

caderno do  
**PROFESSOR**

# FÍSICA



ensino médio  
**2ª SÉRIE**  
volume 4 - 2009



## GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador  
**José Serra**

Vice-Governador  
**Alberto Goldman**

Secretário da Educação  
**Paulo Renato Souza**

Secretário-Adjunto  
**Guilherme Bueno de Camargo**

Chefe de Gabinete  
**Fernando Padula**

Coordenadora de Estudos e Normas  
Pedagógicas  
**Valéria de Souza**

Coordenador de Ensino da Região  
Metropolitana da Grande São Paulo  
**José Benedito de Oliveira**

Coordenador de Ensino do Interior  
**Rubens Antonio Mandetta**

Presidente da Fundação para o  
Desenvolvimento da Educação – FDE  
**Fábio Bonini Simões de Lima**

### Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghislaine Trigo Silveira

#### AUTORES

##### Ciências Humanas e suas Tecnologias

**Filosofia:** Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton  
Luís Martins e Renê José Trentin Silveira

**Geografia:** Angela Corrêa da Silva, Jaime  
Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo,  
Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

**História:** Paulo Miceli, Diego López Silva,  
Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli  
e Raquel dos Santos Funari

**Sociologia:** Heloisa Helena Teixeira de Souza  
Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe,  
Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina  
Schrijnemaekers

##### Ciências da Natureza e suas Tecnologias

**Biologia:** Ghislaine Trigo Silveira, Fabíola Bovo  
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene  
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta  
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguiar Santana,  
Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso  
Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

**Ciências:** Ghislaine Trigo Silveira, Cristina Leite,  
João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Julio  
César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida Esperante  
Limp, Maira Batistoni e Silva, Maria Augusta  
Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Rogério Miranda  
Correia, Renata Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar,  
Rosana dos Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi  
e Yassuko Hosoume

**Física:** Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol,  
Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo  
de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti,  
Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell  
Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e  
Yassuko Hosoume

**Química:** Maria Eunice Ribeiro Marcondes,  
Denise Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza,  
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa  
Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda  
Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião

##### Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

**Arte:** Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,  
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino e  
Sayonara Pereira

**Educação Física:** Adalberto dos Santos Souza,  
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches  
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

**LEM – Inglês:** Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira  
da Silva Shimoura, Livia de Araujo Donnini Rodrigues,  
Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo

**Língua Portuguesa:** Alice Vieira, Débora Mallet  
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,  
José Luís Marques López Landeira e João Henrique  
Nogueira Mateos

##### Matemática

**Matemática:** Nilson José Machado, Carlos  
Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz Pastore  
Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério Ferreira da  
Fonseca, Ruy César Pietropaolo e Walter Spinelli

##### Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice  
Murrie

##### Equipe de Produção

**Coordenação Executiva:** Beatriz Scavazza  
**Assessores:** Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de  
Meira Leite, Eliane Ymbanis, Heloisa Amaral Dias  
de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov,  
Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes,  
Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa  
Stark, Ruy César Pietropaolo, Solange Wagner  
Locatelli e Vanessa Dias Moretti

##### Equipe Editorial

**Coordenação Executiva:** Angela Sprenger  
**Assessores:** Denise Blanes e Luís Márcio Barbosa  
**Projeto Editorial:** Zuleika de Felice Murrie  
**Edição e Produção Editorial:** Conexão Editorial,  
Verba Editorial, Aeroestúdio e Occy Design (projeto  
gráfico)

##### APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da  
Educação

##### CTP, Impressão e Acabamento

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

## EXECUÇÃO

### Coordenação Geral

Maria Inês Fini

### Concepção

Guiomar Namó de Mello  
Lino de Macedo  
Luis Carlos de Menezes  
Maria Inês Fini  
Ruy Berger

### GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

#### Presidente do Conselho Curador:

Antonio Rafael Namur Muscat

#### Presidente da Diretoria Executiva:

Mauro Zilbovicius

#### Diretor de Gestão de Tecnologias

aplicadas à Educação:

Guilherme Ary Plonski

#### Coordenadoras Executivas de Projetos:

Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

### COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas  
Pedagógicas

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos\* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

\* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

S239c São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Caderno do professor: física, ensino médio - 2ª série, volume 4 / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Yassuko Hosoume. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-406-3

1. Física 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II. Rouxinol, Estevam. III. Brockington, Guilherme IV. Gurgel, Ivã. V. Piassi, Luís Paulo de Carvalho. VI. Bonetti, Marcelo de Carvalho. VII. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. VIII. Siqueira, Maxwell Roger da Purificação. IX. Hosoume, Yassuko. X. Título.

CDU: 373.5:53

Caras professoras e caros professores,

Este exemplar do Caderno do Professor completa o trabalho que fizemos de revisão para o aprimoramento da Proposta Curricular de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Graças às análises e sugestões de todos os professores pudemos finalmente completar um dos muitos recursos criados para apoiar o trabalho em sala de aula.

O conjunto dos Cadernos do Professor constitui a base estrutural das aprendizagens fundamentais a serem desenvolvidas pelos alunos.

A riqueza, a complementaridade e a marca de cada um de vocês nessa elaboração foram decisivas para que, a partir desse currículo, seja possível promover as aprendizagens de todos os alunos.

Bom trabalho!

**Paulo Renato Souza**

Secretário da Educação do Estado de São Paulo

# SUMÁRIO

<b>São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado</b>	<b>5</b>
<b>Ficha do Caderno</b>	<b>7</b>
<b>Orientação sobre os conteúdos do Caderno</b>	<b>8</b>
<b>Tema 1 – Luz e cor</b>	<b>9</b>
Situação de Aprendizagem 1 - A caixa de cores	9
Situação de Aprendizagem 2 - Decompondo e misturando luzes e cores	13
Situação de Aprendizagem 3 - Sombras de várias cores	23
Situação de Aprendizagem 4 - Qual lâmpada se usa?	27
Grade de Avaliação	32
Propostas de questões para aplicação em avaliação	33
Proposta de Situação de Recuperação	36
<b>Tema 2 – Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas</b>	<b>37</b>
Situação de Aprendizagem 5 - Fazendo onda... Bloqueando onda	38
Situação de Aprendizagem 6 - O espectro eletromagnético	42
Situação de Aprendizagem 7 - Evoluindo cada vez mais...	47
Grade de Avaliação	51
Proposta de questões para aplicação em avaliação	51
Proposta de Situação de Recuperação	53
<b>Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema</b>	<b>54</b>
<b>Considerações finais</b>	<b>56</b>

# SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Caros(as) professores(as),

Este volume dos Cadernos do Professor completa o conjunto de documentos de apoio ao trabalho de gestão do currículo em sala de aula enviados aos professores em 2009.

Com esses documentos, a Secretaria espera apoiar seus professores para que a organização dos trabalhos em sala de aula seja mais eficiente. Mesmo reconhecendo a existência de classes heterogêneas e numerosas, com alunos em diferentes estágios de aprendizagem, confiamos na capacidade de nossos professores em lidar com as diferenças e a partir delas estimular o crescimento coletivo e a cooperação entre eles.

A estruturação deste volume dos Cadernos procurou mais uma vez favorecer a harmonia entre o que é necessário aprender e a maneira mais adequada, significativa e motivadora de ensinar aos alunos.

Reiteramos nossa confiança no trabalho dos professores e mais uma vez ressaltamos o grande significado de sua participação na construção dos conhecimentos dos alunos.

**Maria Inês Fini**

Coordenadora Geral  
Projeto São Paulo Faz Escola



## FICHA DO CADERNO

### Luz, cores e ondas eletromagnéticas

<b>Nome da disciplina:</b>	Física
<b>Área:</b>	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
<b>Etapa da educação básica:</b>	Ensino Médio
<b>Série:</b>	2ª
<b>Volume:</b>	4
<b>Temas e conteúdos:</b>	<p>Cor luz e cor pigmento; luz branca como luz composta policromática</p> <p>As três cores primárias e o sistema de percepção de cores no olho humano e em equipamentos</p> <p>Uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano</p> <p>Modelo eletromagnético da luz como uma representação possível das cores na natureza</p> <p>Emissão, absorção de diferentes cores de luz</p> <p>A evolução dos modelos de representação da luz</p> <p>Produção, propagação e detecção das ondas eletromagnéticas</p> <p>Princípio de funcionamento dos principais equipamentos de comunicação: rádio, telefonia celular, fibras ópticas</p> <p>Evolução dos meios e da velocidade de transmissão de informação e seus impactos sociais, econômicos ou culturais</p>

## ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Caro(a) professor(a),

Neste Caderno, damos continuidade à proposta de Situações de Aprendizagem que procuram desenvolver competências como compreender, interpretar e lidar de forma apropriada com situações que envolvem a comunicação por meio de sons e imagens utilizando-se dos conceitos e métodos da Física.

Nesta perspectiva, propõem-se para este bimestre, sete situações de aprendizagem que dão início aos estudos sobre luz e cor e geração, transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas. Como na terceira série os alunos terão a oportunidade de ampliar e aprofundar os conhecimentos de eletromagnetismo é fundamental que adquiram, nesta série, as bases necessárias para o desenvolvimento do tema no próximo ano.

O caderno está dividido em duas partes, que contemplam os temas Luz e cor e Ondas eletromagnéticas e suas transmissões. Na primeira parte, a luz será explorada a partir da fenomenologia das cores, fornecendo assim a base para a compreensão do modelo eletromagnético da luz.

Já na segunda parte, o enfoque será, sobretudo, na compreensão da geração e propagação de ondas eletromagnéticas, bem como no reconhecimento do espectro eletromagnético.

Assim, o objetivo central do trabalho neste volume é a aquisição de conhecimentos, habilidades e competências que permitam ao aluno uma percepção dos fenômenos luminosos de seu cotidiano, propiciando meios para acompanhar as transformações que resultaram no domínio tecnológico dos meios de informação e comunicação.

Bom trabalho!



## TEMA 1 – LUZ E COR

A cor está de tal forma presente em nosso cotidiano e nos parece algo tão natural e comum que nem sempre nos perguntamos o que ela é, como a percebemos ou a importância que ela tem em nossas vidas. Presente na natureza, nas artes, no gosto pessoal, a cor também nos permite distinguir os objetos. Ainda que uma compreensão mais abrangente da percepção da cor necessite fundamentalmente de conhecimentos neurofisiológicos, aspectos importantes de seu significado podem ser compreendidos por meio da Física.

Neste tema, estabeleceremos o modelo eletromagnético da luz a partir do estudo da cor dos corpos. O intuito é fazer os alunos perceberem as relações entre luz e cor, reconhecerem as diferenças entre **cor-luz** e **cor-pigmento** e relacionarem as três cores primárias com a obtenção de outras cores e com o sistema de percepção de cores no olho humano.

Além disso, mediante o reconhecimento de espectros de cores, eles poderão identificar e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano.

As Situações de Aprendizagem propostas para este tema trazem, em sua maioria, atividades experimentais e proposições de situações-problema que procuram desenvolver competências e habilidades como: reconhecer a dimensão cultural presente na identificação das cores; elaborar hipóteses, organizar

e interpretar resultados de observações e experimentos envolvendo luz e cor; ler, articular e utilizar símbolos, diagramas e gráficos; redigir sínteses de observações em situações que envolvem fenômenos luminosos e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano.

Enfatiza-se a construção do conhecimento pelo aluno, por meio de perguntas que conduzam à elaboração de respostas cientificamente adequadas, à elaboração de hipóteses e à produção de trabalhos concretos. Com isso, é possível que o professor tenha condições de acompanhar e avaliar não apenas a participação dos estudantes, mas também o nível de compreensão conceitual e as habilidades e competências envolvidas.

Entre os tipos de produção solicitados aos estudantes que poderão ser utilizados como elementos de uma avaliação, estão a produção de experimentos de baixo custo, a realização de pesquisas e a elaboração de relatórios-síntese.

As três primeiras Situações de Aprendizagem propostas trazem diferentes atividades experimentais, realizadas pelos alunos em grupo, com resultados capazes de fomentar ricas discussões acerca da luz e das cores. Esta sequência culmina na Situação de Aprendizagem 4, na qual os alunos deverão identificar e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em diferentes ambientes.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A CAIXA DE CORES

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é sensibilizar os estudantes para a necessidade de tratar a cor a partir do estudo da luz

e de suas características físicas. A ideia inicial é fomentar discussões sobre o que são as cores, como elas são produzidas, como as enxerga-

mos etc. Para isso, faremos uso da caixa de cores, uma atividade composta por um arranjo experimental simples, mas que possibilita questionar a concepção intuitiva de que a cor

de um objeto depende apenas de suas características próprias. Com isso, revela-se o papel imprescindível da fonte de iluminação para determinar a cor que nosso olho percebe.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**Conteúdos e temas:** luz e cores; influência da luz na percepção da cor refletida por um objeto.

**Competências e habilidades:** ler, interpretar e executar um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situações experimentais que envolvam fenômenos de iluminação; escrever relato de procedimento e observação de um experimento. Estratégias: atividade experimental e levantamento de conhecimentos prévios a partir de discussão em pequenos e grandes grupos, com proposta de sistematização em grande grupo.

**Recursos:** roteiro da Situação de Aprendizagem 1 visando à construção do experimento e material descrito no roteiro.

**Avaliação:** a construção adequada do arranjo experimental; a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades; a compreensão do aluno acerca dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades; as respostas às questões apresentadas no roteiro da Situação de Aprendizagem; a apresentação e interpretação dos resultados experimentais.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Neste primeiro momento, a ideia é sensibilizar os alunos para o estudo da Óptica Física. Assim, convide-os a falar sobre questões ligadas às cores. Uma boa forma de começar a aula é mostrar um objeto de cor bem definida. Pode ser a lousa, a camisa de algum aluno ou um objeto qualquer que você mesmo pode levar. Peça aos alunos que respondam: *Qual é a cor deste objeto? Por que ele é desta cor?*

Deixe que os alunos se expressem livremente e incentive-os a falar. Se quiser, peça que escrevam suas respostas a fim de serem comparadas após realizarem a atividade. Pode ser que boa parte dos alunos diga que a cor depende do pigmento (ou da tinta) e

de quem observa. Alguns chegam a citar os daltônicos, ainda que não compreendam os processos envolvidos na percepção das cores. Ou seja, mesmo que cite exemplos de problemas relacionados à percepção, é possível que haja alunos que acreditem que a cor é determinada apenas pelo objeto. Por exemplo, eles podem dizer que uma camisa é vermelha porque a tinta com que foi tingida é vermelha. Neste momento, deixe-os expressar suas ideias sem corrigi-los. Encoraje-os a expressar seus pensamentos desta forma, pois a sistematização desta atividade tem como objetivo justamente desequilibrar as concepções dos alunos, questionando o fato de a cor ser uma propriedade apenas dos objetos.

### Roteiro 1 – A Caixa de cores

Será que a cor de um objeto é uma característica permanente? Será que um objeto verde, um limão, por exemplo, é sempre verde? A sua calça azul é sempre azul? Nesta experiência, vamos fazer observações sobre as “cores das coisas”. Individualmente ou em grupo, conforme a orientação de seu professor, construa em casa a caixa de cores, descrita a seguir, e traga-a para a sala de aula.

### Materiais

Uma caixa de papelão com tampa; papel-cartão preto para forrar a caixa por dentro e para fazer uma paleta de figuras; figuras coloridas (se possível, faça-as no computador e imprima-as, usando o modelo a seguir. Como o tamanho das figuras deve ser proporcional ao tamanho da caixa, amplie-as de acordo com sua necessidade); lanterna; papel celofane nas cores verde, vermelho e azul; estilete ou tesoura; elásticos; fita isolante ou fita crepe.

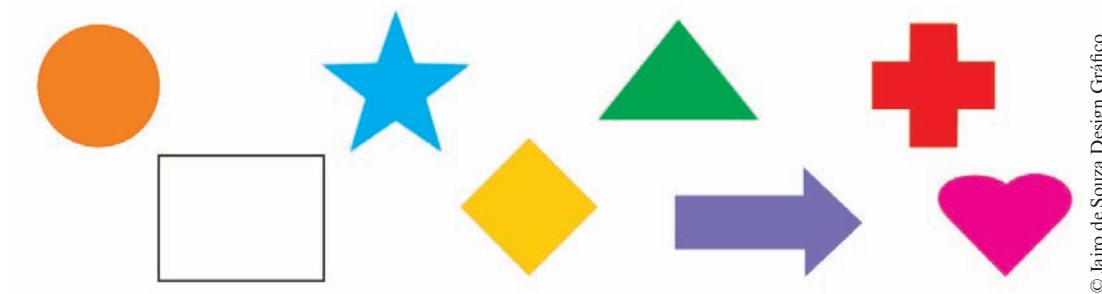


Figura 1 – Modelo das figuras.

### Mãos à obra!

1. Forre a caixa com papel-cartão preto, inclusive a parte de dentro da tampa.
2. Faça em uma folha branca figuras geométricas com formas e cores diferentes, como as aqui sugeridas.
3. Recorte-as com estilete e cole-as no cartão preto de maneira que ele sirva como paleta de figuras coloridas.
4. Agora, encaixe-a num canto da caixa, conforme a figura a seguir.

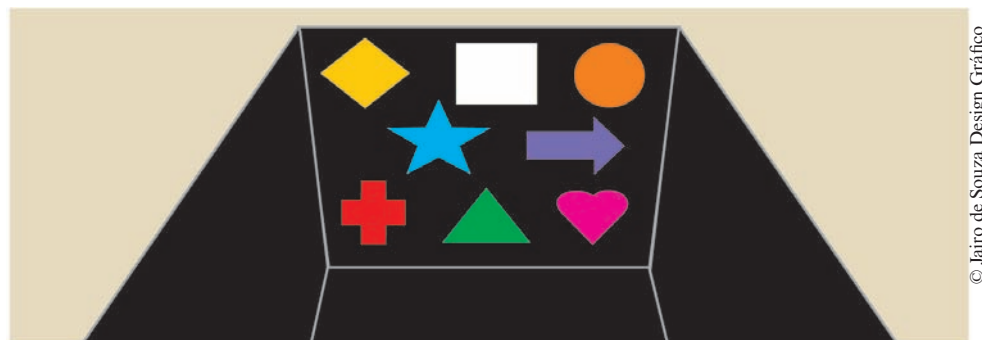


Figura 2 – Paleta com figuras coloridas.

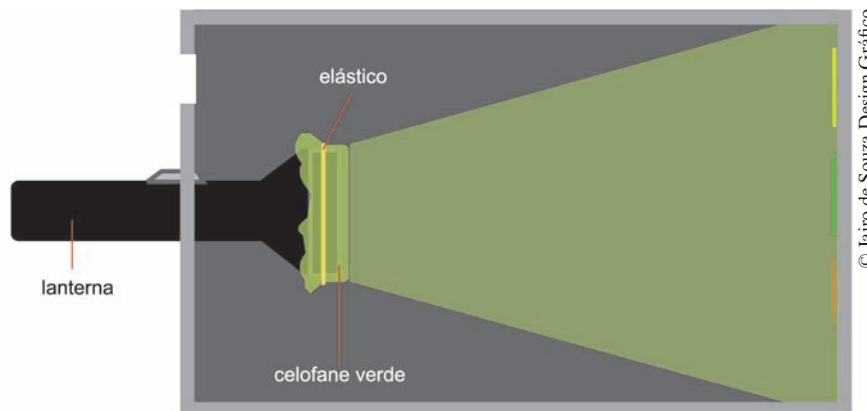


Figura 3 – Caixa forrada vista de cima.

5. Como mostra a Figura 3, faça um furo na caixa, no lado oposto ao das figuras coloridas, e encaixe a lanterna aí.
6. Faça também um orifício logo acima da lanterna de modo que possa ver as figuras no interior da caixa.
7. Agora, coloque o papel celofane de uma determinada cor na frente da lanterna e prenda-o com um elástico, a fim de produzir um feixe de luz colorida.
8. Para garantir que não entre luz do ambiente, após encaixar a lanterna, vede os possíveis espaços entre ela e a caixa com fita isolante ou fita crepe.
9. Tampe a caixa.

## Encaminhando a ação

A caixa de cores deve ser previamente construída pelos alunos, pois o tempo estimado para esta atividade não inclui sua montagem. Se isso não for possível, deverá ser construída pelo professor para cada um dos grupos.

Após a fase inicial de sensibilização, divida os alunos em grupos, cada um com sua caixa de cores. Inicialmente, cada grupo deverá fazer a observação com uma determinada cor de luz. Sugira que uns utilizem o celofane verde; outros, o azul, e outros, o vermelho. Cada grupo deverá observar as figuras dentro da caixa e anotar as cores que enxergou na ficha de observação, apresentada no Caderno do Aluno, contendo uma reprodução das figuras e suas respectivas cores.

Depois desta etapa, peça aos grupos que apresentem seus resultados. Na lousa, vá sistematizando as observações feitas. Para isso, faça uma tabela para cada cor de luz com as figuras e as respectivas cores observadas. Incentive os alunos a perceber as discrepâncias encontradas e, a partir disto, peça que respondam as seguintes questões: *Se todos os grupos iluminaram as mesmas figuras, por que cada um as enxergou com uma cor diferente?* Ilumine as figuras com as duas outras cores de luz e verifique se suas observações são semelhantes aos resultados de outros grupos. *Qual será a cor “verdadeira” de cada figura na caixa? Qual será a cor de uma banana iluminada por uma luz vermelha? E qual será a cor de um papel branco iluminado por uma luz verde?*

Para discutir estas perguntas, retome a ideia apresentada de que uma cor depende exclusivamente do pigmento que tingem o objeto. Se isso fosse verdade, independentemente do que ocorresse, todos deveriam, então, ver a mesma cor em cada uma das figuras. Com isso, você poderá começar a discutir o que é cor.

Nas duas primeiras questões, a ideia é fazer os alunos perceberem que a cor que vemos em um objeto depende fortemente da luz que o ilumina. Assim, quando se muda a luz, muda-se a cor percebida. Logo, na terceira questão, o objetivo é fazê-los perceber que sempre comparamos as cores a partir de objetos expostos à luz branca, ou seja, a do Sol ou de lâmpadas de cor branca. Já na terceira e quarta questões, a banana ficaria escura e o papel branco ficaria verde. Ou seja, a cor é um estado e não uma propriedade fixa do objeto. O correto seria dizer que um objeto está vermelho e não é vermelho. Com estas discussões, tem-se o “mote” para iniciar a fase seguinte, que apresentará a decomposição da luz branca.

A intenção, neste momento, é relacionar luz e cor. A explicação do que está ocorrendo de fato será construída no decorrer das aulas seguintes. Assim, garanta apenas que os alunos tenham percebido esta relação. As possí-

veis questões acerca da percepção das cores e do processo de visão que necessitem de um maior conhecimento teórico devem ser anotadas para que, posteriormente, possam ser trabalhadas.

A fim de sistematizar a atividade, peça aos alunos que elaborem um relatório contendo o que foi observado e possíveis problemas encontrados. Na síntese do que foi aprendido, deve estar explícita a influência da cor da luz incidente na percepção de um objeto colorido, ressaltando a ideia de que sua cor não é apenas uma propriedade intrínseca e imutável. Discuta a cor de um objeto negro e quanto ele depende ou não da luz que o ilumina.

A próxima Situação de Aprendizagem traz três atividades bastante conhecidas e tradicionais. Elas também foram sugeridas para serem trabalhadas com a 8ª série, contudo sem o aprofundamento e a modelagem proposta aqui. Assim, caso queira economizar tempo, faça-as de forma demonstrativa, com o objetivo de retomar os principais resultados para o estudo da luz e das cores. Do contrário, a 1ª e a 3ª experiência podem ser realizadas pelos alunos. Ainda que sejam atividades simples, procure realizá-las antes a fim de preparar-se para a demonstração.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 DECOMPONDÓ E MISTURANDO LUZES E CORES

Esta Situação de Aprendizagem tem por objetivo apresentar, por meio de três experimentos simples, a discussão do modelo físico que explica a diferença entre mistura

de cor-luz e cor-pigmento. Busca-se a construção de ideias fundamentais para a consolidação do modelo da luz como onda eletromagnética.

**Tempo previsto:** 4 aulas.

**Conteúdos e temas:** decomposição da luz branca; diferenças entre mistura de cor-luz e cor-pigmento; definição das cores primárias; representação da luz como uma onda eletromagnética; relação da cor da luz com a frequência de onda; reflexão seletiva das cores pelas superfícies.

**Competências e habilidades:** ler, interpretar e executar um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situações experimentais ou teóricas que envolvem fenômenos de composição de cores de luz e de pigmento; ler e interpretar tabelas e representações esquemáticas de resultados de experimentos; reconhecer e utilizar adequadamente as unidades de frequência, comprimento de onda e velocidade da luz e a relação entre elas; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar resultados de experimento qualitativo sobre composição de cores de luz e de pigmento utilizando esquemas, símbolos, cores e linguagem científica.

**Estratégias:** levantamento de conhecimentos prévios dos alunos a partir de discussão em pequenos grupos e sistematização em grande grupo. Em atividades experimentais: proposição de roteiro e montagem de experimento com discussão em grupo. Em resolução teórica de problema: debate para a compreensão da situação-problema, identificação do conhecimento científico adequado para a solução. Em ambas as atividades: apresentação oral ou escrita dos resultados.

**Recursos:** roteiros da Situação de Aprendizagem 2 visando à realização dos experimentos e material experimental descrito nos roteiros.

**Avaliação:** a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades; seu envolvimento e sua compreensão ao realizar as atividades propostas; o uso correto de conceitos físicos e da linguagem culta e científica nas respostas das questões contidas no roteiro e na elaboração de sínteses de observações, análises e soluções.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para a construção do cenário fenomenológico que irá embasar os modelos físicos da luz e da matéria, trabalhe com os alunos os três experimentos que configuram esta Situação de Aprendizagem. Busque apresentar: a luz branca como cor composta, resultado da

mistura de todas as cores com a experiência 2.1; o processo seletivo de emissão de cores pelas superfícies refletoras e transmissoras com a experiência 2.2 e os mecanismos de percepção das cores no olho humano com a experiência 2.3.

### Roteiro 2.1 – Decompondo a luz branca

O que diferencia uma luz branca de uma vermelha? E uma vermelha de uma azul? Será que as luzes são diferentes? Quais são as cores do arco-íris? Por que são aquelas cores? Com os resultados desta experiência, vamos entender um pouco mais sobre luz branca e luzes coloridas.

#### Materiais

Um copo de vidro transparente; um pedaço de espelho que caiba dentro do copo; água; luz solar ou lanterna; cartolina branca ou folha de papel sulfite; lápis de cor.

#### Mãos à obra!

1. Construa um arranjo experimental como o descrito na Figura 4.
2. Faça a luz da fonte incidir perpendicularmente sobre a superfície da água e refletir no espelho. A luz refletida deve incidir sobre uma superfície (parede) dis-

tante cerca de 2 metros do copo, numa região sombreada (protegida da fonte de luz utilizada).

3. Mude a inclinação do espelho até obter um feixe de luz de várias cores projetado na parede.
4. Coloque o papel sulfite na parede onde se encontra projetado o feixe de luz e pinte com lápis colorido as cores do feixe.

Agora responda:

- a) Quais são as cores identificadas? Escreva os nomes das cores na ordem em que elas aparecem projetadas.
- b) De onde apareceram estas cores?
- c) Como elas apareceram? Levante hipóteses.
- d) O que difere uma luz colorida da outra?

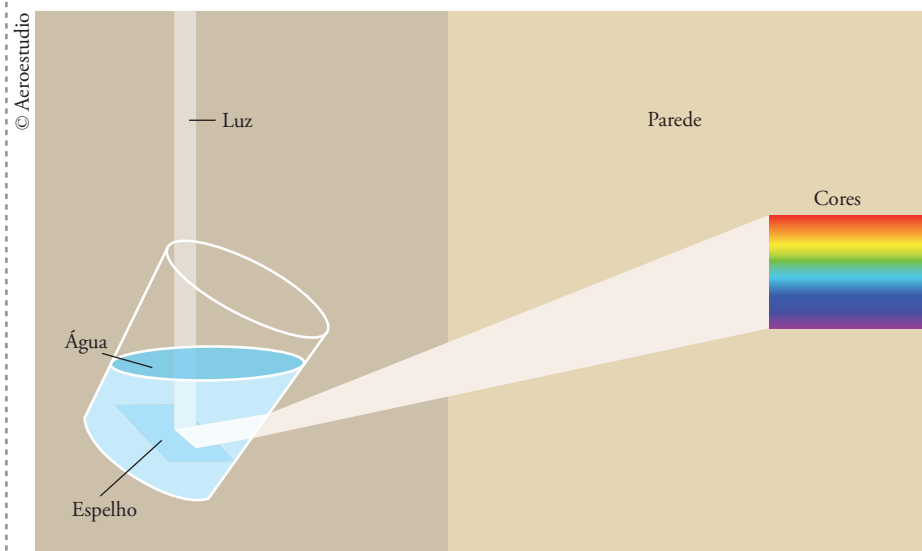


Figura 4 – Dispersão da luz: esboço de esquema da montagem.

## Encaminhando a ação

Fizemos sugestão de um aparato experimental simples para a realização da decomposição da luz branca. Como em diversos livros e *sites* de Física encontram-se diferentes modos de realizá-la, faça aquele que achar mais conveniente. Podem-se utilizar prismas ou mesmo alguns pingentes de vidro com água em seu interior (também conhecidos como “pingentes energéticos”, vendidos em camelôs ou lojas de artigos esotéricos).

Lembre-se de que, para obter melhores efeitos nesta experiência, é preciso que a sala esteja parcialmente escurecida. Porém, no caso de tratar-se do período diurno, se possível, tente usar o Sol como fonte de luz. O resultado é muito melhor do que com lanternas.

Para responder a estas perguntas será necessário utilizar o modelo de luz como uma onda eletromagnética. É preciso ressaltar que uma compreensão mais profunda sobre a natureza da luz requer o estudo de campos elétricos e magnéticos associados às cargas elétricas (assunto da 3ª série).

A luz deve ser, então, tratada como uma onda eletromagnética que não necessita de

meio para se propagar. Use a analogia com o som. Da mesma forma que o som é uma vibração mecânica do ar cuja frequência distingue sons graves e agudos, a luz também é uma forma de vibração cuja frequência distingue uma cor da outra. As cores estão relacionadas com a sua frequência de acordo com a Tabela 1.

É interessante mostrar aos alunos as ordens de grandeza das frequências e dos comprimentos de onda da radiação luminosa. Com a luz tudo é muito mais rápido e os comprimentos de ondas menores. Faça comparações com o comprimento de onda e a frequência do som, como o de uma nota musical qualquer apresentada no Caderno do Volume 2. Mais tarde, os alunos irão trabalhar o espectro eletromagnético.

Este é um bom momento para chamar a atenção para a pequena faixa de frequências que o ser humano pode ver: de  $4,0 \cdot 10^{14}$  a  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz. Ou seja, somos “cegos” com relação à quase totalidade de radiação que inunda o universo. Chame a atenção dos alunos para que percebam que a sequência das cores que eles observaram e pintaram é exatamente igual à sequência das cores apresentadas na Tabela 1.

Após análise das frequências apresentadas na tabela, fica explícito que a dispersão está, de

COR	Frequência ( $10^{14}$ Hz)	Comprimento de onda ( $10^{-9}$ m)
Violeta	6,7 a 7,5	400 a 450
Anil	6,0 a 6,7	450 a 500
Azul	5,7 a 6,0	500 a 530
Verde	5,3 a 5,7	530 a 570
Amarelo	5,0 a 5,3	570 a 590
Laranja	4,8 a 5,0	590 a 620
Vermelho	4,0 a 4,8	620 a 750

Tabela 1 – Frequência e comprimento de onda de diferentes cores.

FIGUEREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício. *Física, um outro lado: luz e cores*. São Paulo: FTD, 2000.



alguma forma, diretamente relacionada com frequência e comprimento de onda. Agora é preciso entender como a dispersão ocorre.

Para isso, retome o experimento da dispersão e explique-o em termos das características ondulatórias da luz. Neste caso, a luz incide perpendicularmente à superfície da água e, portanto, não sofre desvio. Entretanto, a inclinação do espelho a faz incidir na parede do copo fazendo um ângulo diferente de zero com a normal, como pode ser visto na Figura 5. Esta incidência inclinada permite que ocorra a refração da luz. Perceba que aqui a luz passa da água para o vidro e deste para o ar. Contudo, por ser muito fina, a camada de vidro não interfere no tipo de análise que faremos aqui, podendo ser desconsiderada.

A maneira clara de perceber isto é observar que, sem a água, não notamos a dispersão neste experimento. Ou seja, o que irá importar aqui é o fato de a luz passar da água para o ar. Assim, explique aos alunos o que ocorre com a luz branca ao emergir da água, com índice de refração 1,33, para o ar, com índice de refração 1, menor do que o da água. Neste momento, faça uso de seu livro didático de Física e explore o significado físico desses índices. Discuta com os alunos a relação entre

o índice de refração e o comprimento de onda e/ou frequência da luz.

Assim, cada comprimento de onda que compõe a luz branca irá apresentar diferentes ângulos de refração ao incidir no vidro. Como o índice de refração geralmente é maior para um comprimento de onda menor, a luz violeta se desvia muito mais do que a luz vermelha quando passa da água para o ar.

Estas cores, em ordem decrescente de comprimento de onda, são: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta. É preciso deixar claro para os alunos que, em uma refração, a frequência da radiação não muda, visto que ela é determinada pela oscilação dos elétrons que a geraram. Ao mudar de meio, o que muda é a velocidade e o comprimento de onda. Assim, ressalte que a cor física é, então, mais bem identificada pela frequência da onda luminosa, e não por seu comprimento de onda.

Para sistematizar o que foi discutido até aqui, reconstrua o experimento na lousa, apresentando as diferentes trajetórias das diferentes luzes/cores, conforme a Figura 5, de modo a reforçar as explicações físicas da dispersão.

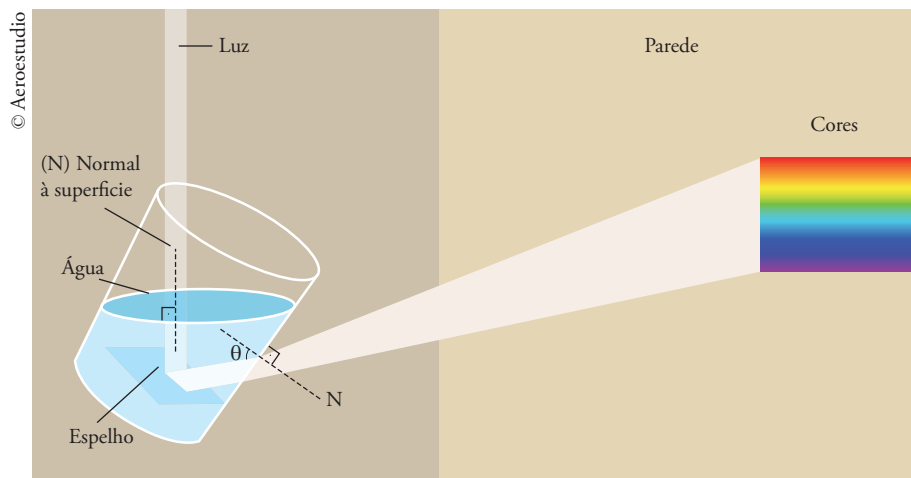


Figura 5 – A dispersão da luz.

## Roteiro 2.2 – Misturando as cores... de luzes

Na experiência anterior, vimos que a luz branca do Sol ou da lanterna é composta por um conjunto contínuo de cores de luz que vai do vermelho ao violeta.

1. Será que toda luz branca é composta por infinitas cores?
2. Será que a luz branca de uma lâmpada de mercúrio tem a mesma composição de cores da luz solar?
3. Quantas cores são necessárias para obter uma luz branca?

Vamos tentar responder a estas questões com base na experiência a seguir.

### Materiais

Três lâmpadas dicroicas de *LED*<sup>1</sup>, nas cores vermelho, verde e azul; soquete, fio e tomada para as lâmpadas; parede, cartolina ou folha branca para servir de anteparo.



Figura 6 – Lâmpada dicroica de *LED*.

<sup>1</sup> Estas são lâmpadas dicroicas com cerca de 20 *LEDs* cada uma. Em um levantamento de preço recente, o custo médio era de R\$ 16,00 cada. Além de emitir luz em frequências bem definidas, o que possibilita um resultado excelente para este experimento, são lâmpadas pequenas e leves, muito apropriadas para serem levadas para a sala de aula. Nesta experiência, é possível o uso de lâmpadas incandescentes coloridas, embora a qualidade dos resultados da experimentação não seja tão boa.

## Mãos à obra!

1. Construa um arranjo experimental como descrito na Figura 6.



Figura 7 – Arranjo das lâmpadas.

2. Escolha duas lâmpadas de cores diferentes (verde e vermelho) e projete em seu anteparo as luzes coloridas.
3. Faça isso de maneira que uma parte das luzes coloridas se misture.
4. Observe as regiões onde as luzes se misturaram e onde não houve superposição.
5. Desenhe em seu caderno a figura obtida no anteparo, identificando as cores das várias regiões.
6. Escolha outras duas cores (verde e azul) e repita o procedimento do item 1.
7. Faça o mesmo com as duas cores restantes (vermelho e azul).
8. Projete as luzes das três lâmpadas coloridas, misturando-as de forma que uma parte das três luzes coloridas se misture.
9. Verifique quais são as cores obtidas com estas misturas.

10. Observe as regiões onde as três luzes se misturam e onde houve superposição apenas de duas delas.
11. Desenhe em seu caderno a figura obtida, identificando as cores de cada uma das regiões.
12. Depois de analisar as várias cores projetadas no anteparo pela composição das

três cores de luz, responda:

- a) Que procedimento pode ser utilizado para se obter uma luz branca? E uma luz amarela? E uma luz cor-de-rosa?
- b) Por que foram escolhidas as três cores de luz (vermelho, azul e verde)? Levante hipóteses.

### Encaminhando a ação

Este experimento tem o objetivo de iniciar as discussões acerca da percepção das cores. Aqui, o enfoque é misturar luzes coloridas, para que, posteriormente, os alunos possam diferenciá-las da mistura de tintas coloridas (assunto que será trabalhado no experimento seguinte).

Uma boa forma de iniciar esta atividade é perguntar aos alunos como eles acham que são formadas as imagens coloridas na tela de uma TV. Peça que respondam: *Será que existem pontos na tela correspondentes a todas as cores existentes?* Deixe-os falar livremente e, em seguida, apresente o experimento.

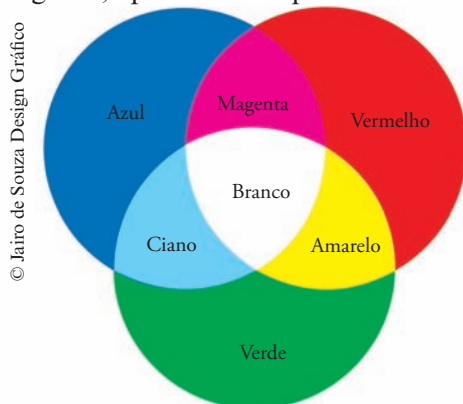


Figura 8 – Soma de luzes coloridas.

A ideia é possibilitar que os alunos observem o resultado das diferentes misturas das luzes: vermelho + azul = magenta; vermelho +

verde = amarelo; azul + verde = ciano. Na Física, dizemos que o magenta é a cor oposta ou complementar ao verde, o amarelo é oposto/complementar ao azul e o ciano é oposto/complementar ao vermelho. Desta forma, ao “somar” os opostos obtemos o branco. Assim, ao misturarmos vermelho, verde e azul obtemos o branco. Por isto, chamamos estas três cores-luz de cores primárias. Por meio da “soma” destas luzes pode-se obter todas as outras. Caso esta experiência seja feita com as lâmpadas de *LED*, é possível a obtenção do branco. De outra forma, fica bem mais complicado. No entanto, basta mostrar que essa combinação tende ao branco para que a demonstração cumpra seus objetivos.

É preciso ressaltar que este processo, chamado de adição de cores, pode induzir a um erro comum: por se tratar de ondas eletromagnéticas, pode-se interpretar essa “soma” de luzes como uma interação entre ondas, como ocorre no processo de interferência. É equivocado, dizer que quando a luz vermelha se superpõe à verde ocorre uma soma de frequências, que resulte na luz amarela. Não é isso que ocorre. Ainda que relacionada às propriedades físicas da luz, a percepção das cores é um processo neurofisiológico, de forma que a percepção de amarelo surge somente no cérebro, como será aprofundado na próxima Situação de Aprendizagem. É importante ficar claro que não se trata de interferência.

Para sistematizar a atividade, peça aos alunos que vejam como apenas estas três cores aparecem na tela de seu televisor. Para isso, basta olhar com uma lupa ou por meio de gotículas de água espargidas na tela. Certamente eles já ouviram o termo RGB, ao trabalharem com computadores. Esta sigla corresponde a *Red*, *Green* e *Blue*, os nomes em inglês

das cores-luz primárias. A partir da mistura de diferentes porcentagens destas três cores, obtêm-se todas as outras. Uma atividade interessante, quando se dispõe de computadores, é pedir aos alunos que abram a paleta de cores de qualquer programa de edição de texto. Ao escolher RGB, pode-se variar a porcentagem de cada cor e ver na tela a cor resultante.

### Roteiro 2.3 – Misturando as cores... de tintas

Na primeira experiência, verificou-se que a luz branca do Sol é composta por cores de luz que vão do vermelho ao violeta e, na segunda, que é possível obter a luz branca com apenas a mistura das três cores-luz primárias: vermelho, azul e verde.

Será que, da mesma maneira, é possível obter uma parede branca com uma mistura de tintas que varia do vermelho ao violeta, como as cores da luz do Sol? Ou apenas misturando tintas de cores vermelha, verde e azul?

Quais são as cores das tintas dos cartuchos de impressora colorida? Como se obtém a impressão de uma figura preta? E uma rosa? Nesta experiência vamos identificar as cores básicas de tintas utilizadas para obter as mais variadas cores que observamos ao nosso redor.

#### Materiais

Tinta guache de várias cores (entre elas, é preciso que haja vermelho, verde, azul, ciano, amarelo e magenta); pincéis; papel sulfite branco.

#### Mãos à obra!

1. Escolha duas cores diferentes de tinta (vermelha e azul).

2. Na folha branca, pinte dois traços cheios de modo que uma parte da cor se misture com a outra e a outra parte não se misture.
3. Observe as regiões onde as tintas se misturaram e onde não houve superposição das cores.
4. Escreva o nome da cor da região em que houve superposição.
5. Compare com a cor da mistura das luzes vermelha e azul da experiência anterior: o resultado foi o mesmo?
6. Escolha outras duas cores (magenta e amarelo e, depois, amarelo e ciano) e repita o procedimento do item anterior.
7. Você já deve ter ouvido que as três cores-pigmento primárias são: magenta, ciano e amarelo. Misture-as. Observe e anote a cor obtida com esta mistura.
8. Utilizando as cores magenta, ciano e amarelo, tente obter a cor verde-clara.
  - a) Como você obteve esta cor?
  - b) Como são impressas as figuras coloridas em jornais, livros e revistas? Será de forma semelhante ao processo de impressão caseira com os cartuchos magenta, ciano e amarelo?

## Encaminhando a ação

Ressaltamos que, embora esta experiência tenha sido proposta para a 8ª série, ela deve ser realizada novamente, pois além de ser bastante simples, as questões a serem analisadas aqui são bem mais amplas e aprofundadas. A ideia é comparar os resultados obtidos na mistura das cores-pigmento com aqueles obtidos na mistura das cores-luz. Os resultados serão diferentes.

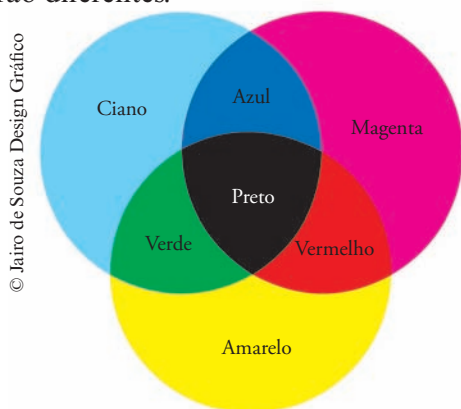


Figura 9 – Mistura de tintas coloridas.

Agora, como os alunos já terão misturado as tintas, é fácil mostrar que, ao misturar três pigmentos quaisquer, não há como obter branco. No caso dos pigmentos, as cores primárias são o ciano (uma tonalidade azul-esverdeada), o amarelo e o magenta (um tipo de rosa-*pink* forte). Por meio da mistura dessas três cores-pigmentos pode-se obter qualquer cor do espectro. Assim, ciano + magenta = azul; ciano + amarelo = verde; amarelo + magenta = vermelho.

Diferentemente da mistura de luzes, quando se misturam as três cores-pigmento obtém-se um tom escuro, quase preto. A combinação de diferentes porcentagens de cada pigmento forma as mais variadas cores. Assim, variando as quantidades de magenta, ciano e amarelo, podemos obter verde-claro.

Para ampliar a aplicação dos conceitos

aqui apresentados, faça os alunos usarem tais conhecimentos para entenderem processos que ocorrem no dia a dia. Para isso, peça a eles que levem para a sala de aula algumas fotografias coloridas de revistas ou jornais. Pergunte como acham que as cores das fotos são geradas. *Será que existe um cartucho de tinta para cada cor?* Após esta sensibilização, explique que uma gráfica imprime desenhos ou fotos coloridas usando basicamente quatro pigmentos coloridos. Isso pode ser facilmente constatado em cartuchos de tinta de impressoras coloridas.

Caso seja possível, observe as fotografias atentamente com uma lupa e veja os “pontinhos” ciano, amarelo, magenta e preto. Se quiser, consiga alguns rótulos de cartuchos e leve-os para a sala de aula. Pode-se notar que as impressoras geralmente precisam de dois cartuchos: um colorido (com ciano, amarelo e magenta) e outro com tinta preta. Este último é usado porque a combinação das três cores primárias fornece uma cor muito escura, mas que não serve como preto para a obtenção de melhores resultados visuais.

É a partir desta diferença entre a mistura de pigmento e a mistura de luzes que os conceitos físicos poderão ser aprofundados, contribuindo para a construção do modelo explicativo da luz como onda eletromagnética e sua interação com a matéria.

Os pigmentos são constituídos por partículas capazes de absorver cores específicas. Assim, uma superfície pintada por uma cor qualquer, quando iluminada por uma luz branca, absorve uma série de frequências e reflete outras. Por exemplo, um determinado pigmento absorve bem na faixa do vermelho, do amarelo e do verde. Logo, quando a luz branca incide sobre ele, absorve estas cores e reflete o restante (basicamente na faixa do azul e do violeta). *E o que acontece?* Quando a luz branca perde estes componentes, nós a perce-

bemos azul. Por isso, este processo é chamado de subtrativo, visto que algumas frequências são “subtraídas” da luz incidente. Usando tal modelo explicativo, é fácil entender por que obtemos preto quando misturamos vários pigmentos. Se os pigmentos absorvessem todas as cores que neles incidem, nenhuma faixa de cor da luz branca conseguiria escapar. Você pode encontrar este assunto em vários livros didáticos. Faça uso daquele que achar melhor para elaborar sua aula.

Para sistematizar esta atividade, apresente um objeto de cor característica bem conhecida. Leve um objeto colorido para a sala ou peça aos alunos que imaginem, por exemplo,

um melão sendo iluminado pela luz do Sol ou de uma lâmpada incandescente. Pergunte: *Como o melão se apresenta amarelo se a luz que o ilumina é branca?* Em seguida, explique que a coloração amarela é resultado do processo de reflexão seletiva de sua casca. Use o esquema da Figura 10.

Pergunte aos alunos o que ocorreria com o melão caso a luz fosse vermelha pura ou verde. Assim, quando vemos um objeto vermelho, como uma camisa, na luz do dia, significa que nele chegam todas as cores que compõem a luz branca, mas somente a luz vermelha é refletida. Assim, descreva o que ocorre em termos de absorção, transmissão e reflexão da luz.

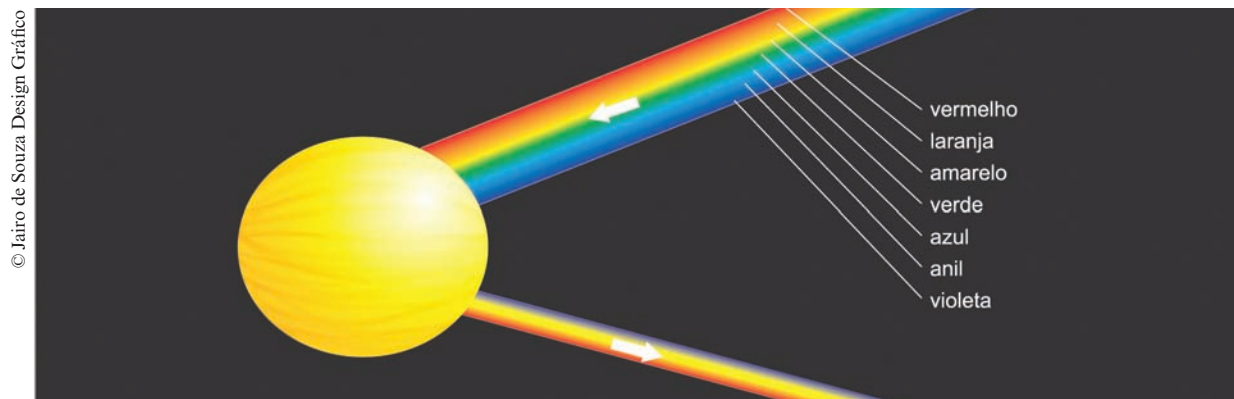


Figura 10 – Reflexão seletiva na superfície de um melão.

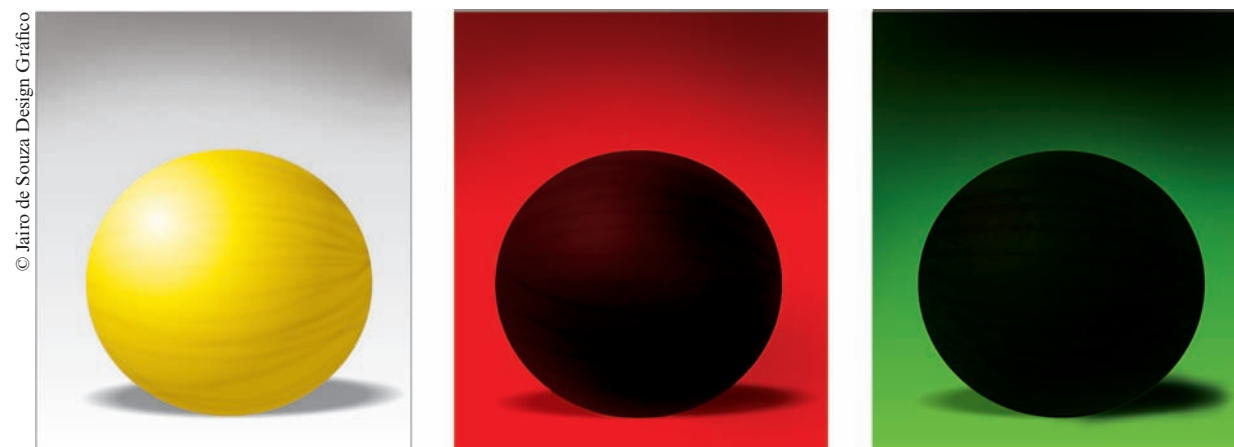


Figura 11 – a) Melão iluminado por luz branca; b) Melão iluminado por luz vermelha; c) Melão iluminado por luz verde.

A ideia é mostrar que cada superfície interage com a luz de maneira diferente, podendo então absorver, transmitir ou refletir as cores (frequências da luz visível). Para algumas, quase não há reflexão, de modo que a cor é transmitida ou absorvida (como ocorre em um filtro ou vidro colorido). Assim, quando iluminado pelas luzes vermelha ou verde, o melão é percebido como se fosse de uma cor escura, quase preta. Isso ocorre porque sua superfície não reflete estas cores.

Finalize esta parte da Situação de Aprendizagem pedindo aos estudantes que escrevam

suas explicações para a cor do melão em termos de reflexão seletiva da luz branca. Isso pode ser feito em classe ou como atividade para casa.

A Situação de Aprendizagem seguinte fará uso do conjunto de lâmpadas coloridas, o mesmo usado na Situação de Aprendizagem 2, para a realização de uma atividade experimental demonstrativa. Você verá que a demonstração é muito simples, mas sua explicação nem tanto. Desta forma, prepare suas aulas cuidadosamente pois, os alunos deverão apresentar muitas dúvidas.

### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 SOMBRAS DE VÁRIAS CORES

Esta Situação de Aprendizagem oferece uma oportunidade para discutir os processos de emissão de luzes coloridas por lâmpadas e o processo de percepção das cores, relacionado às três cores primárias (vermelho, verde

e azul). Por meio de uma demonstração experimental e da leitura de gráficos, busca-se problematizar e aprofundar a compreensão sobre a formação de imagens pelo olho e cérebro humano.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**Conteúdos e temas:** interação física entre a luz e a matéria; processo de percepção das cores pelo olho humano; cones como fotossensores; processamento das cores pelo cérebro.

**Competências e habilidades:** ler, interpretar e executar um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve fenômenos de sombras de luz coloridas; ler e interpretar gráfico de sensibilidade luminosa dos cones receptores de luz; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar resultados de experimento qualitativo sobre sombras coloridas e interpretação de gráficos utilizando esquemas e linguagem científica; associar diferentes características de cores com a iluminação e com sua percepção pelo olho humano reconhecendo a função especializada dos cones.

**Estratégias:** realização de atividade experimental em grupo; elaboração de hipóteses sobre resultados da experiência e análise dos resultados com discussão com a classe; análise de gráficos em grupo para a solução de problemas; produção de síntese das análises dos resultados.

**Recursos:** roteiro da Situação de Aprendizagem 3 visando à realização do experimento e material experimental descrito no roteiro.

**Avaliação:** as respostas às questões contidas no roteiro para o encaminhamento da análise do gráfico da sensibilidade dos cones; a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades; seu envolvimento e sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie a atividade demonstrativa presente no roteiro 3. Peça aos alunos que apresentem suas respostas sobre a cor da sombra em cada uma das situações descritas no roteiro. Não deve haver problemas para que os alunos possam explicar a cor das sombras quando

o objeto for iluminado apenas por uma das lâmpadas coloridas. Porém, quando houver mais de uma cor iluminando o objeto, haverá combinação de cores e, neste caso, modelos explicativos acerca das percepções das cores serão exigidos.

### Roteiro 3 – Sombras coloridas

#### Materiais

Três lâmpadas de *LED*<sup>2</sup>, nas cores vermelho, verde e azul; soquete, fio e tomada para as lâmpadas; parede, cartolina ou folha branca para servir de anteparo.

#### Mãos à obra!

1. Disponha as três lâmpadas de modo que projetem na parede partes que se superpõem e partes que não se misturam.
2. Agora, coloque um objeto na frente das lâmpadas. Pode ser a sua própria mão.
3. Vá mudando de posição e observando as cores que se formam no anteparo.
4. Em seguida, avalie a cor da sombra para as seguintes situações:
  - a) com as três lâmpadas iluminando o objeto;
  - b) apenas com a lâmpada azul; apenas com a lâmpada verde; apenas com a lâmpada vermelha;
  - c) com uma das três lâmpadas encoberta.

<sup>2</sup> Devem ser usadas as mesmas lâmpadas pedidas no roteiro 2.2. É possível o uso de lâmpadas incandescentes coloridas, embora a qualidade dos resultados da experimentação não seja tão boa.



## Encaminhando a ação

O objetivo do experimento é mostrar que com estas três luzes pode-se fazer sombras de sete cores diferentes: azul, vermelho, verde, preto, ciano (uma mistura de azul e verde), magenta (uma mistura de azul e vermelho) e amarelo (uma mistura de vermelho e verde).

Os alunos deverão perceber que, ao bloquear duas das três luzes, obtém-se uma sombra da terceira cor. Por exemplo, ao bloquear as luzes vermelha e verde tem-se uma sombra azul. Ao bloquear todas as três luzes tem-se uma sombra escura, quase preta.

O interessante é mostrar que, ao se bloquear uma das três luzes, obtém-se uma sombra cuja cor é uma mistura das duas outras cores. Assim, ao desligar a luz vermelha, deixando apenas as luzes azul e verde ligadas, em seu anteparo irá aparecer o ciano. Ao se colocar um objeto em frente ao ciano, podem-se ver duas sombras: uma azul e uma verde. Ou seja, olhando de um lado, o objeto bloqueia a luz proveniente da

lâmpada verde, deixando, portanto, uma sombra azul. Olhando de outro lado, ele bloqueia a luz azul, faz assim uma sombra verde. Se for possível aproximar o objeto de modo que ele bloqueie a luz das duas fontes, uma sombra muito escura será projetada.

O mesmo ocorre quando se desliga a luz verde. No anteparo irá aparecer a cor magenta, uma mistura de vermelho e azul. Da mesma forma, quando se desliga a luz azul, deixando acesas as luzes vermelha e verde, aparecerá no anteparo o amarelo.

As discussões que surgem nesta atividade servem para aprofundar a compreensão acerca da percepção das cores. Faça a seguinte pergunta: *como o amarelo surge no experimento das sombras coloridas?* Esta questão pode gerar uma discussão interessante com os alunos. Para respondê-la, será preciso discutir o processo de percepção das cores pelo cérebro. *Ou seja, o que deve ocorrer para que seja possível “ver” uma luz de cor amarela quando não há uma lâmpada amarela iluminando o objeto?*

© Jairo de Souza Design Gráfico



Figura 12 – Sombras coloridas.

Desta forma, a cor é o resultado da luz enviada pelos corpos somada à percepção e decodificação pelos nossos olhos e cérebro<sup>3</sup>. Para iniciar a construção das respostas a estas questões, os alunos deverão aprender que na retina há células sensíveis à luz, os cones e os bastonetes. Elas contêm substâncias que, iluminadas, modificam-se, gerando impulsos nervosos, os quais são levados para o cérebro por uma série de fibras nervosas. Uma vez no cérebro, estes impulsos são interpretados, constituindo as imagens. Os cones diferenciam luzes coloridas enquanto os bastonetes são ativados com baixas intensidades luminosas, estando assim associados à discriminação de luminosidade.

Durante muito tempo pensou-se que cada receptor celular era sensível exclusivamente a uma única cor. Porém, os estudos de T. Young (cientista inglês dos séculos XVIII e XIX) e Helmholtz (cientista germânico do século XIX) mostraram que estes receptores têm sensibilidade de variável, com sua sensibilidade máxima em

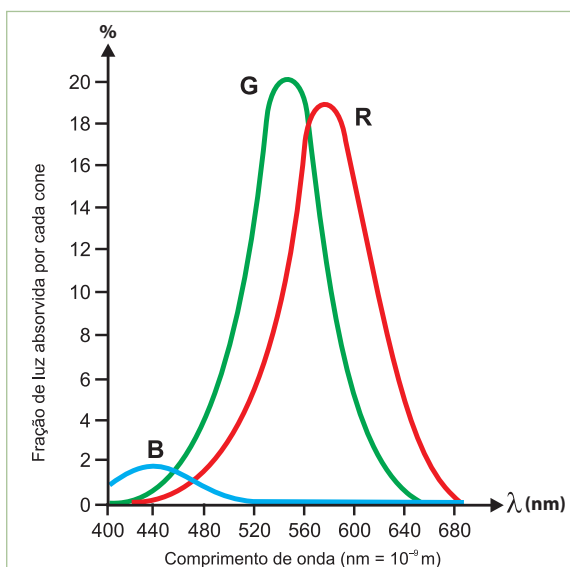


Gráfico 1 – Curva de sensibilidade de cones.  
R = vermelho; G = verde; B = azul

Fonte: BERTULANI, A. C. *Projeto Ensino de Física à Distância*. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>>. Acesso em: 3/ago. 2009.

<sup>3</sup> Vale destacar que a explicação completa sobre a combinação/mistura de luzes coloridas necessita da compreensão do princípio de percepção das cores pelo olho humano. Este tema será tratado mais adiante.

uma de três cores. Estes receptores celulares são chamados de cones e se diferenciam pela sensibilidade à luz visível, conforme o Gráfico 1.

O Gráfico 1 indica a existência de três tipos de cones, cada um sensível a uma faixa de comprimento de onda (ou frequência). Como este gráfico é de difícil leitura, ajude os alunos a interpretá-lo. Para isto, peça que identifiquem as grandezas envolvidas na sensibilidade dos cones. O eixo vertical apresenta a fração da luz absorvida em cada cone.

Faça os alunos notarem a pouca eficiência do cone azul em relação aos outros dois. Já no eixo horizontal, tem-se o comprimento de onda da luz, medido em nanômetros ( $10^{-9}$ m). Faça-os perceber que estes cones respondem a uma faixa de comprimentos de onda, contudo têm picos de absorção.

Assim, por exemplo, um cone azul é responsivo dentro da faixa que vai de 400 nm a 520 nm, apresentando um máximo de absorção em torno de 440 nm. Já o cone verde absorve do azul ao vermelho, mas com máxima absorção (0,20) em torno de 560 nm. O cone vermelho absorve de 420 nm a 680 nm, apresentando um pico de absorção por volta de 580 nm.

Peça aos alunos que, em grupos, façam o estudo deste gráfico. Esta é uma excelente oportunidade para desenvolver habilidades relacionadas à competência de leitura de linguagem gráfica e símbolos científicos. Após a análise da curva de sensibilidade dos cones, pergunte como eles podem explicar a percepção da cor amarela (580 nm) de uma lâmpada de sódio (aquela muito utilizada em iluminação de rodovias). Neste caso, os cones receptores do vermelho e do verde seriam mais sensibilizados que o terceiro (mostre isso no Gráfico 1).

Agora, retome a pergunta sobre a percepção do amarelo surgida no experimento da

soma de luzes. Ou seja, além de não haver no experimento uma fonte de luz amarela, não há também uma célula especializada em reconhecer o amarelo!

Para explicar tal fato, é preciso considerar que, quando dois dos receptores (vermelho e verde) são sensibilizados juntos, o nosso cérebro traduz esta informação como a cor amarela. O cérebro capta esta informação e a decodifica, interpretando-a como um objeto amarelo. Ou seja, o olho está, na verdade, recebendo ondas eletromagnéticas com frequência na faixa do vermelho ( $4,5 \cdot 10^{14}$  Hz) e na faixa do verde ( $5,5 \cdot 10^{14}$  Hz). Contudo, os cones são excitados de forma que o cérebro interpreta este sinal como de uma luz amarela. Isto significa que o cérebro não consegue distinguir uma fonte pura amarela de duas fontes, uma vermelha e outra verde, chegando ao mesmo tempo.

Apresente aos alunos outras situações de tal modo que eles possam exercitar este modelo tricromático de detecção das cores. Perguntas interessantes são: *Qual é a frequência associada à cor rosa-pink<sup>4</sup>? Como você explica a percepção dessa cor? Na falta de uma fonte de luz laranja, como poderíamos produzi-la com o uso de três fontes de luz primárias?*

Os alunos devem, então, compreender que as cores são sempre o resultado da interpretação pelo cérebro de informações provenientes

dos três grupos de cones. Como dito anteriormente, é preciso que fique claro aqui que não se trata de uma superposição de ondas na retina, no sentido da Física Ondulatória, comumente associada à interferência. Talvez aqui esteja a parte mais interessante de tudo isto: este é um processo neurofisiológico. Ou seja, as cores só existem em nosso cérebro, por mais estranho que isto pareça.

Assim, ao se tratar da percepção das cores, o cérebro tem um papel importantíssimo em tudo que vemos. É preciso deixar claro que a percepção das cores depende, então, de propriedades dos objetos e da luz que incide sobre eles, bem como das características de funcionamento de nossos olhos, de nosso sistema nervoso e de nosso cérebro.

Caso haja tempo, há uma série de ilusões de óptica tradicionalmente conhecidas que pode ser trabalhada como fruto da maneira como nosso cérebro decifra as informações que vêm do mundo. As “cores complementares”, o “furta-cor” de algumas espécies animais etc. são temas que podem ser trabalhados<sup>5</sup>. Entretanto, deve-se ter conhecimento de que grande parte delas ainda não tem seu processo completamente entendido e, quando isso ocorre, a Física pouco tem a dizer. Além disso, é interessante discutir os problemas na percepção das cores, dentre os quais o daltonismo é o mais conhecido.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 QUAL LÂMPADA SE USA?

Esta Situação de Aprendizagem problematizará o uso de diferentes lâmpadas empregadas para ressaltar certas características dos produtos de consumo. Para que se torne possível a compreensão das situações-problema apresentadas será preciso trabalhar com as características ondulatórias da luz,

interpretar espectros de emissão e absorção das diferentes lâmpadas e dos diferentes produtos respectivamente. Busca-se desenvolver uma percepção sobre este tipo de finalidade de uso da iluminação para que seja possível posicionar-se criticamente em torno dessa questão.

<sup>4</sup> Não há frequência luminosa associada a esta cor.

<sup>5</sup> Uma busca na internet revela diversos sites com imagens e situações de interesse.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**Conteúdos e temas:** espectro de emissão de lâmpadas variadas; absorção e reflexão da luz.

**Competências e habilidades:** ler e interpretar gráficos que representam espectro de emissão de variadas lâmpadas e de reflexão da luz por diferentes objetos; identificar e relacionar valores de dois gráficos para solucionar problemas de iluminação; relacionar mudanças de cor de objetos com o padrão de emissão das fontes de iluminação; elaborar comunicação escrita ou oral para relatar resultados de análises de interpretação de gráficos, utilizando linguagem científica adequada.

**Estratégias:** realização de atividades em grupo; leitura do roteiro de execução da atividade e identificação da situação-problema apresentada; leitura e compreensão dos gráficos que caracterizam diferentes lâmpadas e os diferentes objetos com relação às propriedades luminosas; resolução das situações-problema; redação de uma síntese do processo de solução do problema de iluminação.

**Recursos:** roteiro da Situação de Aprendizagem 4.

**Avaliação:** a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização da atividade; seu envolvimento e sua compreensão conceitual na solução das situações-problema; o uso correto de conceitos físicos e da linguagem culta e científica nas respostas às questões contidas no roteiro e na elaboração de síntese do processo de resolução do problema apresentado.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Contextualize a Situação de Aprendizagem falando de iluminação dos produtos de consumo em lojas. Pergunte aos alunos se eles acham que o tipo de luz pode influenciar na venda de um produto. É bastante comum que muitos alunos citem situações em que isso ocorreu. Verifique se as situ-

ações apresentadas no início do roteiro 4 fazem parte do conhecimento dos alunos. É interessante que eles possam reinterpretar fatos tão corriqueiros por meio da Física. A partir deste bate-papo inicial, divida a turma em grupos com até o cinco alunos e apresente o roteiro 4.

### Roteiro 4 – Qual lâmpada se usa?

A iluminação é muito importante em um estabelecimento comercial, tornando-se muitas vezes um dos fatores para o sucesso do negócio.

Será que o tipo de luz pode influenciar na venda de um produto? Cite algumas si-

tuações vivenciadas por você ou por uma pessoa conhecida em que isso ocorreu. Ou seja, você comprou uma determinada peça de roupa, por exemplo, e quando chegou em casa percebeu que a cor estava diferente, não tão bonita quanto na loja.

O mesmo pode ocorrer quando se compram verduras no supermercado. Ao

chegar em casa, muitas vezes, elas não estão tão verdinhas como quando foram compradas. Para verificar se a iluminação é determinante para o ambiente, valorizando os produtos e suas cores, são apresentadas duas situações-problema para você analisar.

Situação-problema 1 – No Gráfico 2 estão apresentadas as curvas de reflexão de três produtos: manteiga, tomate e alface. Se você deseja realçar o vermelho do tomate, o amarelo da manteiga e o verde da alface, com que tipo de lâmpada você iluminaria cada um deles?

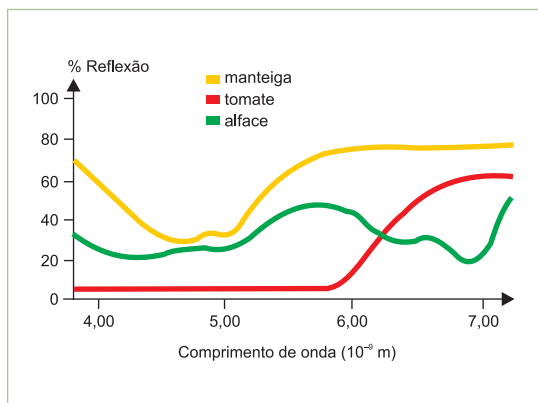


Gráfico 2 – Curvas de reflexão da manteiga, do tomate e da alface.

FIGUEREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício. *Física, um outro lado: luz e cores*. São Paulo: FTD, 2000.

### Mãos à obra!

De posse das especificações de algumas lâmpadas, apresentadas no final do roteiro, você deverá decidir qual lâmpada deverá ser utilizada para iluminar cada um dos diferentes produtos para realçar a cor desejada.

Situação-problema 2 – Você compra uma roupa de cor verde-mar (verde azulado), sua cor preferida, mas ao chegar em

casa verifica que ela mudou para verde. Em outras palavras, desapareceu o tom de azul. O que pode ter ocorrido?

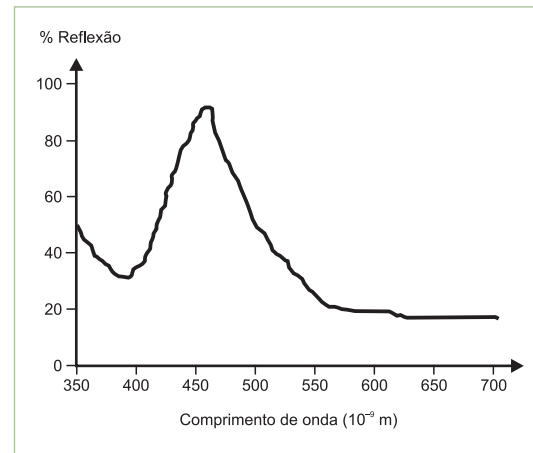


Gráfico 3 – Curva de reflexão de um determinado tecido.

### Mãos à obra!

Utilizando o espectro de reflexão do tecido apresentado no Gráfico 3 e as especificações das lâmpadas no final do roteiro, levante uma hipótese sobre o que pode ter ocorrido com a cor da roupa.

Agora, elabore um texto sobre as soluções das situações-problema 1 e 2, justificando-as.

### Especificações técnicas das lâmpadas

Nos gráficos a seguir você encontrará a curva espectral de seis diferentes lâmpadas.

Ao término de sua análise, você deverá fazer um relatório apresentando suas considerações. É necessário que você apresente os detalhes técnicos e o conhecimento teórico que utilizou para decidir qual lâmpada deverá ser usada na situação-problema 1 e na hipótese sobre a situação-problema 2.

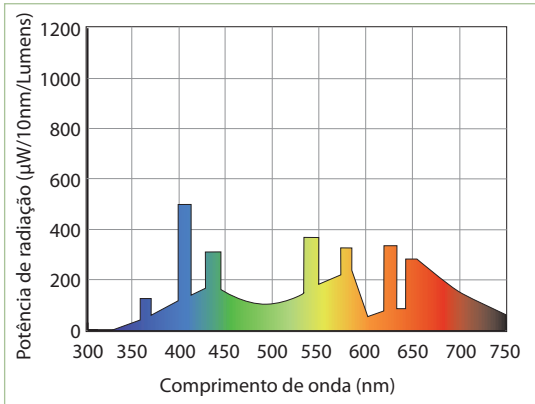


Gráfico 4 – Lâmpada 1.

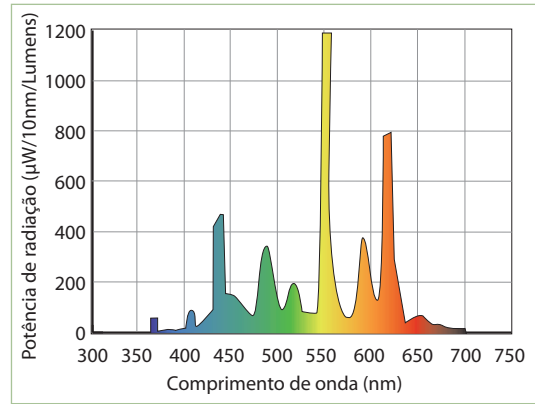


Gráfico 5 – Lâmpada 2

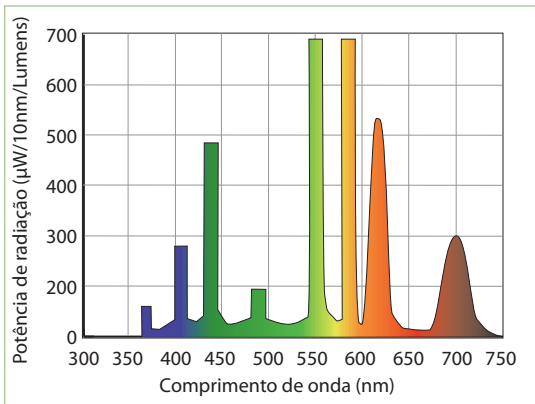


Gráfico 6 – Lâmpada 3

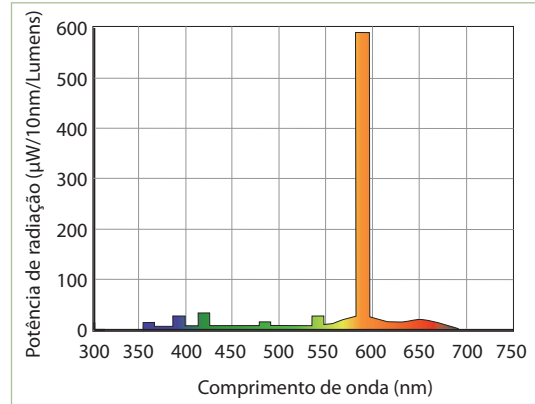


Gráfico 7 – Lâmpada 4

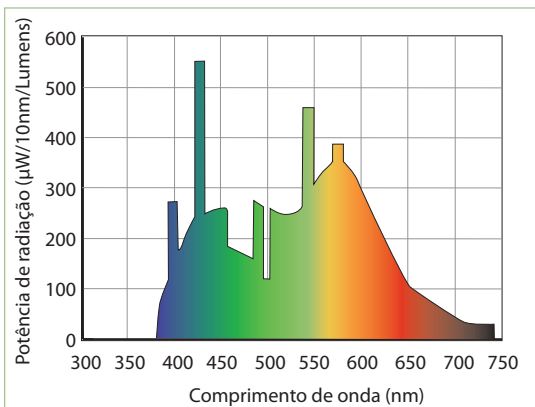


Gráfico 8 – Lâmpada 5

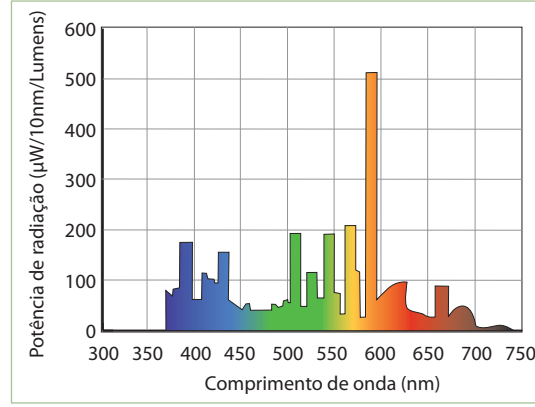


Gráfico 8 – Lâmpada 6.

Gráficos: © Aeroestudio

## Encaminhando a ação

Deixe claro que um projeto de iluminação profissional envolve uma série de especialistas, como *designers*, arquitetos, engenheiros de iluminação etc. Além da curva espectral, conceitos como temperatura e foco são considerados a fim de possibilitar um ambiente adequado para cada projeto de iluminação.

O objetivo principal desta atividade é fazer os alunos sistematizarem o modelo que permite tratar cada cor como uma onda eletromagnética, com frequência e comprimento de onda determinados, bem como o modelo de visão colorida proposto aqui.

Assim, a ideia principal não é “acertar” o exercício, mas discutir a adequação das lâmpadas de acordo com o espectro de emissão. Então, faça-os comparar as frequências de pico na emissão das lâmpadas com a curva de reflexão dos produtos.

É possível entender que iluminar tomates com a lâmpada 4, com pico de emissão na faixa do amarelo/laranja e pouca emissão na faixa do vermelho, por exemplo, poderia desestimular sua venda. Esta lâmpada não irá realçar o vermelho do produto porque emite mais na faixa do amarelo, de modo que haverá uma enorme redução na luz refletida pelos tomates, podendo até fazê-los perder a aparência de frescos. Assim, as lâmpadas 1 e 3, mais equilibradas, seriam as mais adequadas, pois elas emitem com intensidade desde o amarelo até o vermelho.

Na iluminação da manteiga as duas mais adequadas para realçar fortemente a cor amarela seriam as lâmpadas 2 e 4, pois têm pico de intensidade do amarelo-laranja.

Na iluminação da alface, nenhuma das lâmpadas apresentadas seria ideal, pois não há uma que emita o verde com muito mais intensidade que as demais cores. Entretanto, a

mais adequada entre as apresentadas seria a lâmpada 5, pois a cor verde é intensa e a emissão do vermelho é razoavelmente baixa.

Com relação à cor da peça de roupa, uma hipótese razoável é que a loja esteja utilizando a lâmpada 1, que tem o verde pouco intenso e um pico no azul. E em sua casa a iluminação pode ser realizada pela lâmpada 3, na qual o verde é mais intenso e, embora ela tenha pico no azul, esta cor é menos intensa que a da lâmpada 1.

Aproveite esta atividade para mostrar aos alunos a necessidade de observar a iluminação dos estabelecimentos quando desejam comprar alguma coisa. Por exemplo, é bastante comum comprar carnes em supermercados, mas, ao chegar em casa, elas nem sempre estão com a mesma aparência do momento da compra. O mesmo pode ocorrer na compra de móveis, calçados, etc.

Em diversos *sites* de empresas de iluminação, podem-se encontrar materiais gratuitos que servem de subsídio para a preparação das aulas. Além disso, é interessante perceber como o mercado considera importante a influência da luz e das cores nas estratégias de venda. Ao final, incentive os alunos a se reportarem, trabalhando as capacidades de argumentação e de organização de dados, contribuindo assim para o desenvolvimento da linguagem gráfica. Discuta com eles eventuais aspectos éticos em relação ao uso de iluminação que realce ou omita alguma característica do produto.

Com a Situação de Aprendizagem 4 terminamos a parte que trata de Óptica Física. Este estudo permite que os alunos compreendam diferentes fenômenos luminosos por meio de uma interpretação eletromagnética da luz. Este é o início de discussões mais profundas acerca da natureza da luz e sua interação com a matéria, que serão tratadas ainda neste volume, e, sobretudo, na 3ª série.

## GRADE DE AVALIAÇÃO

Situação de Aprendizagem	Indicadores de aprendizagem
1	Apresentação de relato de um experimento fenomenológico por meio de uma ficha de observação na qual está explícita a compreensão do aluno sobre a necessidade de considerar a cor da fonte da luz na percepção da cor de um objeto e/ou identificação da influência da iluminação na identificação das cores de objetos.
2	Utilização adequada da linguagem escrita e compreensão de conceitos científicos em um relato de experiência sobre dispersão da luz branca no qual está presente a relação entre cor, frequência e refração da luz.  Apresentação escrita ou oral de relato de resultados de experimentos qualitativos sobre composição de cores, no qual é explicitada a produção de cores pela mistura de luz e de pigmento, o entendimento das três cores primárias, o processo de reflexão seletiva de cores pelos pigmentos e a associação das cores da luz com a manifestação de sua natureza ondulatória.
3	Uso correto da linguagem e dos conceitos científicos na apresentação escrita da análise do gráfico de sensibilidade luminosa dos cones receptores de luz e do processo de percepção das cores pelo olho humano por meio dos cones.
4	Interpretação correta de gráficos que representam espectro de emissão de luz de diferentes lâmpadas e de reflexão da luz por objetos. Apresentação escrita ou oral do relato sobre o processo e a solução do problema de iluminação, envolvendo relação entre mudanças de cor de objetos com o padrão de emissão das fontes de iluminação, e aspectos éticos de práticas comerciais.



## PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. O gráfico a seguir apresenta a curva de sensibilidade relativa do olho humano em função dos comprimentos de onda do espectro visível, dados em nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Na tabela a seguir, têm-se as faixas de fre-

quência correspondentes a cada cor que compõe esse espectro. Assim, sabendo que o valor da velocidade da luz no vácuo é de  $3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , determine qual é a cor a qual o olho humano é mais sensível.

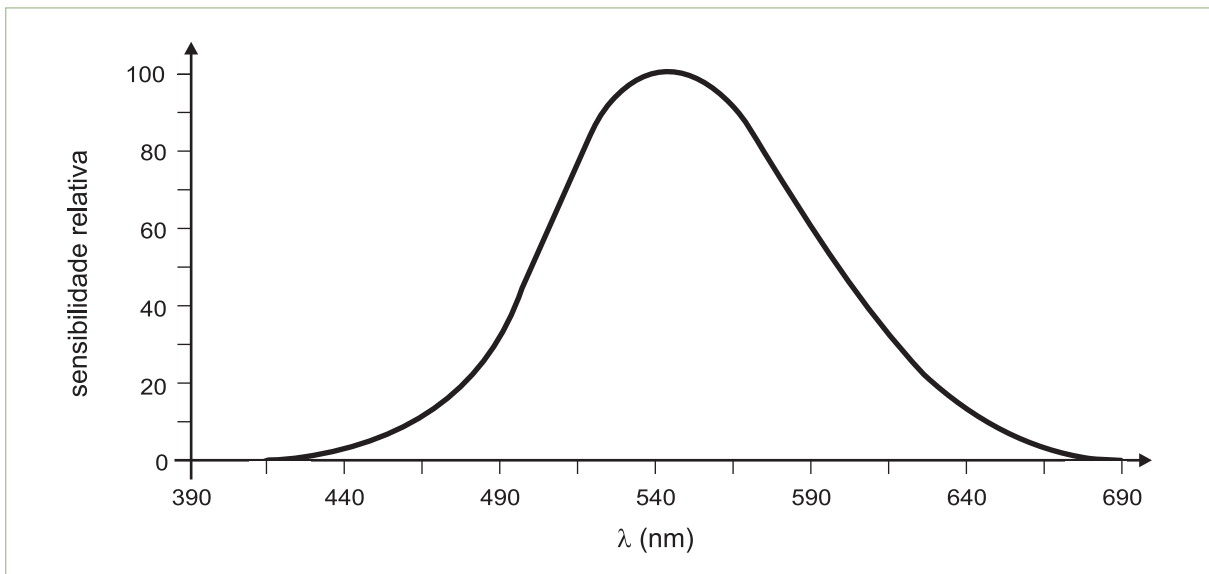


Gráfico – Curva de sensibilidade do olho humano em função dos comprimentos de onda do espectro visível em nm.

COR	Frequência ( $10^{14} \text{ Hz}$ )
Violeta	6,7 a 7,5
Anil	6,0 a 6,7
Azul	5,7 a 6,0
Verde	5,3 a 5,7
Amarelo	5,0 a 5,3
Laranja	4,8 a 5,0
Vermelho	4,0 a 4,8

Tabela – Faixa de frequência correspondente a cada cor.

FIGUEREDO, Anibal; PIETROCOLA, Maurício. *Física, um outro lado: luz e cores*. São Paulo: FTD, 2000.

A solução é obtida por meio da equação  $v = \lambda \cdot f$ . Temos:  $v = c = 3 \cdot 10^8$  m/s (velocidade da luz no vácuo) e, a partir do gráfico, sabemos que o pico de absorção se dá em  $\lambda = 540 \cdot 10^{-9}$  m. Assim, substituindo os valores, temos que  $f = 5,55 \cdot 10^{14}$  Hz, ou seja, a resposta correta é a cor verde.

2. Relembre as cores primárias e os cones em nossa retina, que nos permitem identificar a cor de um objeto ou de uma fonte de luz. Imagine um conjunto de raios de luz formado apenas pelas cores azul, verde e vermelha. Ao atingir nossos olhos, qual será “a cor desta luz”? Agora, imagine que esses raios são utilizados para iluminar uma sala. Aos nossos olhos, qual será a cor de um objeto que era azul quando exposto à luz solar? O que enxergaríamos se um objeto amarelo à luz do Sol fosse exposto apenas ao nosso conjunto de raios?

As luzes vermelha, verde e azul, quando incidem em nossa retina, ativam os cones de modo que o cérebro interpreta como se estivéssemos diante de uma luz branca. Um objeto percebido como azul à luz solar continuará sendo percebido como azul ao ser iluminado por este conjunto de lâmpadas. Isto porque ele tem em sua superfície um pigmento capaz de refletir o componente azul da

luz que o ilumina, presente tanto na luz solar quanto neste conjunto de três cores.

Já o objeto percebido como amarelo quando exposto à luz do sol nos pareceria escuro, quase preto, quando exposto às três cores. Isso porque, neste caso, não há luz amarela para ser refletida.

3. Em um belo dia de sol, ao comprar um vestido, Aline faz um pequeno “alvorço” em uma loja: ela percebe que todo o estabelecimento é iluminado com lâmpadas fluorescentes, e pede à vendedora que leve o vestido para fora da loja. A vendedora acha que é uma bobagem, que não fará diferença alguma. Aline insiste e diz que só efetuará a compra após levar o vestido para ser visto sob a luz solar. Explique se, fisicamente, Aline está certa ou não de fazer tal exigência.

Aline está certa, pois queria ver as cores do vestido à luz do dia. Isso porque a iluminação fluorescente emite predominantemente frequências mais altas, acentuando, por exemplo, as cores azuladas e “apagando” as avermelhadas. Ou seja, numa situação como esta, as cores do vestido dentro da loja irão parecer bem diferentes quando expostas à luz solar.

4. Imagine que uma embaixada estivesse organizando uma recepção para o embaixador da Bélgica em um grande salão iluminado por várias lâmpadas no teto. Na última hora, percebeu-se que um funcionário cometeu um terrível engano, colocando em destaque a bandeira da Romênia (Figura A), e não tinha mais tempo para arrancar a bandeira correta (Figura B). Usando apenas folhas de várias cores de papel celofane,

ne, o que a embaixada poderia fazer para remediar esta situação?

*Para que a bandeira da Romênia fique idêntica à da Bélgica, será preciso iluminá-la apenas com luz amarela e vermelha. Assim, a listra azul não irá refletir cor alguma, sendo então percebida como preta.*



Figura A – Bandeira da Romênia.



Figura B – Bandeira da Bélgica.

## PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo das Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno é fazer os estudantes compreenderem o processo de percepção das cores por meio do entendimento das propriedades ondulatórias da luz.

Assim, aos poucos, o modelo eletromagnético da luz vai sendo inserido, culminando na ideia de associar cada cor com uma determinada frequência de luz. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos seis devem ser garantidas para a continuidade do estudo:

1. Diferenciar a mistura de pigmentos da mistura de luzes coloridas.
2. Identificar a luz branca como luz policromática.
3. Compreender o sistema de percepção de cores pelo olho humano por meio das três cores primárias (vermelho, verde e azul).
4. Associar cada uma das cores a uma determinada faixa de frequência da onda eletromagnética.
5. Compreender os processos de reflexão seletiva e dispersão da luz por um prisma.

6. Identificar e avaliar o uso adequado de fontes de iluminação em ambientes do cotidiano.

Caso estas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos três estratégias para recuperação:

Desenvolvimento de uma atividade experimental: o aluno deverá refazer a atividade presente na Situação de Aprendizagem 1, contudo explicando agora fisicamente o que está ocorrendo.

Seleção de questões: selecione pelo menos três questões propostas em cada um dos temas anteriores e as refaça com os alunos que apresentaram dificuldades.

Se achar conveniente, faça uma lista de questões/exercícios semelhantes, que podem ser facilmente obtidos em livros didáticos ou na internet.

Pesquisa sobre diferentes tipos de lâmpadas e técnicas de iluminação de ambientes: peça ao aluno que elabore uma pesquisa sobre o funcionamento de diferentes tipos de lâmpadas, contendo seus dados técnicos, aplicações etc. Ele deverá também relacionar o uso das lâmpadas em diversos ambientes diferentes (como lojas, hospitais, galerias de arte, apartamentos ou escolas), discutindo a importância da iluminação na hora de compor um ambiente.

## TEMA 2 – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS E TRANSMISSÕES ELETROMAGNÉTICAS

As ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. Como visto nas aulas anteriores, enxergamos o mundo por meio de algumas destas ondas, a luz. Além disso, a imensa maioria dos equipamentos elétricos que nos cercam têm seu funcionamento baseado em sua existência. Qualquer aparelho sem fio só pode transmitir energia e informação por meio de ondas eletromagnéticas. Desta forma funcionam os telefones celulares, os satélites de comunicação, os rádios etc.

Neste tema, iremos aprofundar o estudo das ondas eletromagnéticas, compreendendo sua propagação e detecção. Além de discutir o espectro eletromagnético, os alunos deverão reconhecer a evolução dos equipamentos que têm seu funcionamento baseado nessas ondas, percebendo as influências sociais, econômicas e culturais envolvidas nas mudanças.

Em decorrência de suas características ondulatórias, como amplitude, comprimento de onda e frequência, os alunos deverão situar, no espectro eletromagnético, os diferentes tipos de onda, bem como suas aplicações. Por fim, deverão ser capazes de reconhecer mudanças na velocidade de transmissão e capacidade de armazenamento de informações por meios eletromagnéticos.

As Situações de Aprendizagem propostas para este tema trazem, em sua maioria, atividades experimentais e resolução de problemas que procuram desenvolver competências como: ler, interpretar e executar um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve fenômenos de produção, captação e bloqueio de ondas eletromagnéticas; identificar as situações

do cotidiano que envolvem conhecimentos físicos estudados nas atividades realizadas; elaborar esquema que representa a “linha de frequência” identificada pela frequência de aparelhos tecnológicos do cotidiano; associar as características do espectro eletromagnético com o funcionamento dos equipamentos de telecomunicação; associar a evolução nos meios de comunicação ao papel dos equipamentos de telecomunicação na sociedade moderna; redigir um texto com a utilização de linguagem e conceitos científicos corretamente, identificando as possíveis influências culturais, sociais e econômicas que os aparelhos de comunicação tiveram e ainda têm; elaborar esquemas que representam evolução dos meios de comunicação utilizando linha do tempo; avaliar os benefícios e os malefícios do uso de aparelhos de comunicação.

Para aprofundar a compreensão das ondas eletromagnéticas, serão realizadas atividades experimentais simples, que permitem utilizar o modelo de propagação das ondas eletromagnéticas e entender o princípio básico do funcionamento de uma série de aparelhos eletrônicos. Para que os alunos aprofundem o estudo deste tema, deverá ser realizada uma pesquisa sobre o espectro eletromagnético, associando-o aos diferentes aparelhos eletrônicos.

Por fim, pede-se a construção de uma linha do tempo, a fim de situar historicamente a evolução dos meios de comunicação e da velocidade de transmissão de informação, bem como avaliar seus impactos na sociedade.

Em todas as Situações de Aprendizagem propostas para este tema, enfatiza-se a ação do aluno e propõe-se a produção de trabalhos

concretos, seguindo uma série de etapas nas quais o professor tenha condições de acompanhar não apenas a participação dos estudantes, mas também o nível de compreensão conceitual e as habilidades e competências

envolvidas. Entre os tipos de produção solicitados aos estudantes, estão a realização de pesquisas, a elaboração de relatórios-síntese, a exposição oral, a participação em discussões, entre outras.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 FAZENDO ONDA... BLOQUEANDO ONDA

Ainda que extensamente presente no cotidiano, a imensa maioria dos alunos não compreende como uma onda eletromagnética é produzida, tampouco sabe como as informações são transmitidas e captadas pelos

aparelhos eletrônicos que os cercam. Assim, o objetivo desta Situação de Aprendizagem é fazer os alunos perceberem e interpretar por meio de fenômenos eletromagnéticos a propagação de “algo” entre dois dispositivos.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**Conteúdos e temas:** situações, fenômenos e processos que envolvam ondas eletromagnéticas; propagação de ondas eletromagnéticas; emissão e detecção de ondas eletromagnéticas.

**Competências e habilidades:** ler, interpretar e executar um roteiro de atividade experimental; elaborar hipóteses e interpretar resultados de situação experimental que envolve fenômenos de produção, captação e bloqueio de ondas eletromagnéticas; elaborar comunicação escrita e relatar oralmente resultados de experimentos qualitativos sobre ondas eletromagnéticas; identificar no cotidiano as situações que envolvem conhecimentos físicos estudados nas atividades realizadas.

**Estratégias:** atividade experimental acompanhada de questões que problematizam as observações experimentais; proposta de síntese da observação e ampliação do conhecimento com identificação do fenômeno no cotidiano; discussão e sistematização em pequenos/grandes grupos; apresentação oral de texto redigidos em grupo.

**Recursos:** roteiro da Situação de Aprendizagem visando à realização do experimento e material experimental descrito no roteiro.

**Avaliação:** a execução das experiências propostas; respostas às questões contidas no roteiro; redação e apresentação de pequenos textos sobre a produção e captação de ondas eletromagnéticas no cotidiano; a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades; seu envolvimento e sua compreensão dos procedimentos e conceitos físicos envolvidos nas atividades.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Esta Situação de Aprendizagem está dividida em duas partes: a primeira contém a atividade Fazendo onda, e a segunda, a atividade Bloqueando onda. É preciso ressaltar que experiências semelhantes foram propostas na 8ª série. Contudo, neste Caderno, por ser

dirigido ao Ensino Médio, a abordagem é diferente e os conceitos físicos são trabalhados de maneira mais profunda, visto que são discutidas a produção e as propriedades de propagação e interação da onda eletromagnética com a matéria.

### Roteiro 5.1 – Fazendo onda

Nas Situações de Aprendizagem anteriores foi bastante comum o uso do termo “luz visível”. Por que a luz ganha esse nome? Será que existe luz invisível? Como você já sabe, a luz é uma onda eletromagnética. Será que existem ondas que não são percebidas por nós? O que são elas? O que elas podem fazer?

Para responder a estas e outras perguntas, você deverá realizar o experimento aqui descrito.

### Materiais

Uma moeda; bateria de 9 v; rádio AM.

### Mãos à obra!

1. Ligue o rádio e coloque-o em uma “estação vazia”, ou seja, não sintonize nenhuma frequência ocupada por qualquer estação. Você deverá ouvir o chiado típico desta situação.
2. Aproxime-se do rádio e apenas encoste a moeda nos terminais da bateria, “fechando um circuito”.
3. Note que, ao fazer isso, é possível ouvir no rádio um pequeno estalo. Você acaba de produzir uma onda eletromagnética.

4. Repita esta operação inúmeras vezes.
5. Preste atenção e verifique se ocorre também um pequeno estalo quando a moeda é separada da pilha, isto é, quando se “abre o circuito”.
6. Outra possibilidade é aproximar o rádio de um interruptor, quando a luz ambiente estiver sendo acesa ou apagada.

Agora, responda:

- a) Onde e como se formou a onda eletromagnética?
- b) Por que o rádio deu um pequeno estalo? Por que ocorre o estalo quando fechamos e abrimos o circuito?
- c) Identifique em seu cotidiano situações em que você produz ondas eletromagnéticas. Elabore um pequeno texto explicando como cada uma destas ondas é produzida.



Figura 14 – Fazendo onda: bateria 9 v e moeda.

## Encaminhando a ação

Proponha a realização da experiência em grupos de alunos. O objetivo desta atividade é aprofundar o conceito de onda eletromagnética, iniciado nas aulas anteriores. A ideia é fazer com que os alunos percebam que “algo” sai do sistema pilha-moeda e, ainda que não o vejamos, pode ser captado pelo rádio.

Peça aos alunos que encostem a moeda em apenas um dos polos e faça-os notar que nada acontece. Com isso, remeta-se à ideia de que uma carga acelerada emite uma onda eletromagnética. Por isso, é necessário encostar nos dois terminais, a fim de fechar o circuito causando assim um movimento de cargas elétricas no interior da bateria e, conseqüentemente, a geração e propagação de uma onda eletromagnética no espaço. O mesmo ocorre quando o circuito é interrompido, visto que agora há uma desaceleração das cargas elétricas.

Cabe à antena dos aparelhos fazer a emissão e captação destas ondas (no caso do experimento 5.1 a antena do rádio só recebe a onda gerada pelo curto-circuito na bateria). Neste momento, pode-se, então, falar de como estamos imersos em um mundo repleto de on-

das eletromagnéticas que não somos capazes de perceber.

Após esta discussão, peça aos alunos que identifiquem situações do cotidiano em que eles produzem ondas eletromagnéticas (questão 3). Peça para que cada grupo leia para a classe o pequeno texto que elaboraram sobre a produção de ondas no cotidiano. Espera-se que as respostas a esta questão envolvam situações nas quais os alunos ligam ou desligam um aparelho elétrico. A ideia é fazê-los perceber que, ao fazer isto, eles estão gerando ondas eletromagnéticas. Muitas vezes, quando se está ao telefone, e ele se encontra bem próximo de um liquidificador, pode-se ouvir um “estalo” quando o eletrodoméstico é ligado ou desligado. Assim, é possível que os alunos relacionem tal fato com o que ouviram no rádio ao fechar o curto-circuito na bateria. As explicações para isso devem ser dadas em termos de produção, transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas. Entretanto, ao discutir as respostas com os alunos, é preciso ressaltar que, neste caso, na verdade, são gerados pulsos desordenados de onda, semelhantes a um “ruído” de uma onda sonora, como visto no Caderno do volume 3. Se quiser, faça uma analogia com “ruído” do som.

### Roteiro 5.2 – Bloqueando onda...

Vimos que uma onda eletromagnética sai de um sistema (bateria) e chega a outro (rádio). Será que, de alguma forma, podemos interferir nesta transmissão, bloqueando sua captação? Como isso é possível? Para responder a estas e outras perguntas, você deverá realizar o experimento descrito a seguir.

#### Materiais

Dois telefones celulares; papel alumínio (pode ser um marmitex); radinho de pilha.



Fig. 15 – Bloqueando a onda: celular enrolado no papel alumínio.

© Fernando Favoretto



**Mãos à obra!**

1. Com a permissão de seu professor, ligue para o celular de algum amigo de sua classe. É preciso que todos tenham ouvido a chamada claramente. Por que é exatamente o telefone dele que toca e não outro?
2. Em seguida, enrole o celular de seu amigo no papel alumínio e ligue novamente para ele. Nesta situação não se ouve mais o som de ligação. O que você acha que aconteceu? Levante hipóteses.
3. Agora, sintonize uma estação no radinho de pilha. A seguir, cubra-o com papel alumínio. Observe e responda o que aconteceu. Você viu que tanto o celular quanto o rádio “não funcionam” quando embrulhados no papel alumínio. Os dois aparelhos são idênticos? Quais são suas semelhanças e diferenças?
4. Em quais situações do dia a dia que você observa fenômenos semelhantes a esses?
5. Para sistematizar o que foi aprendido, redija um pequeno texto explicando como ocorrem a produção e a captação de ondas eletromagnéticas nos seguintes casos:
  - a) na transmissão do “estalo” entre a bateria e o rádio, como feito no experimento 1;
  - b) na transmissão de uma música, entre a estação de rádio e seu aparelho. Além disto, explique, com suas palavras, o que ocorre quando se bloqueia a recepção de uma onda eletromagnética.

**Encaminhando a ação**

Trata-se de um experimento bastante simples e com um apelo muito forte entre os alunos. Certifique-se de que tudo dará certo fazendo os testes previamente. A experiência também pode ser realizada com latas de achocolatado. Caso queira aprofundar um pouco mais o assunto, use outros materiais para blindar, como plástico ou vidro.

Peça a cada grupo que leia para a classe o texto redigido para a questão 5 do roteiro 5.2. Os alunos sempre trazem à tona discussões sobre como evitar que celulares funcionem nos presídios. Assim, caso queira tornar a aula mais rica, procure nos *sites* de grandes jornais matérias sobre o assunto e leve-as para a sala.

Com tudo isto, pode-se aprofundar ainda mais o conceito de onda eletromagnética, discutindo suas diferentes interações com os mais diversos materiais.

A explicação mais adequada para o bloqueio das ondas eletromagnéticas observado nas experiências anteriores é em termos da Gaiola de Faraday. A ideia fundamental é que os elétrons que constituem um material condutor, ao captarem uma onda eletromagnética, interagem com esta e passam a gerar uma nova configuração de seus campos eletromagnéticos, que acaba por minimizar ou mesmo anular a onda que fluiria pelo metal. Desta forma, uma superfície condutora funciona como uma blindagem às ondas eletromagnéticas. A eficiência dessa blindagem depende do comprimento de onda da onda eletromagnética.

Como os campos elétricos e magnéticos serão trabalhados de maneira aprofundada somente na 3ª série do Ensino Médio, pode-se retomar o modelo usado no bimestre passado para explicar aos alunos a absorção e a reflexão da luz/das cores. A ideia é dizer que os elétrons da superfície do papel alumínio passam a vibrar

ao captar a onda eletromagnética de forma tal que eles reemitem uma parte e absorvem outra, assim nada é transmitido por meio dele.

Quanto ao bloqueio de telefones celulares, assunto extensamente veiculado na mídia após a disseminação ilegal de telefones celulares nos presídios, é preciso apenas um aparelho que transmita na frequência correta. Um aparelho bloqueador, como os que são usados em alguns presídios no país, emite ondas eletromagnéticas na mesma frequência que a do telefone celular, mas com uma potência suficiente para que as duas ondas se encontrem e se anulem. Assim, retome o conceito de interferência trabalhado no bimestre anterior para sistematizar a explicação.

Na sequência, questione o que ocorre quando um telefone chama outro. Por que somente aquele cujo número foi discado toca? Por meio de uma explicação semiclássica, você pode retomar a ideia de ressonância trabalhada no bimestre anterior. O mesmo fenômeno ocorre quando sintonizamos um rádio. Por que ouvimos uma estação e não outra? A ideia é colocar em evidência a frequência da onda eletromagnética, discutindo as relações entre o emissor e seu receptor.

Aos poucos, pode-se ir aprofundando o modelo ondulatório da luz, apresentando os diversos tipos de onda eletromagnética. Retome a equação  $v = \lambda \cdot f$ , vista no contexto das ondas mecânicas, no estudo do som no bimestre passado. Ressalte que, neste caso, o  $v$  é a

velocidade da luz ( $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, no vácuo) e que as ondas eletromagnéticas, diferentemente das ondas mecânicas, propagam-se sem o auxílio de um meio material. Por isto a luz do Sol é capaz de chegar até a Terra, atravessando o vácuo espacial.

Faça o fechamento da Situação de Aprendizagem, encaminhando a discussão para o espectro eletromagnético. Ou seja, existem infinitos tipos de ondas eletromagnéticas, cuja diferença pode ser dada por meio de suas frequências. Dependendo da frequência, muda o tipo de onda e a maneira como as percebemos. Este assunto está presente na maioria dos livros didáticos. Faça uso daquele que achar melhor para preparar as discussões.

Na aula seguinte, os alunos deverão fazer uma pesquisa sobre o espectro eletromagnético e o funcionamento de diferentes tipos de aparelhos eletrônicos. Leia-a com antecedência para adequá-la à sua realidade. Caso ache conveniente, peça antecipadamente que a façam em casa e trabalhe com eles o resultado. Discuta com os alunos a troca de papel alumínio por papel comum ou por celofane transparente e peça que repitam essa experiência com o controle remoto da TV. Pode-se, então, discutir as propriedades de radiotransparência diferentes para a radiofrequência do celular e a infravermelho do controle de TV. Este último tem radiotransparência comparável à da luz visível: retida pelo papel mas não pelo celofane! Isto já facilita a introdução do espectro eletromagnético a seguir.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

A presente Situação de Aprendizagem visa trabalhar o processo de transmissão de informações a longas distâncias. Propõem-se pesquisas onde os alunos deverão coletar informações de diferentes dispositivos eletrônicos de comunicação, a fim de discutir

a transmissão e a captação das ondas eletromagnéticas. Esta atividade propicia uma contextualização excelente para aprofundar o estudo das ondas eletromagnéticas e iniciar o estudo da transmissão de informações a longas distâncias.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**Conteúdos e temas:** caracterização do espectro eletromagnético; princípio de funcionamento de equipamentos de telecomunicação.

**Competências e habilidades:** elaborar esquema que representa a “linha de frequência” dos aparelhos de uso cotidiano; associar as características do espectro eletromagnético com o funcionamento dos equipamentos de telecomunicação; utilizar adequadamente fontes de pesquisa como bibliotecas, enciclopédias e internet; redigir síntese de pesquisas.

**Estratégias:** proposição de roteiro de atividades em grupo; discussões coletivas com a classe; realização de pesquisa em grupo com uso de várias fontes de pesquisa; exposição e socialização dos produtos das pesquisas.

**Recurso:** roteiro da Situação de Aprendizagem 6.

**Avaliação:** a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades; seu envolvimento na solução das questões apresentadas; sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos nas atividades; os textos elaborados em grupo, analisando a redação e a compreensão dos alunos sobre os equipamentos de telecomunicação.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Separe seus alunos em grupos para a realização desta atividade. O objetivo é que eles façam uma apresentação do resultado de suas pesquisas na aula. Peça que construam a “linha de frequência” (indicada no roteiro 6) antecipadamente para que possam ser expostas na classe. Para isto, é necessário que o roteiro 6 seja discutido e entregue com certa antecedência.

Os mais variados tipos de aparelhos eletrônicos podem ser pesquisados, a lista que deverá ser produzida pelos alunos pode conter:

telefones celulares e sem fio, transmissões de TV, redes sem fio, GPS, fornos de micro-ondas, rádios da polícia, portões automáticos de garagem etc. Hoje é bastante comum termos aparelhos com *Bluetooth*, *Wi-Fi*, *wireless* etc. A tecnologia sem fio torna-se realidade cada vez mais rápido. Assim, é importante que os alunos possam entendê-las e interpretá-las em termos de recepção de ondas eletromagnéticas. As características ondulatórias, como frequência e comprimento de onda, surgem para trazer a compreensão do que ocorre nestes equipamentos.

### Roteiro 6 – O espectro eletromagnético

Hoje em dia, transmitimos facilmente músicas, fotos, vídeos e até conversas de um canto ao outro do mundo, por meio das ondas eletromagnéticas. Embora não sejamos capazes de enxergar estas ondas, toda a tecnologia atual faz uso dessas “redes sem fio”, que têm seu funcionamento baseado nestas ondas invisíveis.

No volume 3, vimos que a luz é uma onda eletromagnética. Então, o que difere um celular de uma lanterna? E de um rádio? Por que será que podemos mudar o canal de uma TV usando um controle remoto, mas não podemos usar uma lanterna para isso? Ou seja: o que estas ondas têm de semelhante e o que têm de diferentes? Para responder a estas perguntas, inicialmente, você deverá fazer uma pesquisa que contemple os seguintes itens:

1. Liste 15 aparelhos presentes no dia a dia que dependem das ondas eletromagnéticas para funcionar.
2. Encontre a faixa de frequência de funcionamento destes aparelhos.

3. Organize em uma “linha de frequências” os aparelhos pesquisados e suas respectivas frequências, conforme o exemplo abaixo.
4. Enumere os tipos de controle remoto que conhece ou utiliza, como o da TV, porta de garagem, chave de carro e investigue a faixa de frequência que cada um deles utiliza.
5. O que difere um celular de um rádio? E um rádio de uma lanterna? Levante hipóteses.
6. O que significa AM e FM?
7. Você sabe que é possível enviar dados, imagens e sons de um dispositivo eletrônico para outro. Como será que isto ocorre quando existem fios ligando os aparelhos? E quando os fios não existem? Levante hipóteses.

Para responder às questões acima, pesquise em livros, enciclopédias, na internet etc. Você deverá elaborar uma síntese de sua pesquisa e apresentá-la para o professor, indicando as fontes que utilizou para realizá-la.

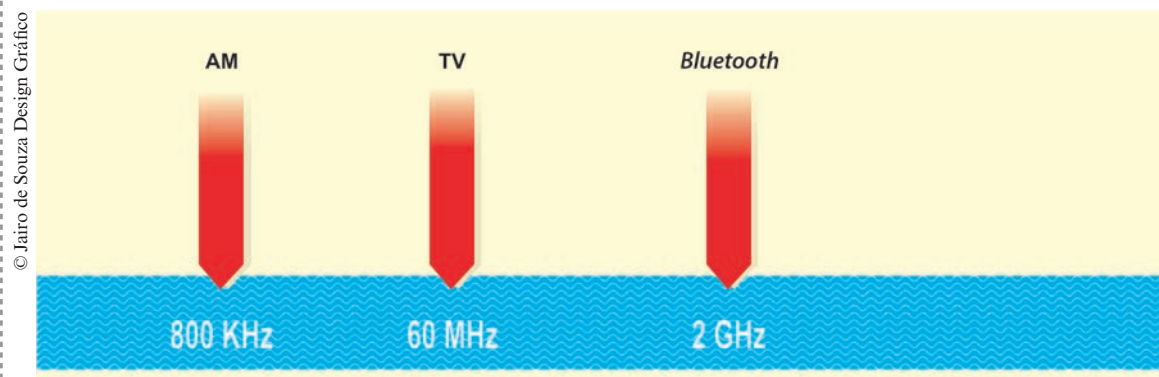


Figura 16 – Linha de frequências.

## Encaminhando a ação

Estamos “imersos” em ondas eletromagnéticas transmitidas pela TV, por rádio AM e FM, conversas por celular, dados em redes *Wi-Fi*, etc. Cada uma destas ondas possui frequências diferentes, de modo que os sinais podem ser todos separados. Como foi visto na Situação de Aprendizagem 5, pode-se facilmente transmitir ruído. *Mas e para transmitir dados, músicas e imagens?* Numa onda desordenada, como o estalo ouvido no rádio, nenhuma informação pode ser transmitida. Para que haja transmissão de informações, como áudio ou vídeo, utilizam-se ondas senoidais.

Inicialmente, uma informação é transformada em corrente elétrica pelo dispositivo que irá transmiti-la. Contudo, estas correntes elétricas têm frequências muito baixas e, por isto, não são apropriadas para serem transmitidas a longas distâncias. Assim, ondas eletromagnéticas de alta frequência “carregam” a informação codificada nestas correntes elétricas. Tais ondas são chamadas de ondas portadoras, e é a sua frequência que sintonizamos quando ouvimos uma determinada estação de rádio.

Por exemplo, na Figura 17a) temos a representação de uma onda sonora já transformada em sinal elétrico. Na Figura 17b) temos uma onda senoidal, que será a que irá “carregar” o sinal elétrico gerado pela onda sonora. Assim, quando se ouve uma transmissão de rádio FM, 98,6 MHz por exemplo, significa que um transmissor gerou uma onda senoidal exatamente com esta frequência. O mesmo ocorre com as

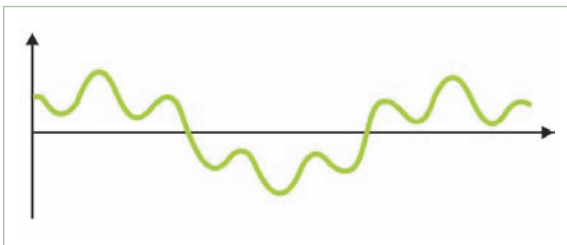


Figura 17a – Onda sonora.

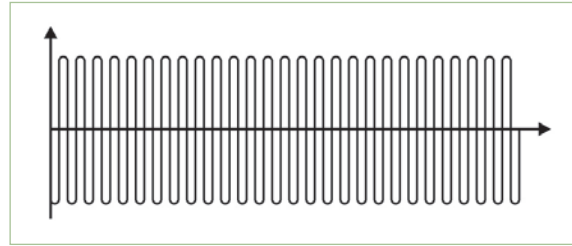


Figura 17 b – Sua onda portadora.

transmissões AM, UHF, VHF, etc. Além disso, o uso das ondas senoidais permite que uma grande quantidade de aparelhos use as mesmas faixas de frequência ao mesmo tempo.

É interessante discutir com os alunos o significado dos termos AM e FM (ver Figura 18a e 18b). Para que uma onda senoidal contenha informação é necessário modulá-la. Este processo produz alterações na amplitude ou na frequência da onda portadora, de modo a torná-la idêntica à das correntes elétricas que representam as informações transmitidas. E as duas formas mais comuns de modulação são justamente a AM (amplitude modulada) e FM (frequência modulada).

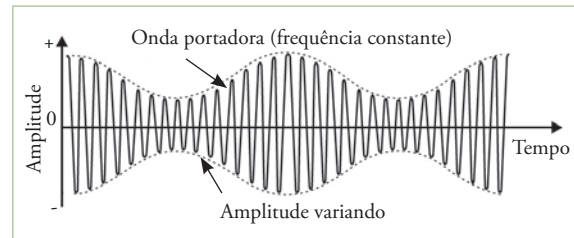


Figura 18a – AM (amplitude modulada).

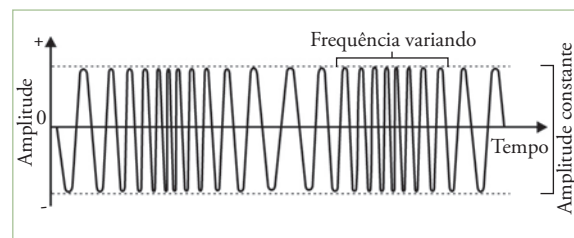


Figura 18b – FM (frequência modulada).

Fonte gráficos: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*. Eletromagnetismo. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>

A ideia aqui é mostrar que, basicamente, nos dispositivos eletrônicos de comunicação existem transmissores e receptores (simultaneamente ou não). O princípio fundamental é que uma determinada informação (como o som da voz de alguém, imagens de um programa de TV ou uma música) é codificada e transmitida por meio de ondas eletromagnéticas pelo transmissor. O receptor recebe estas ondas e decodifica as informações recebidas.

Neste processo, os dois dispositivos utilizam antenas para transmitir e captar as ondas eletromagnéticas. Desta maneira, um celular é simplesmente um rádio mais sofisticado, já que possui um transmissor e um receptor que podem funcionar simultaneamente. Ele capta centenas de frequências diferentes e pode, automaticamente, mudar de uma para outra.

Com a energia que estas ondas eletromagnéticas transportam, elas são capazes de fazer os elétrons das antenas que as recebem passarem a oscilar, gerando assim uma corrente elétrica, que varia na mesma frequência da onda.

Sintonizar um rádio, TV ou celular significa permitir que os elétrons de suas antenas oscilem na frequência exata da onda eletromagnética portadora da informação. Somente quando isso ocorre o sinal enviado pela estação pode ser captado, permitindo assim a decodificação da informação tornando-a acessível.

É por isso que uma ligação de celular “aciona” somente um determinado aparelho

telefônico, visto que os elétrons de sua antena, juntamente com seus circuitos internos, estão “aptos” a vibrar somente em uma frequência bem determinada. Por isso, somente o celular para o qual você está ligando toca.

Da mesma forma, não se pode controlar uma TV com uma lanterna, ainda que a luz seja uma onda eletromagnética, sua frequência não corresponde à frequência de oscilação do circuito eletrônico presente no aparelho de TV.

Após esta discussão, se possível, apresente aos alunos a faixa de frequências disposta no site da Anatel (disponível em: Anatel <<http://sistemas.anatel.gov.br/pdf/Consulta/Consulta.asp?SISQSmodulo=1068>>). Neste endereço também é possível encontrar a distribuição das faixas de frequência das ondas de rádio no Brasil. Caso ache conveniente, você pode pedir aos alunos que montem um espectro da radiodifusão com base nas informações retiradas do *site*. Na internet existem disponíveis inúmeras figuras de espectros com suas faixas de frequência e os respectivos aparelhos eletrônicos, bem como as diferentes interações radiação-matéria.

O objetivo aqui é fazer os alunos perceberem que a compreensão do espectro eletromagnético é essencial para o entendimento do mundo em que vivemos. Em termos de interação, ressalte que captamos muito pouco do espectro eletromagnético com nossos sensores naturais.

É interessante iniciar a sistematização desta atividade por meio do que podemos enxergar. A faixa do visível é bem pequena,

e todo um universo fica invisível para nós. Assim, diferentes espécies se relacionam de maneira diferente com o mesmo mundo, de acordo com os sensores que possuem. Cite exemplos de diversos animais, como a cobra, que capta o infravermelho e, assim, diferentemente de nós, ela “enxerga” pelo calor. Somos capazes de senti-lo na pele, mas não podemos vê-lo.

Contudo, o ser humano é capaz de criar sensores que podem “ver” aquilo que normalmente não podemos enxergar<sup>6</sup>. A ideia aqui é justamente discutir com os alunos a capacidade da Ciência de ampliar os horizontes daquilo que podemos conhecer. Sugira que os alunos investiguem com base na radiotransparência de cada um, os diferentes controles remotos conhecidos (de TV, som, porta de garagem e porta de carro) e que discutam a razão das diferentes radiações. Por exemplo, porque o da TV usa infravermelho.

Assim, as discussões podem ser feitas em termos de interação com o universo e também servem para evidenciar diferentes relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e

Ambiente. Ainda que o assunto seja tratado posteriormente, aqui os alunos já podem vislumbrar os avanços no campo da Física Médica, no combate a diferentes doenças. Da mesma forma, os efeitos nocivos da radiação surgem, explicitando a complexa e intrincada relação entre estas áreas. Com isso, possibilita-se que os alunos trabalhem sua capacidade de tomar decisões e se posicionem de maneira crítica com relação às novas tecnologias.

É fácil perceber que se trata de um tema bastante rico e que pode propiciar aulas bastante instigantes. Revistas de divulgação, diferentes *sites*, bem como diversos livros didáticos trazem uma infinidade de materiais que podem auxiliá-lo no preparo e na condução destas aulas. Utilize os recursos que julgar necessários para subsidiá-lo.

Na Situação de Aprendizagem 7, os alunos deverão elaborar uma linha do tempo que represente a evolução dos diferentes meios e da velocidade de transmissão de informações. Para isto, recomende o trabalho com o roteiro 7 antecipadamente.

## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7 EVOLUINDO CADA VEZ MAIS...

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é fazer os alunos situarem historicamente e reconhecerem a evolução dos meios e da ve-

locidade de transmissão de informações, além de avaliarem seus impactos sociais, econômicos e culturais.

<sup>6</sup> Caso queira enriquecer esta parte inicial, é possível encontrar na internet uma série de vídeos que fazem uso de câmeras que captam o infravermelho, possibilitando que enxerguemos no escuro.

**Tempo previsto:** 2 aulas.

**Conteúdos e temas:** evolução dos meios de comunicação; história da técnica e da tecnologia ligada à comunicação.

**Competências e habilidades:** associar a evolução dos meios de comunicação ao papel dos equipamentos de telecomunicação na sociedade moderna; redigir, utilizando linguagem e conceitos científicos corretamente, um texto identificando as possíveis influências culturais, sociais e econômicas que os aparelhos de comunicação tiveram e ainda têm; elaborar esquemas que representem a evolução dos meios de comunicação utilizando uma linha do tempo; avaliar os benefícios e os malefícios do uso de aparelhos de comunicação.

**Estratégias:** leitura do roteiro de atividades; discussão, em grupo, das questões propostas; elaboração de esquemas gráficos representativos; redação de textos em grupo; discussão e sistematização com a classe.

**Recurso:** roteiro de Situação de Aprendizagem 7.

**Avaliação:** como elementos de avaliação, podem ser considerados: a variedade e a qualidade das manifestações do aluno durante a realização das atividades em termos de postura em relação aos colegas e ao professor; seu envolvimento na realização e análise das questões propostas no roteiro; sua compreensão dos conceitos físicos envolvidos; a redação de textos sobre a evolução dos equipamentos de telecomunicação e relato sobre ganhos e perdas com a invenção e uso de tais equipamentos; as representações em esquemas gráficos da evolução dos meios de comunicação.

## Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Uma boa forma de iniciar a aula é perguntar aos alunos sobre o uso do telefone celular. Pergunte quantos deles têm, quanto tempo utilizam, como o usam, com qual frequência etc. Muitos alunos chegam a afirmar que não poderiam viver sem ele.

Assim, após esta conversa inicial, separe seus alunos em grupos para a realização da atividade. O objetivo é que eles façam uma

apresentação da linha do tempo que construiram. Para isto, é necessário que o roteiro 7 seja discutido e trabalhado com certa antecedência. Quanto à apresentação, cada grupo poderá mostrar a sua. Ou, então, ajude-os a compor uma linha do tempo da classe. Para isto, faça uma faixa bem longa de papel e coloque em seu centro um eixo do tempo que vai de 1500 até o ano atual. O modelo aqui sugerido tem intervalos de 100 anos, até o ano 2000.



Figura 19 – Modelo sugerido para construção de uma linha do tempo.



Contudo, escolha os intervalos da maneira que achar mais conveniente. Caso tenha tempo, discuta com os alunos e decida com eles o tamanho destes intervalos. A ideia é que, ao final, cada grupo cole na linha do tempo as figuras dos aparelhos encontrados na pesquisa, bem como situações que os envolvam. Além disso, procure anexar à faixa pequenos textos elaborados pelos alunos.

Uma série de equipamentos pode ser pesquisada. É possível traçar uma linha temporal que vai da carta ao *e-mail*, da televisão a válvulas à televisão digital, do disquete ao HD de estado sólido (SSD – sigla para *Solid State Drive*), do *mainframe* ao *macbook air*, do *walkman* ao *ipod*, do telefone ao *skype*... Enfim, há uma infinidade de coisas a serem tratadas. Deve-se ressaltar que os alunos pre-

cisam ir além da evolução tecnológica, buscando considerar as influências econômicas e sociais envolvidas nessa evolução.

ANO	Dispositivo	Capacidade
1973	Disquete	256 kB
1983	CD-ROM	540 MB
1985	CD-ROM	750 MB
1995	DVD	4.7 GB
2005	HD-DVD	54 GB
2007	<i>Time Capsule</i>	1 TB

Tabela 2 – Evolução temporal da capacidade de armazenamento de dados.

### Roteiro 7 – Evoluindo cada vez mais...

Quanto tempo levava uma carta para ir de São Paulo ao Japão em 1950? E em 1980? Imagine como deveria ser a troca e o envio de informações sobre fatos e pessoas distantes na Idade Média. E o telefone? Quando surgiu no Brasil? Era fácil ligar para alguém em 1950? E em 1980? E o celular? Como era o uso do celular na década de 1980? E hoje? Estas perguntas mostram o quanto a tecnologia dos equipamentos eletrônicos avança, mudando hábitos e costumes.

Você deverá construir uma “linha do tempo” capaz de revelar as mudanças e a

evolução de diferentes aparelhos eletrônicos ligados à transmissão de informação. Esta linha deverá conter mudanças dos seguintes elementos: material, *design*, capacidade de armazenamento, velocidade de transmissão e facilidade de acesso às pessoas.

Além dessa “linha do tempo”, você deverá redigir um texto sobre as possíveis influências culturais, sociais e econômicas que tais aparelhos tiveram e ainda têm. Você pode perguntar aos seus familiares “como era no tempo deles”, e também se lembrar das mudanças que, por acaso, tenha vivenciado.

### Encaminhando a ação

A partir da pesquisa e da construção da faixa, peça aos alunos que construam gráficos que traduzam a evolução temporal de aspectos

como velocidade de transmissão ao longo dos anos, capacidade de armazenagem e tamanho. Por exemplo, pegue as informações acerca da capacidade de armazenagem de dados, como representado na Tabela 2, ou da velocidade de

processamento. Estas tabelas podem ser facilmente montadas com informações retiradas da internet. Com isto, é possível plotar tais dados e ver a curva de evolução temporal. O eixo horizontal pode ser o eixo do tempo, com intervalos de cinco anos. No eixo vertical, coloque a velocidade, deixando clara a unidade escolhida.

Caso seja possível, construa o gráfico em um editor de planilhas eletrônicas ou faça-o no papel milimetrado. No caso específico da evolução da capacidade de armazenamento, é preciso tomar cuidado com a escala, pois a variação é brutal, sendo melhor o uso da escala Log-Log.

Ajude os alunos, fazendo-os perceber como esta variação pode ser interpretada pela mudança na curva do gráfico. Procure explorar ao máximo as mais diferentes formas de linguagem que esta atividade propicia.

É importante que os alunos sejam capazes de situar as mudanças que vivenciam e que têm ligação com a tecnologia. Talvez o exemplo mais marcante seja o da telefonia móvel. É fácil perceber que o uso do celular tornou-se um hábito, uma presença constante na vida de centenas de milhões de pessoas no mundo todo. Basta andar em qualquer rua de uma cidade de médio porte para ver a quantidade de pessoas que o utilizam.

O celular passou a ser considerado um objeto imprescindível na vida moderna. Curiosamente, trata-se de um equipamento recente. No Brasil, há cerca de 15 anos seu uso não era tão difundido. Cabe então fazer perguntas do tipo: *Se se trata de algo tão essencial, como as pessoas viviam sem ele? O que se perdeu e ganhou com a telefonia celular?* O interessante aqui é trabalhar as diversas questões envolvidas na

aquisição de uma tecnologia. Neste momento, é interessante propor a cada aluno que escolha um equipamento de comunicação e elabore um texto de reflexão que avalie os ganhos e as perdas com a invenção deste equipamento.

Faça o fechamento do tema com uma reflexão sobre este ponto. Certamente muitos aparelhos proporcionam melhorias na qualidade de vida das pessoas, trazem conforto, segurança etc. Mas, por outro lado, trazem também insegurança, como o medo da exposição à radiação eletromagnética dos celulares e redes de alta-tensão, revelando um dos aspectos negativo do avanço tecnológico. Esta discussão é fundamental para que os alunos possam desenvolver a capacidade de se posicionar de forma crítica perante as mudanças no mundo.

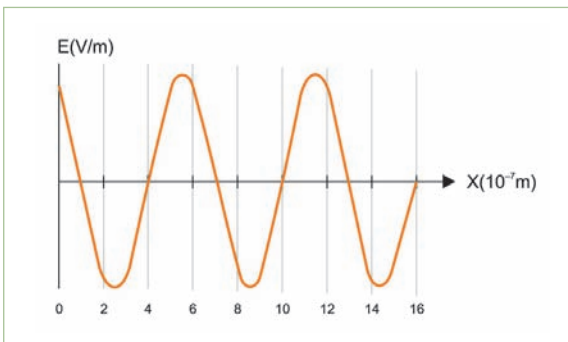
Além disto, faça-os perceber que diversos fatores influenciam na compra de um destes aparelhos. Há uma parcela enorme de propaganda, um forte apelo de reconhecimento dentro de um determinado grupo, uma relação de *status* etc. Enfim, há diversos valores sociais, econômicos e culturais presentes nesta discussão. Assim, incentive os alunos a falar sobre esses aspectos, evitando que foquem nos avanços da tecnologia.

Com a atividade proposta na Situação de Aprendizagem 7, terminamos o estudo das ondas e transmissões eletromagnéticas. Este estudo possibilitará aos alunos compreender que boa parte de nossa interação com o universo pode ser entendida por meio das ondas eletromagnéticas. A partir da compreensão da propagação destas ondas, eles podem entender o funcionamento básico de inúmeros aparelhos eletrônicos presentes em seu cotidiano, bem como refletir sobre as influências que tais tecnologias têm sobre nós.



luz de cor laranja vale, em hertz, aproximadamente:

Gráficos: © Jairo de Souza Design Gráfico



- a) 180  
 b)  $4,0 \cdot 10^{15}$   
 c)  $0,25 \cdot 10^{15}$   
 d)  $2,0 \cdot 10^{15}$   
 e)  $0,5 \cdot 10^{15}$

A partir do gráfico, pode-se constatar que  $\lambda = 6 \cdot 10^{-7} \text{m}$ . Por meio da equação  $v = \lambda \cdot f$  temos que:  $3 \cdot 10^8 = (6 \cdot 10^{-7}) \cdot f$ .

Logo,  $f = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ .

3. Quais são as semelhanças e diferenças entre a luz visível e as ondas de rádio?

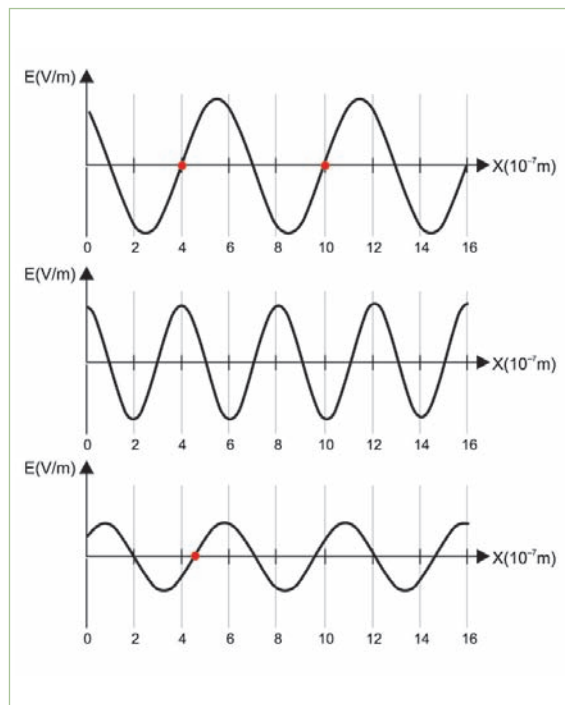
*Semelhanças: são ondas eletromagnéticas; são geradas e absorvidas por cargas oscilantes; propagam-se no vácuo com a mesma velocidade (c).*

*Diferenças: possuem frequências e comprimentos de onda diferentes.*

4. O que você pode dizer sobre a frequência de uma onda eletromagnética em comparação com a oscilação dos elétrons de uma antena que a capta?

*No modelo aqui apresentado, se a onda eletromagnética está sendo captada, isso significa que a frequência de oscilação dos elétrons da antena é exatamente a mesma frequência da onda portadora.*

5. (Vunesp-2002) Cada figura seguinte representa, num dado instante, o valor (em escala arbitrária) do campo elétrico E associado a uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo ao longo do eixo x, correspondente a uma determinada cor. As cores representadas são violeta, verde e laranja, não necessariamente nesta ordem. Sabe-se que a frequência da luz violeta é a mais alta dentre as três cores, enquanto a da luz laranja é a mais baixa. Identifique a alternativa que associa corretamente, na ordem de cima para baixo, cada cor com sua respectiva representação gráfica:



- a) laranja, violeta, verde
- b) violeta, verde, laranja
- c) laranja, verde, violeta
- d) violeta, laranja, verde
- e) verde, laranja, violeta

*A partir do gráfico podemos determinar os comprimentos de onda.*

*Como são ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo, elas têm a mesma velocidade.*

*Assim, quanto maior for o comprimento de onda, menor será a frequência.*

## PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

As Situações de Aprendizagem presentes neste Caderno se referem ao uso do modelo eletromagnético para a compreensão da luz e do funcionamento de diversos aparelhos eletrônicos presentes na vida dos alunos. O principal objetivo é discutir aspectos fenomenológicos das ondas eletromagnéticas, fazendo os estudantes associarem os diferentes tipos de radiação às frequências das ondas. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos quatro devem ser garantidas para a continuidade do estudo:

1. Caracterizar ondas eletromagnéticas por meio de conceitos como comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação.
2. Compreender aspectos fenomenológicos envolvidos em sua geração, propagação e detecção.
3. Associar as características ondulatórias da luz para estabelecer e compreender o espectro eletromagnético.
4. Situar historicamente e reconhecer a evolução dos meios de comunicação e da veloci-

dade de transmissão de informações, além de avaliar seus impactos sociais, econômicos, ambientais ou culturais.

Caso estas habilidades não tenham sido obtidas pelos estudantes, sugerimos três estratégias para recuperação:

- ▶ Desenvolvimento de uma atividade experimental: o aluno deverá refazer os experimentos dispostos no roteiro 5, redigindo um relatório que sintetize suas observações e o que aprendeu.
- ▶ Seleção de questões: selecione pelo menos três questões propostas em cada um dos temas acima e refaça-as com os alunos em dificuldade. Se achar conveniente, faça uma lista de questões/exercícios semelhantes, que podem ser facilmente obtidos em livros didáticos ou na internet.
- ▶ Pesquisa sobre a evolução do modelo eletromagnético da luz: peça ao aluno que elabore uma pesquisa sobre a evolução histórica dos modelos de representação da luz.

## RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

### Livros

Os livros sugeridos a seguir fornecem um tratamento diferenciado da maioria dos livros didáticos de partes específicas aos temas propostos neste Caderno. Também, fornecem subsídios para o aprofundamento conceitual, o que pode auxiliá-lo na elaboração e no planejamento das aulas.

BARTHEM, Ricardo. *A luz*. São Paulo: Ed Livraria da Física/SBF, 2004 (Coleção Temas Atuais de Física).

DORIA, Mauro M.; MARINHO, Francioli. *Ondas e bits*. São Paulo: Ed Livraria da Física/SBF, 2006 (Coleção Temas Atuais de Física).

FIGUEIREDO, Aníbal; PIETROCOLA, Maurício. *Física – um outro lado. Luz e cores*. São Paulo; FTD, 2000.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) *Física 2 – Física térmica e óptica*. São Paulo: Edusp, 1991.

GRAF – Versão eletrônica. Disponível em: <[http://www.if.usp.br/profis/gref\\_leituras.html](http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html)>. Acesso em: 24 jul. 2009. <<http://cenp.edunet.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2009.

HOROWICZ, Ricardo J. *Luz, cores e ação: a óptica e suas aplicações tecnológicas*. São Paulo: Moderna, 1999.

### Sites

Nos *sites* a seguir existe material de apoio para complementar o planejamento das aulas. Há quatro espaços particulares para consulta de materiais de ensino que ampliam as discussões propostas em todos os Cadernos:

*Profis*. Disponível em: <[http://www.if.usp.br/profis/gref\\_leituras.html](http://www.if.usp.br/profis/gref_leituras.html)>. Acesso em: 24 jul. 2009.

Espaço de apoio, pesquisa e cooperação de professores de Física para promover projetos e atividades complementares. Engloba diversos materiais de ensino de Física, como banco de teses e trabalhos na área de ensino de Física, eventos e todo material desenvolvido pelo Gref.

*Núcleo de pesquisa em Inovação Curricular da Faculdade de Educação da USP- NuPIC*. Disponível em: <<http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal>>. Acesso em: 24 jul. 2009.

*Site virtual do NuPIC*. Contém sequências de ensino, propostas de atividades, objetos virtuais de aprendizagem, vídeos sobre atividades e montagens experimentais. Na página principal o item PCSP contém material específico para algumas Situações de Aprendizagem dos Cadernos desta coleção.

*Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física - PEC/PEBII.* Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/pec/>>. Acesso em : 24 de jul. 2009.

Espaço originário do *Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física*, contém os cadernos utilizados nos cursos, com leituras, propostas de atividades de ensino.

*Pró-Universitário Física.* Disponível em: <<http://naeg.prg.usp.br/puni/disciplinas/fisica/homedefisica/index.htm>>. Acesso em: 24 jul. 2009.

Programa de apoio aos estudantes do Ensino Médio, ministrado por estudantes de licenciatura da USP. Contém o material produzido para uso com estudantes do Ensino Médio, em sua maioria textos e questões.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a proposta da última Situação de Aprendizagem, que explora a compreensão da evolução dos meios de comunicação, terminamos o estudo de Física Óptica e da transmissão de informações a longas distâncias. A fim de tornar as aulas mais significativas e estimulantes, as atividades propostas sempre buscaram considerar o cotidiano do aluno. O intuito foi fazer com que o ensino da Física seja capaz de fornecer elementos que permitam a construção de uma nova leitura do mundo, apresentando aos alunos uma forma de olhar para os fenômenos presentes no cotidiano de maneira bastante diversa da que estão acostumados.

O caminho conceitual traçado ao longo deste Caderno, aprofundando o estudo da Óptica e do Eletromagnetismo, além de fornecer elementos essenciais para uma leitura do mundo da comunicação e da informação, conduz para a introdução e discussão de modelos microscópicos da matéria.

Desta forma, criam-se as condições necessárias para se aprofundar o conhecimento acerca da natureza da luz e sua interação com os meios materiais, por meio do estudo dos modelos semiquânticos de absorção e emissão de energia pelos átomos, tema a ser trabalhado na 3ª série.

Logo, este Caderno permite construir a ponte para o tratamento da Física Moderna e Contemporânea, fundamental para a abordagem quântica da estrutura da matéria, com possibilidade de trabalhar modelos que possibilitam o entendimento de toda a beleza envolvida no mundo subatômico.

Caso perceba que os experimentos são de difícil acesso para os alunos, sendo impossível que cada grupo disponha dos materiais necessários para a realização das atividades, faça-os, em último caso, de maneira demonstrativa. Todavia, lembre-se sempre de fazê-los de modo que todos os alunos possam observar e entender todo o processo experimental, desde o porquê do arranjo e o levantamento de hipóteses até a análise dos resultados e síntese das observações. Até nesta situação de demonstração as competências leitora e escritora devem ser almejadas.

Por fim, é preciso ficar claro que as atividades propostas neste Caderno devem, necessariamente, ser adaptadas às condições de sua escola e turma. Como qualquer material didático, este Caderno não é autossuficiente e necessita ser complementado por outros materiais de apoio ao professor, como os livros didáticos de sua preferência.