÃO DA GAMA  
SANTO TIRSO



Portugal em Acção

Centro de  
Formação  
Sebastião da Gama

## CERTIFICADO

Certifica-se que, Pedro Carvalho Martins, nascido(a) 28/06/1976, professor da Escola Profissional de Serviços de Cidenai, frequentou com aproveitamento a Acção de Formação "Introdução à Animação em Flash" – CCPFC/ACC-32382/03, com a duração de 50 horas", orientada por António Manuel de Sá Amorim, na modalidade de Oficina de Formação de 02-03-2005 a 18-05-2005, o que nos termos do Regime Jurídico da Formação Contínua lhe confere a atribuição de 4 créditos.

Santo Tirso, 19 de Julho de 2005.

Está conforme o original que  
me foi presente

Emília, 10/1/2016

O Director do Centro

(Artur Peixoto Baptista)



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Social Europeu



## Diploma

Certificamos que

*Pedro Carvalho Martins*

frequentou o Curso de

**Programação HTML/JavaScript**

com a duração de 24 horas

no período de 19-08-2002 a 30-08-2002,

tendo obtido a classificação de 17 valores - Muito Bom.

Porto, 20 de Agosto de 2002

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016

**CIÊNCIAS LETRAS**  
Formação Especializada, Lda  
Direcção

## CERTIFICADO

A ACADEMIA OLHARES certifica que:

**Pedro Martins**  
concluiu o **Curso de Photoshop Online (básico)**

Data de Conclusão: 2014/04/06

Carga Horária: 15 horas

Pela Academia Olhares



Para confirmar a autenticidade deste certificado, acesse **página** <http://www.cursosfotografia.olhares.com/certificado/>  
e digite o código **2986BBF48EC3460**

Esta conforme o original que



Em 24/10/2014



# CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO

Certifica-se que

**Pedro Carvalho Martins**

participou na conferência “**As Novas Tecnologias**”, com a presença de Jeroen van Merriënboer, João Paiva e Secundino Correia, integrada no Ciclo de Conferências “Questões-Chave da Educação '12” organizado pela Fundação Francisco Manuel dos Santos, no dia 3 Dezembro 2012, às 17h00 em Porto, Faculdade de Ciências .

Pela FFMS

  
FFMS  
www.ffms.pt

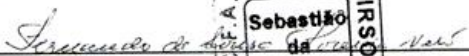
Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016

### CERTIFICADO DE COMPETÊNCIAS DIGITAIS

Certifica-se que **Pedro Carvalho Martins**, com o número de Identificação Civil / Militar / Passaporte / Título de Residência **10833427**, obteve a certificação em Competências Digitais no âmbito do Sistema de Formação e de Certificação em Competências TIC para docentes, por **Certificação por reconhecimento de percurso formativo**.

Data: 31/05/2010

  
(Director do Centro de Formação de Associação de Escolas)



Certificado n.º 6373/2010

"O certificado de competências digitais certifica os conhecimentos adquiridos pelo docente que lhe permitem uma utilização instrumental das TIC como ferramentas funcionais no seu contexto profissional." (Portaria n.º 731/2009)



Ministério da  
Educação



Está conforme o original que  
me foi presente



Em 24/10/2016





**U. PORTO**

### **CERTIFICADO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA**

Certifica-se que **Pedro Carvalho Martins**

Portador do C.C. n.º 10833427 8ZZ2,

concluiu o Curso de Formação Contínua de Professores **I Encontro em Ensino e Divulgação das Ciências da FCUP**,

realizado na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,

com a duração de 12 horas totais, acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua

com 0,5 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-81244/15, conforme o certificado datado de 26 de janeiro de 2015,

que decorreu no dia 8 de julho de 2015,

tendo obtido a classificação final de **10 valores**

numa escala numérica de 0 a 10.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores dos Grupos 230, 500, 510 e 520.

O curso foi lecionado pelos Formadores: Prof. Doutora Carla Morais (registo CCPFC/RFO-21089/06), Prof. Doutor João Paiva (registo CCPFC/RFO-02204/97), Prof. Doutor José Carlos Santos (registo CCPFC/RFO-21891/07), Prof. Doutora Clara Vasconcelos (registo CCPFC/RFO- 04843/97) Prof. Doutor Paulo Simeão de Oliveira Ferreira de Carvalho (registo CCPFC/RFO- 05325/98).

Porto, 9 de setembro de 2015

O Director da FCUP  
António Fernando Sousa da Silva  
(Professor Catedrático)

A Responsável pelo Curso de Formação  
Carla Susana Lopes Morais  
(Professora Auxiliar Convitada)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016

### CERTIFICADO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

Certifica-se que **Pedro Carvalho Martins**

Portador do C.C. n.º 10833427 9ZZ2

concluiu o Curso de Formação Contínua de Professores **II Encontro em Ensino e Divulgação das Ciências da FCUP**,

realizado na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,

com a duração de 12 horas totais, acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua

com 0,5 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-8559/16, conforme o certificado datado de 25 de janeiro de 2016,

que decorreu no dia 8 de julho de 2016,


tendo obtido a classificação final de **10 valores**


numa escala numérica de 0 a 10.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores dos Grupos 500, 510 e 520.

O curso foi lecionado pelos Formadores: Prof. Doutora Carla Morais (registo CCPFC/RFO-21089/06), Prof. Doutor João Paiva (registo CCPFC/RFO-02204/97), Prof. Doutor José Carlos Santos (registo CCPFC/RFO-21891/07), Prof. Doutora Clara Vasconcelos (registo CCPFC/RFO- 04843/97) Prof. Doutor Paulo Simeão de Oliveira Ferreira de Carvalho (registo CCPFC/RFO- 05325/98).

Porto, 5 de setembro de 2016

  
O Diretor da FCUP  
António Fernando Sousa da Silva  
(Professor Catedrático)

  
A Responsável pelo Curso de Formação  
Carla Susana Lopes Morais  
(Professora Auxiliar Convitada)

Está conforme o original que  
me foi presente

  
Em 24/10/2016

Espaço Professor

CERTIFICADO



Rua da Restauração, 365  
4099-023 Porto  
Portugal

Livrarias Espaço Professor  
Porto - Rua da Restauração, 365  
Coimbra - Rua de João Machado, 9  
Lisboa - Avenida Estados Unidos-da América, 1-A

Linha do Professor  
707 22 33 66  
226 056 747

[www.espacoprofessor.pt](http://www.espacoprofessor.pt)

Certificamos que **Pedro Carvalho Martins**  
participou no evento:

**Atividades Laboratoriais de Física e Química de Acordo com o Novo  
Programa de FQA 10.º (Sessão Dupla)  
Física e Química A | Secundário**

**Data:** 07 de fevereiro de 2015

**Local:** Porto Palácio Hotel - Porto

**Carga Horária:** 210 minutos

Porto, 07 de fevereiro de 2015

José Paixão  
Espaço Professor

Está conforme o original que  
me foi presente

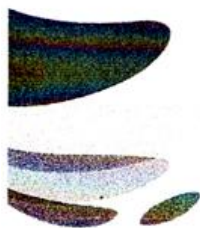
Emília 10/1/2016

**Formação de Professores Santillana 2015/16****Declaração de presença**

Declara-se que o(a) Professor(a) Pedro Carvalho Martins.....  
esteve presente na formação promovida pela Santillana sobre o  
tema: «**Física e Química – Novas Atividades Laboratoriais –  
Programa de Física do Ensino Secundário**».

A sessão teve a duração de duas horas e meia, com início às 17h30,  
e foi realizada no dia **14 de abril de 2016**, pelo formador Adriano  
Sampaio e Sousa, na Escola Secundária D. Sancho I, em Vila Nova de  
Famalicão.

Porto, 14 de abril de 2016



  
SANTILLANA EDITORES, S.A.

Está conforme o original que  
me foi presente



Em 24/10/2016



**U. PORTO**

### **CERTIFICADO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA**

Certifica-se que **Pedro Carvalho Martins**

Portador do B.I. nº. 10833427,

concluiu o Curso de Formação Contínua de Professores **O Professor de Físico-Química em investigação-ação**, realizado no Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, com a duração de 50 horas totais, acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com 2 créditos, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-67567/11, conforme o certificado datado de 20 de julho de 2011,

que decorreu de 29 de setembro de 2012 a 27 de abril de 2013,

tendo obtido a classificação final de **10 valores**

numa escala numérica de 0 a 10.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores do Grupo 510.

O curso foi leccionado pelos Formadores: Prof. Doutor João Carlos de Matos Paiva (registo CCPFC/RFO-02204/97) e a mestres Carla Susana Lopes Morais (registo CCPFC/RFO-21089/06).

Porto, 27 de maio de 2013

O Director da FCUP  
António Fernando Sousa da Silva  
(Professor Catedrático)

O Responsável pelo Curso de Formação  
João Carlos de Matos Paiva  
(Professor Auxiliar)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016



Centro de  
Formação de  
Associação de  
Escolas dos  
Concelhos de  
Póvoa de Varzim  
e Vila do Conde

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016

# FORMAÇÃO CONTÍNUA DE DOCENTES

Escola Secundária de Rocha Peixoto  
Praça Luís de Camões 4490-441 Póvoa de Varzim  
Tel: 252 618 687  
Email: geral@ciaepvarzimvconde.org  
www.ciaepvarzimvconde.org



GOVERNO DE  
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
E CIÊNCIA

# Certificado

O CENTRO DE FORMAÇÃO DE ASSOCIAÇÃO DE ESCOLAS DOS CONCELHOS DE PÓVOA DE VARZIM E VILA DO CONDE CERTIFICA QUE:

**Pedro Martins Carvalho**

frequentou, com aproveitamento, o curso de formação "Som e Luz - possibilidades em sala" com o registo de acreditação n.º CCPFC/ACC-80866/15 e duração de 12 horas, correspondentes a 0,5 (zero, cinco) unidades de crédito, tendo obtido a classificação de 9,8 valores - Excelente.

A ação de formação, na modalidade de Curso de Formação, realizou-se no Hotel Tuela- Porto, nos dias 17/01/15 e 24/01/2015, tendo como formadores Dulce Maria da Silva Ferreira, Pedro Miguel Marques Pombo, Joaquim Luís Pereira de Almeida, Maria Carolina Lopes Magalhães e José Manuel Lopes.

Para efeitos de aplicação do disposto no Artigo 9º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores (Decreto-Lei nº 22/2014, de 11 de fevereiro), "50% da componente da formação contínua na dimensão científica e pedagógica", a presente ação releva para a avaliação do desempenho e para a progressão na carreira de Professores do grupo 510 dos Ensinos Básico e Secundário.

Póvoa de Varzim, 16 de março de 2015

Centro de  
Formação de  
Associação de  
Escolas dos  
Concelhos de  
Póvoa de Varzim  
e Vila do Conde

O Diretor do Centro

(Francisco de Sousa e Cunha)



FC

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DO PORTO

prodep III

Medida 5 / Ação 5.1



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Social Europeu

## Certificado de Formação

Certifico que o(a) Dr.(<sup>a</sup>) Pedro Carvalho Martins portador(a) do B.I. nº 10833427 frequentou com aproveitamento o Curso de Formação "Química no Quotidiano" com a duração de 25 horas, que decorreu no Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, de 4 a 8 de Setembro de 2006 no âmbito do PRODEP III, co-financiado pelo Fundo Social Europeu. Este curso está acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-32328/03, conforme o certificado datado de 8 de Outubro de 2003.

Porto, 15 de Setembro de 2006

O Responsável pelo Curso de Formação

  
Prof. Doutor Carlos Manuel Melo Pereira

Esta conforme o original que  
me foi presente

  
Em 24.09.2016

O Director da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

  
Prof.º Doutor Baltazar Manuel Romão de Castro



Geneva, October, 31st, 2012,

### ATTESTATION

This is to certify that

Pedro Carvalho Martins

successfully attended the CERN Teachers Program in Portuguese 2012, held at CERN, Geneva, Switzerland, from August 26th to 31st, 2012.

*K.M. Storr*

MICK STORR  
Coordinator of CERN Teachers Program

No: CERN-PORT-2010/1



Lisbon, 31 de Outubro de 2012

### CERTIFICADO

Por este meio se certifica que

Pedro Carvalho Martins

Frequentou com aproveitamento a edição de 2012 do Curso de Formação "Escola de Professores no CERN em Língua Portuguesa", que decorreu no CERN, Genebra, Suíça, de 26 a 31 de Agosto de 2012, tendo obtido a classificação num máximo de 10 valores de

9.0 (nove pontos zero valores)

Esta ação é acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, com o registo CCPC/AJC-62264/10, e para efeitos de progressão em carreira de Professores no Grupo 510 é-lhe atribuído/a o montante de 14 créditos.

*Pedro T. Abreu*

Pedro Abreu  
Coordenador das Escolas de Professores no CERN em Língua Portuguesa

Está conforme o original que me foi presente

*[Signature]*  
Em 24/10/2016







Observatório  
Nacional



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

## Certificado do curso de Educação a Distância Astrofísica Geral

O Observatório Nacional (ON), instituto de pesquisas do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, certifica que

**PEDRO CARVALHO MARTINS**

participou do Curso de Ensino a Distância "Astrofísica Geral", tendo sido aprovado com a média **9,1**. Este curso foi realizado no período de junho de 2013 a dezembro de 2013 sendo considerado um total de 120 horas-aula.

O responsável pelo curso foi a professor Dr. Carlos H. Veiga, pesquisador da Coordenação de Astronomia e Astrofísica (COAA) e chefe da Divisão de Atividades Educacionais (DAED).

Rio de Janeiro, 3 de dezembro de 2013

*Carlos Henrique Veiga*

COAA/DAED/ON  
Carlos Henrique Veiga  
Chefe da Divisão de Atividades Educacionais  
P.O. 182 de 18/02/2009  
MCT Observatório Nacional

Está conforme o original que  
me foi presente

*[Signature]*

Em 03/12/16

*[Signature]*

Diretor-ON  
João Carlos Costa dos Anjos  
Diretor  
Observatório Nacional/MCTI  
PO 494/2013



Certifica-se que

**Pedro Carvalho Martins**

participou nos Encontros de Formação organizados por Areal Editores.

**Ação de Divulgação do Ensino Secundário  
Física e Química A 11.º ano**

**Data:** 16 de abril de 2016

**Local:** Exponor - Matosinhos.

**Carga Horária:** 90 minutos

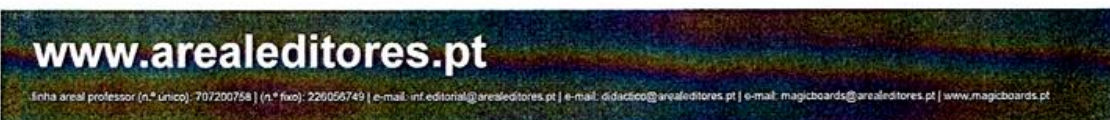
Porto, 16 de abril de 2016

  
Anabela Cepeda  
Direção de Marketing

Está conforme o original que  
me foi presente

  
\_\_\_\_\_

Em 24/10/2016



ORGANIZADO POR:

**sepleu**

Sindicato dos Educadores e Professores Licenciados  
pelas Escolas Superiores de Educação e Universidades  
Delegação Regional de Braga

## PROJECTO CURRICULAR DE TURMA

### *Certificado*

*Certifica-se que Pedro Carvalho Martins  
participou no Seminário: "PROJECTO CURRICULAR DE  
TURMA", realizado no Auditório do Instituto Português da  
Juventude, em Braga, promovido pelo SEPLEU – Sindicato de  
Educadores e Professores Licenciados pelas Escolas Superiores  
de Educação e Universidades, no dia 15 de Novembro de 2008,  
com duração de 4 horas.*

*Braga, 15 de Novembro de 2008.*

Pela Direcção Nacional  
O Comissário Regional de Braga



(Dr. Rui Jorge Pereira Barroso)

Está conforme o original que  
me foi presente



Em 24/10/2016

## CERTIFICADO

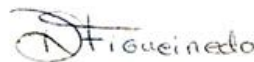
Certifica-se que Pedro Carvalho Martins concluiu com aproveitamento a ação de formação “Mediação/Gestão de Conflitos em Contexto Escolar.”, na modalidade de Curso de Formação, registo de acreditação nº CCPFC/ACC- 82499/15, orientado pela formadora Daniela Cristina Nogueira Gomes, que decorreu de 26/06/2015 a 11/07/2015, realizada na EB2,3/5 Santos Simões, em Guimarães, com a duração de 25 horas correspondendo a 1 (um) crédito(s) obtendo a classificação final de **Excelente** (9,5 valores).

Mais se certifica que, para os efeitos previstos no artigo 5º, do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente ação releva para efeitos de progressão em carreira de Educadores de Infância, Professores dos Ensinos Básico e Secundário.

Para efeitos do nº 3 do artigo 14º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, a presente ação não releva para a progressão em carreira.

Lisboa, 6 de agosto de 2015

Pelo Centro de Formação do  
SEPLEU  
A Diretora Pedagógica



(Deolinda Rodrigues Figueiredo)

Está conforme o original que  
me foi presente



Em 24/10/2016



# Olimpíadas de Química Júnior 2010



## DIPLOMA

A Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) certifica que

*Pedro Carvalho Martins*  
(Colégio "Ellen Key")

esteve presente na *Semifinal das Olimpíadas de Química Júnior 2010*,  
realizada no dia 17 de Abril de 2010, no Departamento de Química e Bioquímica  
da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Porto, 17 de Abril de 2010

*Ana Reis*

(Professora Doutora Ana Reis)  
Coordenadora

**U. PORTO**

**FC**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
UNIVERSIDADE DO PORTO

Departamento de Química  
e Bioquímica

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016



# CERTIFICATE OF PARTICIPATION

**INTERNATIONAL  
MASTERCLASSES  
HANDS  
ON PARTICLE  
PHYSICS**

FOR

*Pedro Carvalho Martins*

LOCATION

*Departamento de Física e Astronomia  
Faculdade de Ciências, Universidade Porto*

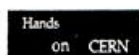
DATE

*14/03/2015*

SIGNATURE

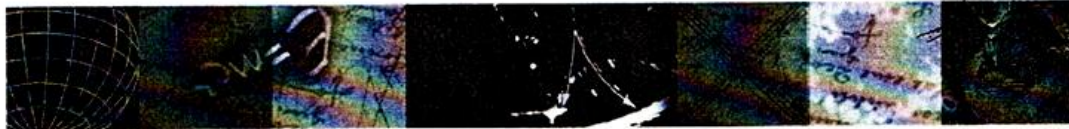
Esta conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016



[www.physicsmasterclasses.org](http://www.physicsmasterclasses.org)





**Masterclasses**  
Hands on Particle Physics  
**EPPOG**  
European Particle Physics Outreach Group



Universidade do Minho  
Escola de Ciências  
Departamento de Física  
Centro de Física



Universidade do Minho  
Departamento de Informática

# Certificado de Participação

## de

LIP, Departamento e Centro de Física da Universidade do Minho

10 de Março de 2012

Pela Organização Local

Prof. António Onofre, LIP-Minho

Esta conforme o original que  
me foi presente

Em 24/10/2016



AGÊNCIA NACIONAL  
PARA A CULTURA  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



**FCT**  
FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA



GOVERNO DA REPÚBLICA  
PORTUGUESA



COMPETE  
PROGRAMA OPERACIONAL COMUNITÁRIO DE INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO





## CONCEÇÃO DE CARRINHOS SOLARES



## CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO

Certifica-se que **PEDRO MARTINS** participou no desafio de Conceção de Carrinhos Solares – À VELOCIDADE DO SOL promovido no âmbito da Semana da Energia e Ambiente 2012.

Está conforme o original que

A ORGANIZAÇÃO foi presente

Em 10/10/2012

patrocinado

organização

