



Pós-Graduação em **Astronomia**  
MESTRADO PROFISSIONAL  
UEFS



**DAVI FERREIRA BARRETO**

**ESTUDO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA À LUZ DA ASTRONOMIA, NO  
CONTEXTO DAS AULAS DE FÍSICA, NA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO**

**FEIRA DE SANTANA - BA**

**2016**

**DAVI FERREIRA BARRETO**

**ESTUDO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA À LUZ DA ASTRONOMIA, NO  
CONTEXTO DAS AULAS DE FÍSICA, NA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado Profissional em Astronomia, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Ana Verena Freitas Paim  
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres

**FEIRA DE SANTANA - BA**

**2016**



### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): DAVI FERREIRA BARRETO

DATA DA DEFESA: 29 de setembro de 2016 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 14:30h

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
ANA VERENA FREITAS PAIM	563.113.975-87	Presidente	DR	UEFS
CARLOS ALBERTO DE LIMA RIBEIRO	848.990.004-30	Membro Interno	DR	UEFS
ANA CRISTINA SILVA DE OLIVEIRA PEREIRA	640.107.325-04	Membro Externo	DR	UNEB

**TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO\*:**

ESTUDO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA À LUZ DA ASTRONOMIA, NO CONTEXTO DAS AULAS DE FÍSICA, NA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO.

\*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 50 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 1h 20 min. A banca chegou ao seguinte resultado\*\*:

- APROVADO(A)  
 INSUFICIENTE  
 REPROVADO(A)

\*\* Recomendações<sup>1</sup>: Seguir as anotações da Banca em articulações com os pareceres e orientações

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 29 de setembro de 2016

Presidente: Ana Verena F. Paim  
Membro 1: Carlos Alberto de Lima Ribeiro  
Membro 2: Ana Cristina Silva de Oliveira Pereira  
Membro 3: \_\_\_\_\_  
Candidato (a): Davi Ferreira Barreto  
Coordenador do PGAstro: José M. de S. P.

<sup>1</sup> O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



**ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:  
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO**

CANDIDATO (A): DAVI FERREIRA BARRETO

DATA DA DEFESA: 29 de setembro de 2016 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 14:30

Sequência didática "Conhecendo o Universo  
através das Cores".

Feira de Santana, 29 de setembro de 2016.

Presidente: Ana Vere na Soreitã Paím

Membro 1: Carlos Alberto de Almeida Pereira

Membro 2: Ana Cristina Silva de Oliveira Gereira

Membro 3:

Candidato (a): Davi Ferreira Barreto

Coordenador do PGAstro: João M. P.

### Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

B273e Barreto, Davi Ferreira  
Estudo da radiação eletromagnética à luz da astronomia, no contexto das aulas de física, na 3ª série do Ensino Médio. / Davi Ferreira Barreto. Feira de Santana, 2016.  
166f.: il.

Orientadora: Ana Verena Freitas Paim  
Coorientador: Eduardo Brescansin de Amôres

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Astronomia, 2016.

1. Ensino de Física Moderna. 2. Astronomia. 3. Sequência didática. I. Paim, Ana Verena Freitas, orient. II. Amorês, Eduardo Brescansin de, coorient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU : 373.5

Dedico esta pesquisa e tudo que ela representa à minha família. Em especial, aos meus sobrinhos Leonan Lisboa, Raimundo Neto, Adonay Lisboa, Stefany Silva, Amanda Barreto, Gabriel Barreto, Lucas Henrique, Raphael Barreto, Beatriz Barreto e João Pedro. Desejo que eles alcancem voos ainda maiores.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente agradeço a Deus, por se fazer presente na minha vida, permitindo-me chegar aqui.

Aos meus pais Raimundo Barreto e Maria Barreto pelo grande esforço ao investir na minha formação escolar e por servirem de fonte inspiradora que não me permitiu nunca desistir de alcançar os meus objetivos.

Aos meus irmãos e irmãs, pelo apoio, compreensão e carinho que serviram como armas poderosas para seguir em frente, principalmente nos momentos difíceis.

Aos meus amigos de classe e professores que compartilharam suas experiências e saberes comigo.

Ao meu amigo e compadre Daniel Marcos, por sempre ter sido parceiro, paciente e amigo em todos os momentos.

E a minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Verena Freitas Paim, e meu coorientador, Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres, pelas ricas contribuições realizadas nesse trabalho. Aprendi muito com vocês, serei eternamente agradecido. Muito obrigado pelas palavras de crédito e incentivo!

*“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”*

*Nelson Mandela*

## RESUMO

Este trabalho consistiu em investigar como a introdução da Física Moderna no Ensino Médio, mediado pelo estudo da Astronomia, pode favorecer as práticas de ensino e aprendizagem da Física, na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a partir do uso de Sequência Didática. Buscando resposta para este questionamento definimos o objetivo geral: analisar como o estudo da Astronomia, enquanto elemento mediador para a introdução da Física Moderna no Ensino Médio pode favorecer a prática de ensino e aprendizagem da Física, na perspectiva da TAS, na 3ª Série. Para alcançar esse propósito traçamos os seguintes objetivos específicos: elaborar e avaliar a contribuição de uma sequência didática sobre as Radiações Eletromagnéticas, desenvolvida na perspectiva da TAS, no ensino e aprendizado da Física, na 3ª Série do Ensino Médio; introduzir o estudo da Física Moderna mediado pela Astronomia, com suporte de sequência didática sobre Radiações Eletromagnéticas, na perspectiva da TAS; avaliar o desempenho dos estudantes a partir da introdução da Física Moderna, mediado pelo estudo da Astronomia, com o suporte da Sequência Didática na perspectiva da TAS. Nessa perspectiva, foi desenvolvida em uma turma da 3ª Série do Ensino Médio, de um Colégio Estadual do município de Santo Antônio de Jesus, no estado da Bahia, a Sequência Didática intitulada “Conhecendo o Universo Através das Cores”, a qual teve como temática central Radiações Eletromagnéticas. Esta constituiu-se, simultaneamente, em instrumento e produto da presente pesquisa. As atividades foram pensadas de maneira que atraíssem atenção dos alunos, a partir da curiosidade que geralmente os fenômenos astronômicos causam naqueles que os observam. Ao tempo em que foram organizadas de forma ascendente, em termos de complexidade, e primando pela correlação entre elas. A presente pesquisa foi elaborada sob abordagem quali-quantitativa, a partir da qual desenvolvemos um trabalho descritivo-compreensivo do objeto investigado. As Considerações Finais evidenciam um resultado muito positivo da metodologia escolhida, podendo dizer que a Sequência Didática elaborada contribuiu para uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados da Física Moderna, mediados pela Astronomia, possibilitando aos alunos, a construção de conhecimentos que poderão servir de âncoras para conceitos futuros.

**Palavras-chave:** Ensino de Física Moderna. Astronomia. Sequência Didática.

## ABSTRACT

This study was to investigate how the introduction of modern physics in high school, mediated by the study of astronomy, may favor the practice of teaching and learning of physics, from the perspective of the Theory of Meaningful Learning (TML), through the use of Sequence Didactic . In order to answer this question, we define the general objective: to analyze how the study of Astronomy, as a mediating element for the introduction of Modern Physics in High School, can favor the teaching and learning of Physics, from the perspective of SAT, in the 3<sup>a</sup> Series. In order to achieve this purpose, we have drawn up the following specific objectives: to elaborate and evaluate the contribution of a didactic sequence on Electromagnetic Radiation, developed from the perspective of SAT, in the teaching and learning of Physics, in the 3<sup>a</sup> High School Series; To introduce the study of Modern Physics mediated by Astronomy, with support of didactic sequence on Electromagnetic Radiation, from the perspective of SAT; To evaluate students' performance from the introduction of Modern Physics, mediated by the study of Astronomy, with the support of the Didactic Sequence from the perspective of SAT. From this perspective, it was developed in a senior high school class, in a public school from Santo Antonio de Jesus town, State of Bahia, and entitled "Knowing the Universe Through the Colors". The same had as its central theme Electromagnetic Radiations and constituted both an instrument and product of this research. The activities were designed in a way that would attract students' attention from the curiosity that usually astronomical phenomena cause in those who observe them. At the time they were arranged in ascending order in terms of complexity, and the correlation between them. This research has been prepared under qualitative and quantitative approach, from which have developed a descriptive understanding work of the investigated object. Finally, this study shows a very positive result of the methodology chosen and can say that the Didactic Sequence elaborate contributed to a meaningful learning of concepts covered in Modern Physics, mediated by Astronomy, enabling students to build knowledge that can serve as anchors for future concepts.

**Keywords:** Teaching Modern Physics. Astronomy. Following Teaching.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT .....	9
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	11
LISTA DE TABELAS .....	13
LISTA DE GRÁFICOS.....	14
1 INTRODUÇÃO .....	15
2. O ESTUDO E A ABORDAGEM DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.....	19
2.1 Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física Moderna.....	19
2.2 Metodologias favoráveis à Aprendizagem Significativa .....	22
2.3 A Sequência Didática .....	25
3 RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS E ASTRONOMIA .....	29
3.1 A natureza geométrica e física da luz .....	29
3.2 A natureza dual da luz. ....	38
3.3 Radiações Eletromagnéticas.....	41
3.4 Processos de Fotometria .....	42
4 CAMINHOS DA PESQUISA .....	47
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	77
7 REFERÊNCIAS .....	80
APÊNDICES .....	85
ANEXOS .....	156

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1: Representação da abordagem do conceito físico Força em termos de complexidade ascendente.....	26
Figura 3.1: Desvio da luz solar na atmosfera terrestre.....	30
Figura 3.2: Feixe de luz de uma fonte sendo incidido e refletido por um espelho plano .....	31
Figura 3.3: Refração da luz na superfície da água .....	32
Figura 3.4: Esquema de raio de luz vindo do espaço ao entrar na atmosfera da Terra.....	32
Figura 3.5: Reflexão e refração na interface entre dois meios $n_1$ e $n_2$ .....	33
Figura 3.6: Dispersão da luz branca em prisma .....	35
Figura 3.7: Experimento de dupla fenda .....	36
Figura 3.8: Interferência por fenda dupla de Young .....	37
Figura 3.9: Radiação espectral de uma cavidade em função do comprimento de onda para três temperaturas .....	39
Figura 3.10: Efeito fotoelétrico .....	40
Figura 3.11: William Herschel – descoberta da radiação infravermelho através de medições de temperatura .....	42
Figura 3.12: Representação do espectro eletromagnético dividido em bandas espectrais, com seus respectivos comprimentos de ondas.....	43
Figura 4.1: Colégio Estadual Democrático do 2º Grau Dr. Romulo Almeida....	50
Figura 5.1: Grupo de alunos analisando a imagem astronômica e a problemática contida na carta.....	57
Figura 5.2: Alunos respondendo a atividade 04.....	60
Figura 5.3: Alunos compreendendo o processo de obtenção das cores secundárias.....	60
Figura 5.4: Aluno respondendo a atividade 05 .....	61
Figura 5.5: Alunos assistindo o Vídeo 2 .....	62
Figura 5.6: Aluno construindo espectroscópio.....	65
Figura 5.7: Alunos utilizando o espectroscópio construído na aula prática .....	66
Figura 5.8 - Alunos utilizando o espectroscópio construído na aula prática.....	67
Figura 5.9 - Alunos respondendo a atividade 10 com auxílio do software “luz do espectro” .....	68

Figura 5.10 - Alunos fazendo uso do software “Curvas de Corpos Negros e Filtros Exploradores” para responderem a décima quarta atividade .....	71
Figura 5.11 - Alunos descobrindo a imagem da galáxia. ....	72
Figura 5.12 - Alunos apresentando a imagem da galáxia .....	72
Figura 5.13 - Grupo apresentando a imagem da galáxia que se formou .....	72
Figura 5.14 - Alunos respondendo ao Pós-teste .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Vídeos utilizados na Sequência Didática .....	52
Tabela 4.2: Textos utilizados na Sequência Didática .....	53
Tabela 4.3: Sequência de atividades da Sequência Didática . .....	53
Tabela 5.1: Conversão de conceitos .....	74

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparação dos resultados do pré-teste e pós-teste .....	74
Gráfico 2: Comparação dos resultados em porcentagem do pré-teste e pós-teste.....	75
Gráfico 3. Comparação dos resultados do pré-teste e pós-teste de cada estudante.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as tecnologias vêm avançando a passos largos, enquanto que as práticas pedagógicas não acompanham o mesmo ritmo. A presença das tecnologias, essencialmente, aquelas que incidem diretamente nos modos de produzir, processar e veicular as informações, assim como nas diversas formas de comunicação entre homens têm tornado imperativo as mudanças nas instituições sociais, dentre estas, a escola.

Muitos educadores, entretanto, persistem em uma metodologia ultrapassada, que não consegue promover um ensino mais dinâmico, conectado com as novas exigências do mundo (pós) moderno, de tal forma que seu aluno abandone a passividade em sala de aula e torne-se mais ativo, reflexivo e crítico ao seu meio, tornando-o capaz de enfrentar os desafios da vida social frente à profissional, e com isso, garantir aprendizagens compreensivas, duradouras e significativas.

Muitos professores ainda não dominam suficientemente as novas tecnologias e continuam a fazer do giz e do quadro negro os únicos recursos pedagógicos, restringindo as possibilidades de dinamização da prática de ensino. Isso, no ensino de Física, em especial, torna-se muito mais agravante, pois essa disciplina sempre teve uma desmotivação maior no Ensino Médio, tanto pela matematização, quanto pela não contextualização com o cotidiano do estudante.

O plano de curso adotado por esse modelo de educação conservadora, geralmente está voltado para um currículo arcaico e centrado apenas na Física Clássica, deixando de lado tópicos da Física Moderna, que estão muito mais próximos da realidade da vida do aluno acostumado com computadores, aparelhos celulares, com câmera digital e outros aplicativos, *smart TV*, etc.

Esse modelo curricular de ensino também não faz as devidas menções ao ensino de Astronomia. Há uma singela tentativa de abordagem dessa área quando são trabalhados, por exemplo, Força Gravitacional e as Leis de Kepler na 1ª série do Ensino Médio, no entanto, são exploradas de forma fragmentadas e descontextualizadas.

Esta constatação torna-se muito pertinente devido ao distanciamento das práticas de ensino com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), que atribuem ao professor de Física, a

tarefa de proporcionar atividades que abordem temas de natureza cosmológica como, por exemplo, levar o aluno a refletir sobre os enigmas do Universo, apresentar o movimento da Terra, relacionando seus componentes com as influências no clima e nos ciclos naturais, ao mesmo tempo, discutindo as condições para a existência da vida. Além de apresentar as conquistas e avanços das tecnologias atuais, que foram desenvolvidas graças a estudos dessa natureza (BRASIL, 2002).

Uma das consequências do distanciamento entre as práticas de ensino e o que é preconizado pelas orientações dos PCN+, encontra-se nas “concepções alternativas”<sup>1</sup>, principalmente de conceitos relacionados à Astronomia, frente aos conhecimentos científicos, essencialmente, nos anos finais da educação básica (LANGHI, 2004).

Face ao exposto, apresentar o ensino de Física Moderna e Contemporânea articulado com a Astronomia pode ser bastante profícuo, nos processos de ensino e de aprendizagem, haja vista que essas áreas de conhecimento estão presentes no cotidiano do indivíduo, evidenciando para o aluno o sentido de estudar tais conceitos. Além do aspecto da Astronomia ser uma ferramenta motivadora no ensino, uma vez que ela apresenta um poder peculiar de despertar a curiosidade epistemológica nas pessoas, seja qual for sua faixa etária, em virtude da busca pela compreensão de natureza cosmológica, refletindo sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo.

Destaca-se a importância de incluir a Astronomia e a Física Moderna no currículo escolar, por relacionar-se com a construção de ferramentas de conhecimento, valor e habilidades para tomada de decisões sobre questões de ordem científica e tecnológica que o convívio social lhe impõe.

A partir desse enfoque educacional, averigua-se a necessidade de reflexões acerca do currículo adotado pelas escolas e das práticas pedagógicas, no sentido de contribuir para o delineamento de metodologias adequadas e eficazes, que propiciem um ensino e uma aprendizagem que faça sentido ao aluno e que possibilite o desenvolvimento das competências básicas necessárias à sua vida social e profissional. Para tanto, é indispensável a busca de mecanismos que

---

<sup>1</sup> Concepções que são constituídas ao longo da vivência do indivíduo, e que geralmente vão de encontro aos conhecimentos científicos.

conduzam a motivação no âmbito escolar, pois trata-se de uma condição muito importante e necessária para que ocorra a aprendizagem, e que esta, seja significativa, uma vez que um aluno motivado corresponde à um aluno predisposto a aprender. Parafraseando Ausubel (2000), essa é uma das condições necessárias para que ocorra a Aprendizagem Significativa.

Sob esse cenário, os educadores têm grandes desafios, sobretudo os docentes que atuam com componentes curriculares, que historicamente, têm uma representação social que os coloca na condição de áreas complexas e difíceis de aprender, como é o caso da Física.

A Física está em todo lugar, no cotidiano das pessoas, é uma ciência fantástica que deveria fascinar quem a estuda, mas é uma das disciplinas mais temidas pelos alunos, principalmente do Ensino Médio, com uma alta dose de frustração, insegurança e resistência ao ensino de Física. (RODRIGUES, 2005, p.58)

Com o objetivo de contribuir para a superação dessa visão da Física como um campo difícil e complexo, nos propusemos elaborar e avaliar um suporte didático que aborde tópicos da Física Moderna, mediada por um dos ramos da ciência que mais atraem as pessoas, a Astronomia.

Nessa perspectiva, desenvolvemos em uma turma da 3ª Série, de um Colégio Estadual do município de Santo Antônio de Jesus, no estado da Bahia, a Sequência Didática intitulada *“Conhecendo o Universo Através das Cores”*, a qual teve como temática central *Radiações Eletromagnéticas*. Esta, constituiu-se, simultaneamente, em instrumento e produto da presente pesquisa.

Nosso propósito maior foi investigar *como a introdução da Física Moderna no Ensino Médio, mediado pelo estudo da Astronomia, pode favorecer as práticas de ensino e aprendizagem da Física, na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a partir do uso de Sequência Didática?* que converteu-se em problema da pesquisa.

Buscando resposta para este questionamento definimos o objetivo geral: *analisar como o estudo da Astronomia, enquanto elemento mediador para a introdução da Física Moderna no Ensino Médio pode favorecer a prática de ensino e aprendizagem da Física, na perspectiva da TAS, na 3ª Série.*

Para alcançar esse propósito traçamos os seguintes objetivos específicos: *elaborar e avaliar a contribuição de uma sequência didática sobre as Radiações Eletromagnéticas, desenvolvida na perspectiva da TAS, no ensino e aprendizado da Física, na 3ª Série do Ensino Médio; introduzir o estudo da Física Moderna mediado pela Astronomia, com suporte de sequência didática sobre Radiações Eletromagnéticas, na perspectiva da TAS; avaliar o desempenho dos estudantes a partir da introdução da Física Moderna, mediado pelo estudo da Astronomia, com o suporte da Sequência Didática na perspectiva da TAS.*

A presente pesquisa foi elaborada sob a abordagem quali-quantitativa, a partir da qual desenvolvemos um trabalho descritivo-compreensivo do objeto investigado. Sob essa perspectiva de pesquisa, utilizamos os seguintes instrumentos de pesquisa: questionário (pré-teste e pós-teste); observações; entrevista com o professor da turma; atividades que constituíram a Sequência Didática.

O percurso da pesquisa foi traduzido nos capítulos que compreendem esse trabalho dissertativo, a saber: o Capítulo Dois intitulado, “*o estudo e a abordagem da Física Moderna no Ensino Médio*”, em que versamos sobre a importância do ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, as contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa no Ensino de Física, as metodologias favoráveis à Aprendizagem Significativa e a Sequência Didática enquanto possível suporte didático potencialmente significativo; o Capítulo Três, denominado *Radiações Eletromagnéticas e Astronomia*, é tratada a natureza geométrica e física da luz, dualidade onda-partícula, radiações eletromagnéticas e fotometria. O Capítulo Quatro em que apresentamos os *Caminhos da Pesquisa*; e por fim, o Quinto Capítulo, trazemos *Análise e Discussão dos Resultados* articulando com os fundamentos teóricos e os elementos empíricos da pesquisa.

As Considerações Finais evidenciam um resultado muito positivo da metodologia escolhida, podendo dizer que a Sequência Didática elaborada contribuiu para uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados da Física Moderna, mediados pela Astronomia, possibilitando aos educandos, a construção de conhecimentos que poderão servir de âncoras para novos conceitos futuros.

## **2 O ESTUDO E A ABORDAGEM DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

A Física no Ensino Médio vem tomando um novo rumo desde a divulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). A proposta desses Parâmetros é direcionar o ensino, inclusive da Física, para construção de uma visão que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, instrumentalizado para compreender, intervir e participar na realidade. E após a conclusão do Ensino Médio, espera-se que os estudantes, mesmo que não venham a ter contato com alguma formação continuada relacionada ao conhecimento de Física, tenham adquiridas as competências e habilidades necessárias para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2002).

Mas para isso é necessário que os conteúdos da disciplina de Física estejam em concordância com a realidade do alunado. Nesse sentido, versaremos nesse capítulo sobre a importância do Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, as contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa no Ensino de Física, as metodologias favoráveis à Aprendizagem Significativa e a Sequência Didática, enquanto possível suporte didático potencialmente significativo.

### **2.1 Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física Moderna Contemporânea**

O ensino de Física abordado nas escolas vem sendo alvo de críticas há décadas (BORGES, 2005; OLIVEIRA, 2007; OSTERMANN & MOREIRA, 2000; SIQUEIRA, 2012; SONZA, 2007; TERRAZZAN, 1992). Isso porque é dada uma grande ênfase aos conceitos da Física Clássica, deixando muitas vezes de lado a Física Moderna e Contemporânea.

A Física Moderna teve início no final do século XIX, e após um tempo, vários cientistas obtiveram destaques nesse segmento da Física (Abert Einstein e Max

Planck, entre outros), os quais se evidenciaram por suas grandes contribuições na ciência. Dentre essas contribuições se encontram, por exemplo, o estudo sobre quanta de energia, o efeito fotoelétrico e a relatividade geral, que proporcionaram uma nova forma de pensar a natureza, influenciando não somente a ciência, mas também outras áreas do conhecimento. Como menciona Pujol:

(...) essa visão permitiu relacionar as partes com o todo e o todo com as partes, rompendo com a causalidade linear e dando lugar à outra que contempla a interação, a probabilidade e a complementaridade que favorece a apropriação, o diálogo e a negociação, características necessárias na construção de uma nova organização social em que devem participar atores diferentes dados à complexidade atual. Por isso, a educação científica de hoje precisa contemplar aquilo que é antagônico e complementar (PUJOL, 2002, p.15).

Entretanto, a abordagem dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica é ainda singela e, em muitos casos, ausente, mesmo tendo em evidência o interesse dos alunos sobre tópicos dessa área como, por exemplo, buraco negro e *Big Bang*, frequentemente vistos na televisão ou em filmes de ficção científica, mas dificilmente nas aulas de Física (OSTERMANN & MOREIRA, 2000, p. 25).

Diante dos argumentos defendidos por diferentes pesquisadores da área no sentido de inserir a Física Moderna e Contemporânea nos currículos das escolas, os quais estão em consonância com o que preconizam os documentos oficiais para o Ensino Médio (PCN, PCNEM), a sua ausência se caracteriza em uma falha grave na educação básica brasileira, uma vez que a maioria das novas tecnologias utilizadas pela sociedade é fruto de pesquisas científicas pautadas na Física Moderna e Contemporânea, como por exemplo: forno de micro-ondas, celulares (*smartphone*), computadores, câmeras digitais, etc.

Apesar do uso cotidiano desses recursos tecnológicos pela maioria das pessoas, em especial entre os jovens, poucos conhecem o seu funcionamento físico. Em face desta realidade nos deparamos com uma ciência tão presente e ao mesmo tempo tão desconhecida, é indispensável que alunos da Educação Básica tenham a oportunidade de compreender a Física contextualizada das novas tecnologias tão presentes em suas vidas.

Mas para isso é necessário repensar os conteúdos da disciplina de Física adotados pelas escolas. Os PCN+ fazem referência a importância de uma atualização curricular e propõe os conteúdos de Física em tema estruturador. Entre eles se encontra o tema "Matéria e Radiação", o qual é composto das seguintes unidades temáticas: matéria e suas propriedades; radiações e suas interações; energia nuclear e radioatividade; eletrônica e informática.

A aproximação de um Ensino de Física ao contexto social vivenciado pelos alunos, pode favorecer o enriquecimento de uma aprendizagem duradora, uma vez que é ensinado algo que está mais próximo do interesse deles. Dessa forma, é bem provável que os alunos apresentem uma predisposição a aprender, fator este que é considerado o mais importante para que ocorra a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980).

Segundo a teoria de Ausubel, a aprendizagem é significativa quando uma nova informação (conceito, ideia, suposição) adquire significado para o aluno. Para isso, é necessário que a informação se relacione com os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva (conceitos subsunçores) do indivíduo. Dessa forma, uma vez aprendido determinado conteúdo este servirá como subsunçor para outros conceitos mais gerais e complexos.

Nesse processo de aprendizagem, a nova informação sofre modificações (não somente a nova informação, mas também o(s) seu(es) subsunçor(es)), pois haverá atribuição de significados pessoais, os quais são únicos para cada indivíduo. O que requer uma participação ativa do estudante em relação ao conceito a ser aprendido. Parafraseando Ausubel (1980): “aprender de forma significativa é atribuir significado ao que é aprendido e relacioná-lo com o que já se sabe”.

Ao passo em que ocorre a aprendizagem significativa a nova informação se relaciona com aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, é um processo que envolve a interação entre uma nova informação com elementos já presentes, inclusivos e gerais da estrutura cognitiva. Segundo Ausubel (1980), quando a nova informação não interage ou apresenta pouca interação com conceitos relevantes e específicos da estrutura cognitiva, ocorre aprendizagem mecânica, uma vez que as novas informações são armazenadas de forma arbitrária e literal.

Apesar do que preconizam os documentos oficiais que servem de base às práticas pedagógicas há ainda necessidade de maiores esforços para

implementação da Física Moderna e Contemporânea nas aulas de Física, na Educação Básica. Mas não basta somente incluir esses conteúdos destes campos de conhecimento na grade curricular das séries desse segmento de ensino. É necessário também abordá-los a partir de metodologias que venham contrapor-se à educação mecânica, ao tempo que valorizem aquelas que favoreçam a aprendizagem significativa. Assim, seguiremos na próxima seção fazendo uma breve discussão sobre metodologias que podem colaborar para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, portanto, douradora.

## **2.2 Metodologias favoráveis à Aprendizagem Significativa**

Partindo do pressuposto que a predisposição do aluno a aprender um determinado conceito é considerada o fator mais importante na aprendizagem significativa, uma vez que influencia a percepção do aluno para o objeto de estudo, a metodologia usada pelo professor em sala de aula deve vir acompanhada por materiais didáticos que apresentem um potencial de significados para o aluno, motivando-o a buscar o conhecimento, a querer aprender cada vez mais conceitos básicos (subsunçores), os quais são importantes para compreensão de outros mais complexos.

Nesse sentido, o material potencialmente significativo deve conter alguns organizadores prévios, que são materiais introdutórios usados para facilitar a aprendizagem subsequente, apresentado aos alunos antes mesmo do conteúdo que se pretende ser ensinado. Segundo Ausubel (1980), “a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber”.

No ensino de Física, principalmente por a Física ser considerada historicamente uma das disciplinas mais difíceis pela maioria dos alunos, é de suma importância que o professor busque estratégias que venham estimular o interesse do aluno para o estudo, ensinando uma Física que esteja em consonância com a realidade, mostrando sentido de estudá-la. Como é enunciado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN):

(...) e esse sentido emerge, na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (...). (BRASIL - MEC, 2000, p. 4)

Dessa maneira, o professor de Física deve buscar metodologias que contribuam para uma aprendizagem significativa e o desenvolvimento da capacidade crítica e reflexiva do aluno, oportunizando uma formação científica duradoura e útil para sua vida social.

Não existe uma melhor metodologia a seguir, mas apontamos positivamente para as metodologias ativas, as quais apresentam aspectos favoráveis para uma formação que prioriza, principalmente, a autonomia dos estudantes, motivando-os a analisarem os possíveis caminhos diante das necessidades de desenvolverem respostas ou soluções para os problemas dos quais se deparam. Como menciona Berbel:

A implementação dessas metodologias pode vir a favorecer uma motivação autônoma quando incluir o fortalecimento da percepção do aluno de ser origem da própria ação, ao serem apresentadas oportunidades de problematização de situações envolvidas na programação escolar, de escolha de aspectos dos conteúdos de estudo, de caminhos possíveis para o desenvolvimento de respostas ou soluções para os problemas que se apresentam alternativas criativas para a conclusão do estudo ou da pesquisa, entre outras possibilidades (BERBEL, 2011, p. 28).

Ao colocar o aluno como protagonista do seu próprio processo de formação é evidenciado e proposto que o mesmo assuma seu papel enquanto indivíduo ativo, crítico e reflexivo de suas próprias ações, levando-o a explorar suas funções mentais de observar, pensar, raciocinar, analisar, refletir, entender, assimilar, sintetizar, entre outras.

Nesse cenário da aprendizagem ativa, o professor deixa de ser o protagonista, mas continua a exercer um papel importante no processo da aprendizagem, ao tempo em que é acrescentado responsabilidades quando comparadas a estilos de trabalho convencionais do exercício da docência. Sua relação interpessoal com os alunos é considerada como uma das principais fontes

para o melhoramento da qualidade motivacional, podendo proporcionar uma maior valorização das atividades e conteúdos propostos. Entre outras funções, ele atua como orientador, supervisor, facilitador e, principalmente, motivador (BERBEL, 2011).

Nessa relação, o professor prepara o ambiente para que o aluno interaja com o assunto que está sendo trabalhado, estimulando-o, por exemplo, a ouvir, perguntar, questionar, discutir, pesquisar, formular ideias próprias, relacionar com as experiências do cotidiano e explorar sua criatividade ao elaborar propostas para possíveis soluções de um determinado problema. Ou seja, a principal função do professor é estimular o aluno a construir o conhecimento em vez de fornecê-lo pronto, o que desse modo, o deixaria na posição de um ser passivo.

Face ao exposto, destacamos positivamente a utilização da Sequência Didática (SD) como uma metodologia ativa que vem sendo usada na área de Ensino de Ciências, onde são apresentados resultados bastante profícuos no processo de ensino e aprendizagem (TROGELLO, 2013; CUNHA, 2011; PEREIRA E SCHUHMACHER, 2013; FONSECA, 2015).

Ao problematizar um determinado conteúdo a ser trabalhado em uma Sequência Didática, o professor estabelece estratégias de ensino e aprendizagem com a finalidade de despertar a curiosidade do aluno, envolvendo-o no seu próprio processo de formação e motivando-o a construir o conhecimento que está sendo trabalhado.

Como é afirmado por Mitri et al.:

As metodologias ativas utilizam a problematização como estratégia de ensino/aprendizagem, com o objetivo de alcançar e motivar o discente, pois diante do problema, ele se detém, examina, reflete, relaciona a sua história e passa a ressignificar suas descobertas. Levando o aluno ao contato com as informações e à produção do conhecimento, principalmente, com a finalidade de solucionar os impasses e promover o seu próprio desenvolvimento (MITRI et al., 2008 *apud* BERBEL 2011, p. 28).

As atividades diversificadas que compõem uma Sequência Didática se constituem em ricas ferramentas didáticas que podem favorecer a promoção da aprendizagem significativa, uma vez que, quando bem elaborada, correlacionada e contextualizada propicia o sentimento de satisfação e o desejo dos alunos a

aprender o conteúdo proposto. A predisposição do aluno a aprender um determinado conceito é uma das condições necessárias para que ocorra o processo da assimilação e, posteriormente, a aprendizagem significativa. Contudo, uma metodologia favorável complementa esse pressuposto contribuindo para que se obtenha melhores resultados em termos de aprendizagem.

De forma geral, é importante salientar que não existe uma metodologia ou método universal aplicável em qualquer circunstância, como se fosse um mecanismo educacional infalível. Dessa forma, como é reforçado por Berbel (2011), “nem a metodologia de ensino, nem os métodos e as técnicas de ensino se constituem como truques, artifícios ou mesmo macetes para dar aula”, mas reconhecemos a Sequência Didática enquanto um método, que quando é bem elaborada e desenvolvida sob os princípios das metodologias ativas, pode proporcionar valiosas contribuições ao processo de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, teceremos na próxima seção as principais características da Sequência Didáticas e citaremos exemplos de algumas delas em que foram desenvolvidas na área de ensino de ciências e que obtiveram excelentes resultados.

### **2.3 A Sequência Didática**

Sequências Didáticas são “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 18).

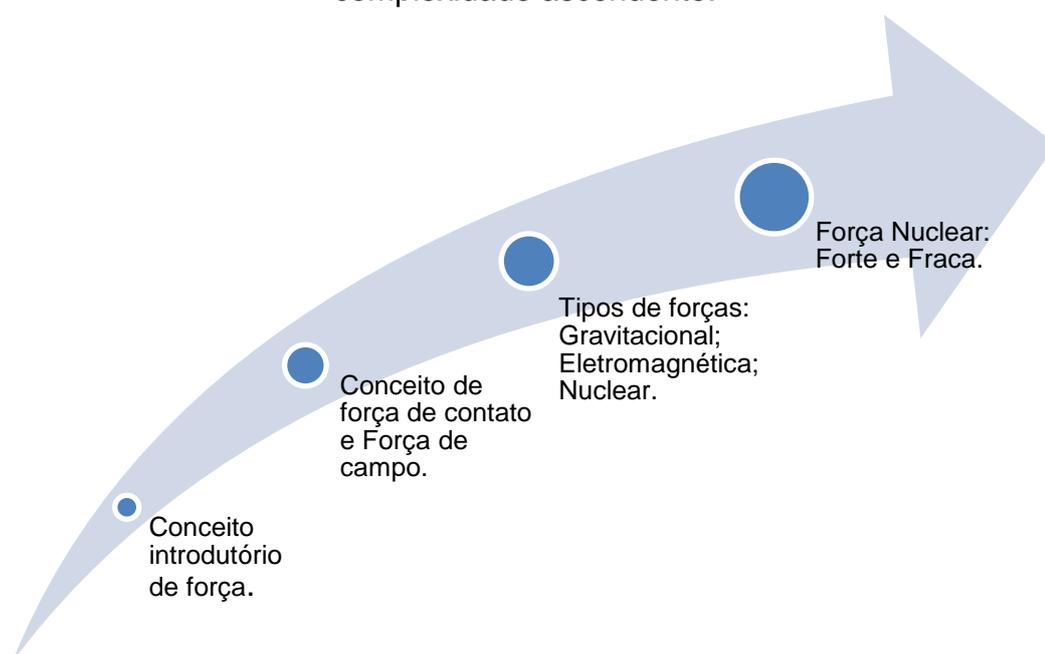
A Sequência Didática deve apresentar elementos estruturantes básicos, a exemplo: *título*, que deve ser algo atrativo para o alunado; *justificativa*, consiste em dizer o motivo de estudar com os alunos o tema/assunto em questão, evidenciando os passos que irá percorrer e o que ou onde deseja chegar; *objetivos*; *conteúdo programático*; *desenvolvimento*. Este último ponto é dividido em dois momentos: O primeiro corresponde ao mapeamento do conhecimento dos alunos sobre os principais conceitos que serão trabalhados, e o segundo momento se refere às etapas, as quais devem conter no mínimo, cinco atividades, sendo que cada uma deve ser realizada em uma aula.

A Sequência Didática deve apresentar também “*sistematização*”, é o momento de fazer um percurso mental e oralmente, organizando as principais noções e conceitos trabalhados, garantindo algum tipo de produção. Além desses elementos, destacam-se também os *recursos que serão utilizados na Sequência Didática; avaliação e referências*.

Ao planejar uma Sequência Didática, o professor deve levar em consideração que cada indivíduo tem sua forma particular de aprender e assimilar determinados conhecimentos. Nesse sentido, é favorável para obtenção de uma aprendizagem significativa planejar e elaborar atividades diversificadas (a exemplo, leitura de texto, produção textual, atividade computacional, pesquisa, expressão oral, entre outras possíveis), a fim de contemplar as singularidades dos alunos, tendo em vista suas concepções prévias, as quais devem ser investigadas anteriormente às aplicações das atividades, obedecendo para tais, um grau ascendente em termos de complexidade.

A seguir é apresentado um conjunto de atividades na área da Física, como exemplo para uma melhor compreensão de uma abordagem a nível ascendente de complexidade, a qual também pode favorecer o processo de assimilação (segunda a teoria da aprendizagem significativa).

Figura 2.1: Representação da abordagem do tema físico Força em termos de complexidade ascendente.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 2.1 descreve um exemplo de como abordar o conceito físico de força respeitando uma hierarquia conceitual em termos de complexidade, ou seja, do mais simples ao mais complexo. Primeiramente é apresentada uma abordagem introdutória do conceito de Força, a seguir são discutidos os conceitos de forças de contato e forças de campo (partindo do pressuposto que já tenha trabalhado o conceito de campo), para então discutir os tipos de forças (Gravitacional, Eletromagnética e Nuclear). Por fim, são apresentados mais profundamente os tipos de Força Nuclear (Fraca e Forte). Ressaltamos que se trata de apenas uma estrutura de abordagem, requerendo um planejamento mais detalhado do tempo e atividades para desenvolvimento de tal Sequência Didática, de modo que o aluno seja desafiado a pensar sobre estes conceitos de forma gradativa e crescente em termos de dificuldades, a partir de atividades que devem ir sendo propostas pelo professor, intencionalmente pensadas para este fim.

Observe que é proposto que o aluno aprenda o conceito de Força Nuclear, de forma mais aprofundada, só depois que foi bem trabalhado o conceito geral de força. Esse tipo de abordagem dialoga muito bem com o processo de assimilação apresentado pela teoria da aprendizagem significativa. Nessa ótica, à medida que o aluno vai aprendendo o conceito de Força Nuclear (novo conhecimento específico), de forma significativa, irá assimilando o conceito mais inclusivo (Força) já adquirido. Nesse processo de assimilação, não somente o conceito de Força Nuclear (novo conhecimento) adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de força que ele já tinha será modificado e tornará mais inclusivo na sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2011).

Mas qual será a verdadeira contribuição das Sequências Didáticas na área de ensino de Ciências? Segundo LEAL e RÔÇAS (2013, p. 7), além de a Sequência Didática possibilitar a quebra de um paradigma já ultrapassado, que consiste na reprodução do conhecimento do professor para os alunos, apresenta também características que possibilitam ensinar qualquer tema e conteúdo, inclusive inerentes às Ciências, como é visto no trabalho de TROGELLO (2013), onde propôs uma Sequência Didática, intitulada “Movimentos da Terra: a alternância das estações”, embasada na utilização de objetos de aprendizagem, para trabalhar conceitos da Astronomia, sobretudo dando ênfase a alternância das estações do ano.

A Sequência Didática consistiu em dez aulas e foi aplicada em uma turma do 6<sup>a</sup> Ano do Ensino Fundamental II de uma escola do município paranaense. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios pelo autor, apontando importante atribuição à metodologia utilizada.

Resultados semelhantes foram vistos no trabalho de CUNHA (2011), o qual traz a elaboração de uma sequência didática para ensino da Física Óptica aos alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Esta consistiu em um conjunto de atividades diversificadas, a exemplo de, exibição de vídeo, leituras de textos, construção de experimentos, etc.

Esses exemplos, e outros presentes na literatura, evidenciam o potencial da Sequência Didática, no contexto do ensino de ciências.

### **3 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E ASTRONOMIA**

Nesse capítulo serão discutidos os seguintes tópicos: a natureza geométrica e física da luz; radiações eletromagnéticas; dualidade da luz e fotometria, técnica usada na Astronomia.

#### **3.1 A natureza geométrica e física da luz**

O que é a luz? Como é gerada? Como se propaga? Essas são algumas questões fundamentais que serão abordadas neste capítulo. Tal discussão se faz necessária na introdução de conceitos relacionados à Física Moderna, a exemplo da dualidade onda-corpuscular, que corresponde a uma das noções básicas da Mecânica Quântica.

Com o entendimento do comportamento da luz, o homem percebeu que a óptica poderia ser aplicada sob diversas formas, possibilitando a construção de diferentes instrumentos ópticos. Podemos citar como exemplo, o nosso acervo do conhecimento a respeito dos astros, do Sol e outras estrelas, dos planetas e sobre o surgimento do Universo, que tem sido alcançado por meio de equipamentos astronômicos.

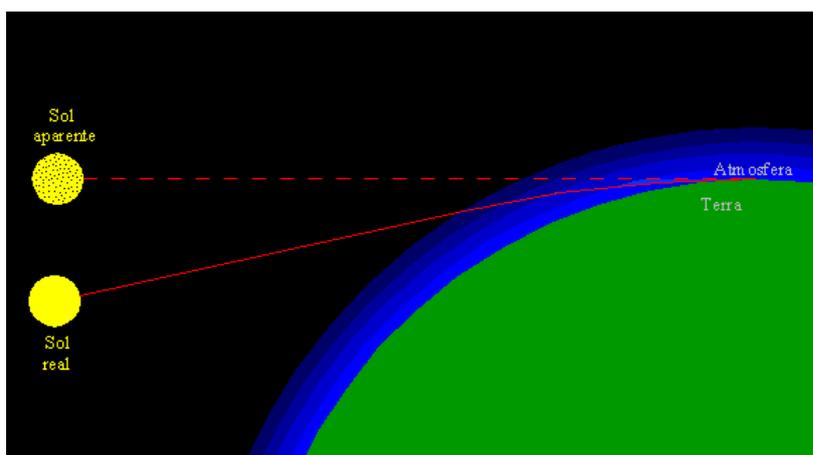
O estudo da luz vem sendo feito desde a Antiguidade, na qual prevalecia a crença de que a luz tinha uma característica corpuscular. Na época, alguns estudiosos, como Platão (427 – 347 a.C.), acreditavam que todos os objetos visíveis emitiam certa quantidade de partícula luminosa, a qual é captada por nossos olhos. Outros, acreditavam sair dos nossos olhos uma onda vibratória que atingia os objetos e os retornavam visíveis, ideia defendida por Aristóteles 384 – 322 a.C. (FORATO, 2009).

O caráter filosófico do conflito entre as ideias da natureza da luz predominou até o século XVII, quando a discussão passou para o plano científico. Até esta época, o progresso científico e tecnológico no ramo da óptica estava relacionado aos fenômenos de reflexão e refração, que eram descritos muito bem, a partir dos conceitos de raios luminosos e dentro da concepção da luz como feixe de partículas.

Apresentando compatibilidade com a teoria corpuscular, a Óptica Geométrica traz como característica principal a suposição de que a luz se propaga em linha reta e o seu conceito básico é o raio luminoso.

Um raio de luz é a representação da trajetória da luz em um determinado espaço, e indica onde a luz “sai” (fonte) e para onde se desloca. Quando a luz propaga-se em um meio homogêneo, ela percorre sempre trajetórias retilíneas. Em meios heterogêneos, a luz não se propaga necessariamente em linha reta, um exemplo é a atmosfera terrestre que aumenta a densidade em pequenas altitudes, e em consequência disso, os raios solares descrevem trajetórias curvilíneas, ao se aproximarem da superfície terrestre (ver a Figura 3.1).

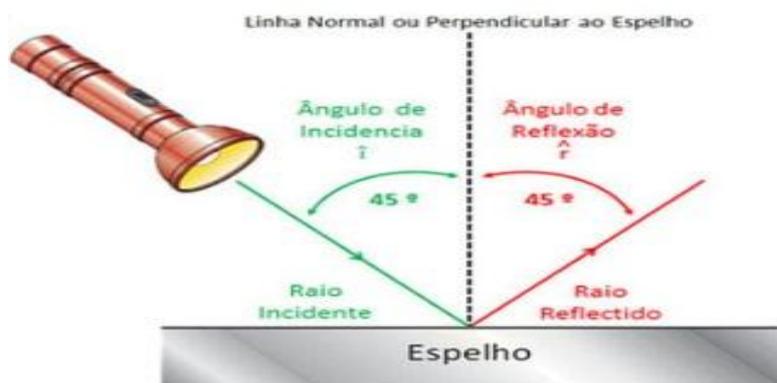
Figura 3.1: Desvio da luz solar na atmosfera terrestre.



Fonte: Disponível em: <http://www.astrosurf.com/skyscapes/disc/refracao/refracao.htm>.  
Acesso em 25/09/2015.

Os filósofos da Antiguidade foram os primeiros a se preocuparem com as propriedades refletoras das superfícies. Euclides (365 a.C. – 275 a.C.) foi capaz de apresentar a lei da refração da luz, onde afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de refração, posteriormente esta lei veio a ser completada pelo “físico-matemático” Alhazem (965 - 1040), ao enfatizar que o raio incidente, o raio refletido e a normal da superfície estão no mesmo plano, conforme mostrado pela Figura 3.2.

Figura 3.2: Feixe de luz de uma fonte sendo incidido e refletido por um espelho plano.



Fonte: Disponível: <http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2013/06/reflexao-da-luz-e-leis-da-reflexao-da.html>. Acesso em 25/09/2015.

O nascer e o pôr do Sol além de servirem, de certa forma, como parâmetros para o início e o término do dia, respectivamente, sempre despertaram encantamento para aqueles que os observam. No entanto, quando observamos o Sol em uma posição da esfera celeste, na verdade estamos vendo uma imagem aparente dele (ver a Figura 3.1). Portanto, o Sol geralmente se encontrará em uma posição aparente da esfera celeste diferente daquele que vemos.

O “atraso” do pôr do Sol ou o adiantamento do seu levantar são causados pelo fenômeno chamado de refração da luz, que consiste na mudança da velocidade da luz quando esta atravessa uma superfície de separação de propriedades ópticas distintas (NUSSENZVEIG, 1998, p. 35). Estas propriedades estão ligadas a uma quantidade física chamada índice de refração ( $n$ ), que é a razão entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz em um determinado meio ( $v$ ).

$$n = \frac{c}{v}.$$

(Expressão 1)

Na qual  $n$  é o índice de refração;  $v$  é velocidade da luz em um determinado meio;  $c$  a velocidade da luz no vácuo.

No caso da imagem aparente do Sol, a luz emitida, propaga-se no vácuo, e ao atingir as diferentes camadas atmosféricas terrestre, com diferentes densidades, ela vai sofrendo uma variação em sua velocidade.

Por exemplo, se olharmos o Sol sob a água calma de uma piscina, iremos vê-lo em um ponto bem mais alto no céu do que quando olhado no ar. Isso ocorre, pois a densidade da água é maior do que a densidade do ar. E nesse caso, o raio da luz vindo do ar sofre um desvio ao passar para a água de modo que ele se aproxima da vertical, como é mostrado na Figura 3.3.

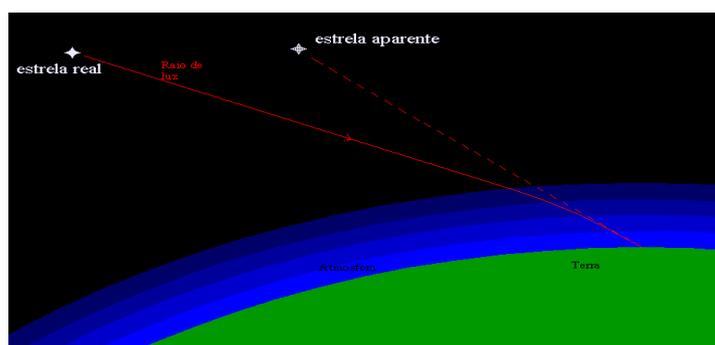
Figura 3.3: Refração da luz na superfície da água.



Fonte: Disponível: <http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2013/06/reflexao-da-luz-e-leis-da-reflexao-da.html>. Acesso em 25/09/2015.

Nesse caso, podemos afirmar que os corpos celestes, como o Sol, a Lua e as estrelas, aparecerão ligeiramente mais altos no céu do que realmente estão. Essa mudança de posição é tanto maior quanto mais baixo no céu esses corpos se encontrarem, sendo nulo quando estiverem localizados na região do Zênite (ponto imaginário localizado sobre a esfera celeste interceptado pela vertical traçada a partir da cabeça de um observador), pois raios que incidem verticalmente não sofrem desvio. Estando os corpos celestes sempre mais altos no céu, o ocaso deles sempre atrasará, enquanto que o nascer deles sempre adiantará (Figura 3.4).

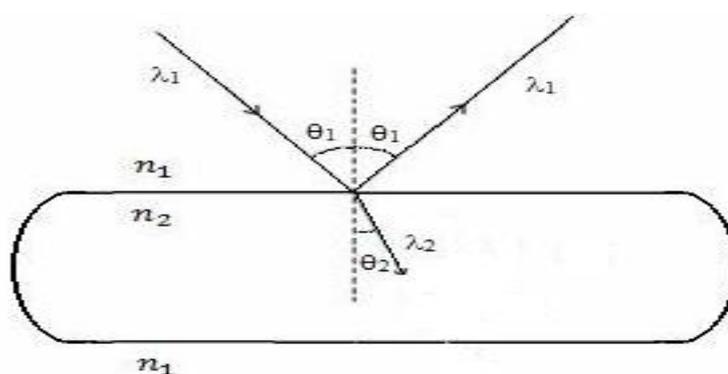
Figura 3.4: Esquema de raio de luz vindo do espaço ao entrar na atmosfera da Terra.



Fonte: Disponível: <http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2013/06/reflexao-da-luz-e-leis-da-reflexao-da.html>. Acesso em 25/09/2015

Os estudos relacionados aos fenômenos de refração também foram realizados pelos filósofos da Antiguidade, porém a grande contribuição relacionada a este tema foi proposta por com Snell (1580-1626) e Descartes (1596-1650). A chamada Lei de Snell-Descartes foi um dos grandes momentos da Óptica contemporânea, ao permitir a compreensão de como os raios de luz são defletidos ao atravessar a fronteira entre os meios. Conforme é mostrado como exemplo na Figura 3.5.

Figura 3.5: Reflexão e refração na interface entre dois meios  $n_1$  e  $n_2$



Fonte: Disponível: <http://www.fisica.ufmg.br/~labexp/roteirosHTML/O-RR.htm>. Acesso em 25/09/2015

Na Figura 3.5, o raio de luz percorre o meio  $n_1$ , formando um ângulo  $\theta_1$  com a normal. Ao incidir na superfície, parte do raio é refletido, voltando para o mesmo plano e formando o mesmo valor de ângulo com a normal, e a outra parte é refratada pela superfície, passando para outro meio,  $n_2$ , onde forma um ângulo  $\theta_2$ , com a normal.

Dessa forma podemos concluir que:

- i) O raio incidente, refratado e a normal, estão no mesmo plano.
- ii) Os senos dos ângulos de incidência e refração são diretamente proporcionais às velocidades das ondas nos respectivos meios.

A expressão a seguir (Expressão 2), é apresentada a Lei de Snell-Descartes em uma linguagem matemática.

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2.$$

(Expressão 2)

Em 1657, Fermat (1601 - 1665) encontrou um novo método para determinar a trajetória dos raios luminosos, baseado na sua ideia de que a natureza sempre atua pelo caminho mais curto. Sendo assim, de todos os caminhos possíveis para ir de um ponto a outro, a luz segue aquele que é percorrido no tempo mínimo.

Usando o princípio de Fermat é possível obter a Lei de Snell-Descartes, como já foi mostrado na Expressão 2, e a Lei da reflexão representada na expressão abaixo.

$$\text{Sen}\theta_1 = \text{Sen}\theta'_1$$

(Expressão 3)

É importante frisar que todas as propriedades e princípios apresentados até agora são baseados na teoria corpuscular. Esse entendimento da natureza da luz explica muito bem o fenômeno da reflexão, porém apresenta grandes dificuldades em explicar o fenômeno de refração da luz. Sendo assim, a teoria corpuscular não explica por que parte da luz se reflete e outra se refrata em um determinado meio.

A primeira pessoa a apresentar uma teoria ondulatória convincente para a luz foi o físico Huygens (1629 - 1695). O princípio de Huygens nos fornece as leis da reflexão e refração, com base numa descrição ondulatória, e também o significado físico para o índice de refração. Segundo ele, cada ponto de uma frente de onda comporta-se como fonte puntiforme, gerando ondas secundárias.

A grande diferença é que utilizando a teoria ondulatória de Huygens, a velocidade da luz na água deve ser menor do que no ar, diferente do que falava a teoria corpuscular. Esta questão foi resolvida muitos anos depois da proposta de Huygens, quando Foucault (1819 - 1868) e Fizeau (1819 - 1896) mediram a velocidade da luz no ar e na água, onde mostraram experimentalmente, que a velocidade na água é menor do que no ar, o que foi considerado como um argumento decisivo em favor da teoria ondulatória.

Até então, as duas vertentes (corpuscular e ondulatória) associadas à luz caminhavam por caminhos distintos, uma vez que na época não havia experimento que descrevesse com certeza qual caminho seguir.

O entendimento dos processos de emissão de luz proveniente dos astros iniciou em 1664, com Isaac Newton (1642 – 1727), o qual realizou uma série de estudos relacionados à luz. Um deles está ligado à dispersão da luz, fenômeno físico (óptico) que consiste na separação da luz branca em várias cores, cada qual com

uma frequência distinta (Figura 3.6). Com isso, ele determinou que o índice de refração não depende apenas das propriedades do meio, mas, também, da própria cor da luz.

Figura 3.6: Dispersão da luz branca em um prisma.



Fonte: Disponível: <http://www.joseferreira.com.br/blogs/fisica/material-complementar/o-prisma-de-newton/>. Acesso em 25/09/2015

Newton não só descobriu a decomposição espectral da luz branca em suas componentes monocromáticas, como percebeu que cada cor corresponde a um comprimento de onda bem definido, e mediu  $\lambda$  (comprimento de onda) com grande precisão.

Com esse trabalho, Newton discutiu a natureza física da luz, fornecendo argumentos a favor da materialidade da luz, porém o mesmo foi sempre muito cauteloso ao abordar este assunto. A razão desse cuidado seria as críticas recebidas, principalmente, por Huygens.

Para Newton, as cores distintas de luz no visível, correspondem a tipos de partículas diferentes. No ar, todas as partículas teriam a mesma velocidade, mas entrando em um prisma de vidro, por exemplo, cada cor passaria a ter uma velocidade distinta, produzindo o fenômeno da dispersão da luz branca. A mesma explicação se estende para o fenômeno do arco-íris

Uma das razões para a forte objeção que Newton fazia à teoria ondulatória decorria do fato, facilmente constatado, de que a luz se propagava em linha reta.

Do ponto de vista ondulatório, a Óptica Geométrica é uma boa aproximação válida para comprimento de onda muito pequeno em confronto com as dimensões típicas envolvidas.

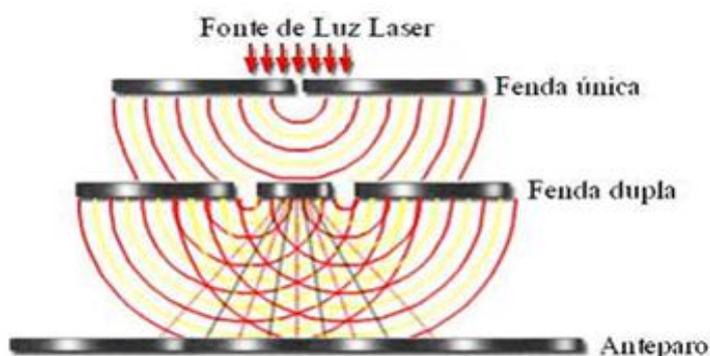
Existem outros fenômenos associados à propagação da luz, mas são complicados de serem vistos devido, principalmente, as grandezas das dimensões

envolvidas. Entre eles, está o fenômeno de interferência que é um fenômeno tipicamente ondulatório. A interferência representa a superposição de duas ondas ou mais em um mesmo ponto. Esta superposição pode ter um caráter de aniquilação, quando as fases não são as mesmas (interferência destrutiva), ou de reforço, quando as fases combinam (interferência construtiva).

O físico Thomas Young (1773 - 1829), por volta de 1802, foi o primeiro a estabelecer a teoria ondulatória da luz em uma firme base experimental, mostrando que duas ondas de luz que se superpõem podem interferir uma na outra. Sua experiência foi especialmente convincente porque lhe permitiu deduzir o comprimento de onda da luz.

Na Figura 3.7, temos uma representação do experimento de Young, em que são utilizados três anteparos, sendo o primeiro composto por um orifício, onde ocorre à difração da luz incidida, o segundo, com dois orifícios, postos lado a lado, causando novas difrações. Por último, temos no terceiro anteparo, as projeções das manchas causadas pela interferência das ondas, resultantes da segunda difração.

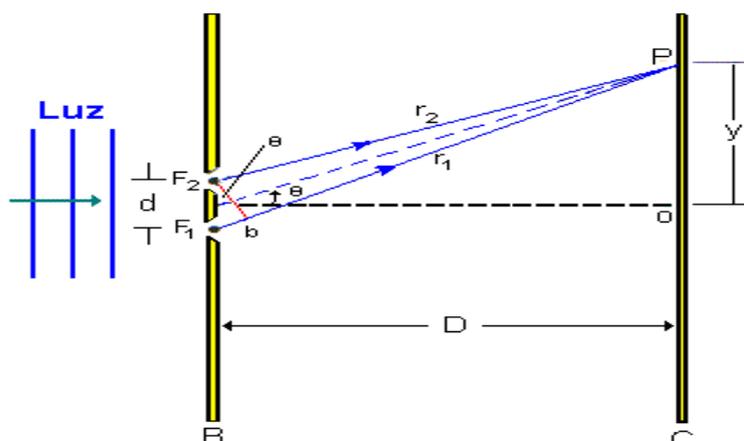
Figura 3.7: Experimento de dupla fenda de Young.



Fonte: Disponível: <http://jairinho.spaceblog.com.br/90500/01-Experimento-da-dupla-fenda-de-Young-realizado-com-eletrons/>. Acesso em 25/09/2015

Utilizando o princípio de Huygens, temos que os pontos  $F_1$  e  $F_2$ , como mostra a Figura 3.8, funcionam como fontes puntiformes gerando ondas esféricas.

Figura 3.8: Interferência por fenda dupla de Young.



Fonte: Disponível: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABKz4AJ/interferencia-por-fenda-dupla-young>. Acesso em 25/09/2015. Onde  $d$  é a distância entre as fontes puntiformes,  $F_1$  e  $F_2$ , e  $D$  é a distância entre as fontes e o anteparo  $C$ .

Para  $d \ll D$ , temos que o triângulo  $F_1 F_2 b$ , assim  $F_1 b$  é dado por  $d \sin \theta$ , que corresponde a diferença de trajetórias das ondas, de modo que para ocorrer um máximo de intensidade (interferência construtiva) e,  $P$  é

$$d \sin \theta = m \cdot \lambda.$$

$m = 0, 1, 2, 3$ , representa os máximos. (Expressão 4)

Para ocorrer um mínimo de intensidade deve conter um número semi-inteiro logo,

$$d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda.$$

$m = 0, 1, 2, 3$ , representa os mínimos (Expressão 5)

Nas palavras do próprio Young, o centro é sempre brilhante e as faixas brilhantes de ambos os lados estão a distâncias simétricas em relação ao ponto central.

Para observar a interferência da luz é essencial que duas fontes esféricas sejam originárias da mesma fonte primária.

O fenômeno de interferência não ocorre apenas no experimento que apresenta dupla fenda, existem outras evidências, entre elas está, nas cores das

asas de uma borboleta, na plumagem de um beija-flor, nas bolas de sabão, etc. Sendo necessário para que ocorra este fenômeno, que a luz seja proveniente de uma única fonte, divide-se em dois feixes e se recombinem, após terem percorrido caminhos de comprimentos diferentes. (HEWITT, 2002)

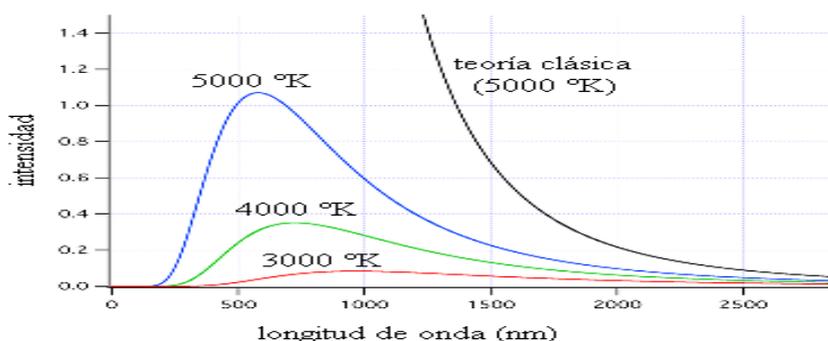
### **3.2 A natureza dual da luz**

Um pouco antes do final do século XIX, mesmo com complicações em explicar determinados fenômenos físicos, a Mecânica Clássica era considerada satisfatória em alguns campos da Física, pois a sua aplicabilidade alcançava o movimento dos corpos celestes e dos sólidos (e líquidos) do mundo macroscópico. Entretanto, após séculos de desenvolvimento, a Física conheceria, no final do século XIX, mais uma revolução científica que abalaria as suas bases em torno de duas categorias físicas: A matéria e a radiação.

A catástrofe do ultravioleta abordada inicialmente nos trabalhos de Rayleigh (1842 - 1919) e James Jeans (1877 - 1946), é uma falha da teoria clássica do eletromagnetismo para explicar a emissão eletromagnética de um corpo em equilíbrio térmico com o ambiente, ou um corpo negro. Um corpo negro é um corpo que absorve e emite toda radiação que nele incide, logo, nenhuma luz o atravessa nem é refletida.

As previsões do eletromagnetismo clássico dizem que para um corpo negro ideal, em equilíbrio térmico, tem que emitir certa quantidade de energia em cada frequência. Ao calcular a quantidade de energia emitida, segundo a teoria clássica, é observada que para comprimento de ondas maiores, as observações experimentais estão de acordo com essa teoria. Mas ao trabalhar com comprimento de ondas menores, a intensidade da radiação emitida tende para o infinito, fato que não está de acordo com os experimentos (NUSSENZVEIG, 1998).

Figura 3.9: Radiação espectral de uma cavidade em função do comprimento de onda para três temperaturas.



Fonte: <http://teoria-de-la-relatividad.blogspot.com.br/2009/03/electrodinamica-relativista-iii.html>. Acesso em 25/09/2015

Planck (1858 - 1947), no ano de 1901, apresentou uma proposta que permitia obter uma expressão para intensidade de energia em função do comprimento da onda luz ( $I(\lambda)$ ), em excelente acordo com a experimentação. Para isto ele postulou que a troca de energia seria quantizada, ou seja, um oscilador de frequência  $\nu$  só poderia emitir ou absorver energia em múltiplos inteiros de um “quantum de energia”. A expressão a seguir representa matematicamente a lei de Planck.

$$E = n h f.$$

(Expressão 6)

Na qual:

$E$  é a energia do fóton, também conhecida como quantum de energia;

$h$  é a constante de Planck, com um valor aproximado de  $6,626 \times 10^{-34}$  J.s;

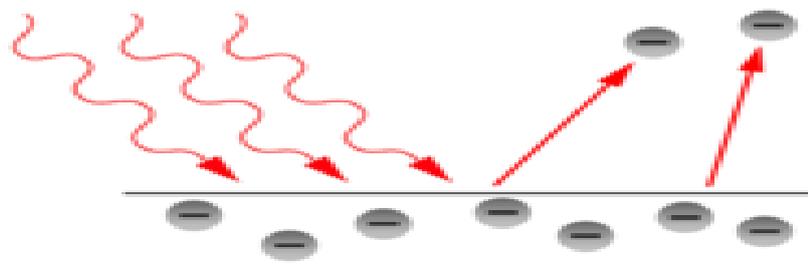
$f$  é a frequência da radiação.

No fundo, o problema estudado por Planck está ligado à interação da radiação (luz emitida) e matéria (o corpo metálico) e que representava resultados experimentais bastante conhecidos. A proposta de Planck era a única possibilidade teórica que justificava os dados experimentais.

Alguns anos mais tarde Albert Einstein (1879 - 1955) trabalhou em cima das ideias propostas por Planck para explicar o efeito fotoelétrico, o qual consiste na emissão de elétrons por materiais metálicos, quando sobre eles incide um feixe de luz. Dessa forma, Einstein acreditava que a luz se propagava na forma de quanta de

energia. Neste sentido, Einstein avançou além de Planck, pois ele acreditava que a luz se comportava como partícula, denominando essas partículas como “fótons”.

Figura 3.10: Efeito fotoelétrico.



Fonte: Disponível: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAATrkAB/postulado-einstein-sobre-quanta-luz-efeito-fotoeletrico>. Acesso em 25/09/2015

Einstein afirmava que a luz comportava-se como um feixe de partículas e somente os elétrons atingidos por um dos fótons é que seriam afetados. E para uma destas partículas serem ejetadas ou não, dependia da energia contida do fóton, sendo assim, a energia dependia diretamente da frequência. No caso em que apresenta abaixo de uma frequência crítica, não há o efeito, sendo impossível deslocar os elétrons.

Logo, a energia do fóton é igual à energia necessária para remover um elétron mais a energia cinética do elétron emitida.

$$h \cdot f = \phi + E_{cmax}$$

(Expressão 7)

Na qual:

$\phi$  é a função trabalho que é igual  $\phi = h \cdot f_0$ ;

$E_{cmax}$  corresponde a energia cinética máxima;

$f_0$  é a frequência mínima para ocorrer o efeito elétrico.

Outro aspecto importante é que o elétron pode absorver o fóton, aumentando a sua energia dentro do material, adquirindo energia suficiente para deixar o material.

Em 1924, o físico francês Louis Victor de Broglie, tendo também como base os estudos de Einstein sobre o efeito fotoelétrico, postulou que as partículas tinham comportamento ondulatório, relacionando o comprimento de onda ( $\lambda$ ), com a massa ( $m$ ) e a velocidade da partícula ( $v$ ), por meio da relação  $\lambda = h/m.v$ . Pode-se notar na relação que a medida que a massa ou a velocidade aumenta, o comprimento de onda diminui.

### 3.3 Radiação Eletromagnética

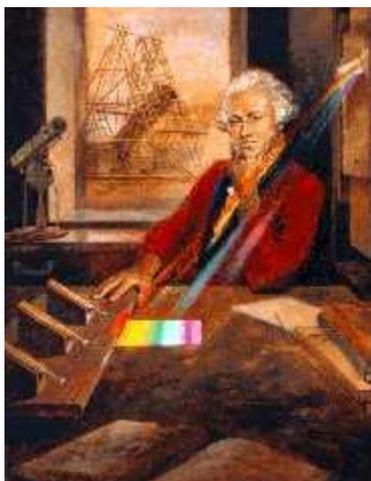
Os primeiros passos para a compreensão dos processos de emissão de luz proveniente dos corpos celestes teve início nos experimentos de Issac Newton, em 1666, em seus estudos sobre a natureza da luz. A luz branca decomposta por um prisma foi nomeada por Newton de espectro (do latim “*spectrum*”, que significa fantasma ou aparição). A seguir é mostrada a descrição da experiência da decomposição da luz branca realizada por Newton em sua própria linguagem:

No ano de 1666 (em que eu me ocupava da lapidação de vidros óticos de formatos outros que não os esféricos) preparei um prisma triangular de vidro para tentar com ele produzir os celebres fenômenos das cores. E, com esse propósito, escureci a minha câmara, fiz um pequeno furo no postigo de minha janela para deixar entrar uma quantidade suficiente de luz do Sol e coloquei o meu prisma à sua entrada, de modo que pudesse ser refratada para a parede oposta. Foi a princípio um divertimento muito agradável ver as cores vivas e intensas assim produzidas (EINSTEIN; INFELD; tradução, Giasone Rebuá, 2008, p. 87.).

Tal experiência reproduz o mesmo resultado de um dos fenômenos mais belos da natureza, o arco-íris. Este fenômeno óptico é causado pela dispersão da luz solar em gotas de água durante ou após a chuva. Ao passar por uma gota de chuva, a velocidade do raio de luz sofre alteração (refração) e ele é separado em ondas de diferentes frequências (dispersão). Estas ondas atingem o fundo da gota de água e são refletidas em direção ao observador, apresentando ângulos um pouco diferentes entre si, frequência da luz vermelha com  $42^\circ$  e violeta com  $40^\circ$ , ambas em relação ao raio solar não decomposto. É importante lembrar que o arco-íris se forma sempre na direção oposta do Sol com relação ao observador.

Com a finalidade de estudar a relação entre as cores do espectro eletromagnético e a temperatura, o astrônomo inglês William Herschel (1738 - 1822) repetiu a experiência de Newton. Utilizando um prisma de vidro para separar as cores da luz visível do Sol (Figura 3.11), Herschel direcionou cada uma das cores de luz (espectro eletromagnético da faixa do visível) para o bulbo enegrecido de um termômetro de mercúrio, indo do violeta ao vermelho, ao qual foi registrando uma série de temperaturas crescentes, progressivamente, nesta direção. Para a sua surpresa, foi observada uma banda do espectro eletromagnético, ainda desconhecido, que se encontrava na região da luz visível, logo após o vermelho. Esta região, denominada por Herschel de raios caloríficos mostrava uma acentuada temperatura em relação às outras regiões do espectro. Posteriormente, esta região do espectro foi chamada de infravermelho.

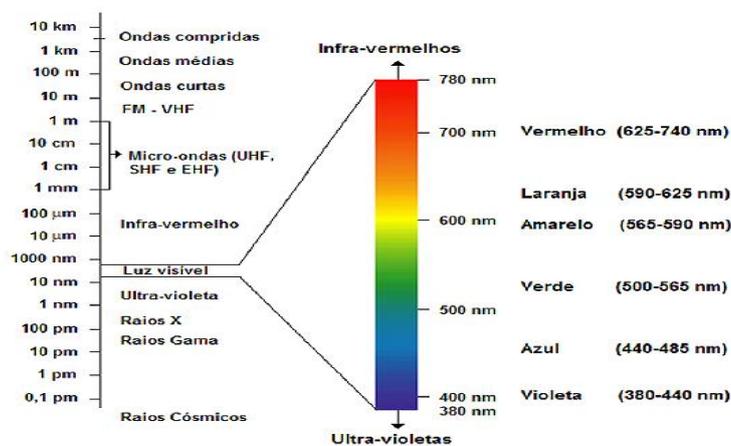
Figura 3.11: William Herschel – descoberta da radiação infravermelha por meio de medições de temperatura.



Fonte: [http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/herschel/herschel\\_bio.shtml](http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/herschel/herschel_bio.shtml)

E assim, as faixas do espectro eletromagnético (Figura 3.12) foram sendo conhecidas por diferentes físicos ao longo da história, por exemplo, a descoberta do Raio X pelo físico alemão Wilhelm Conrad Rontgen em 1895, os quais deram importantes contribuições para a compreensão atual dessa entidade física.

Figura 3.12: Representação do espectro eletromagnético dividido em bandas espectrais, com seus respectivos comprimentos de onda.



Fonte: <https://www.infoenem.com.br/sabia-que-fisica-moderna-cai-e-muito-no-enem/>

As ondas eletromagnéticas possuem a mesma descrição física, se originam do movimento acelerado de cargas elétricas, consistem de campos elétricos e magnéticos que vibram nos planos perpendiculares entre si, e em relação à direção de propagação, apresentam a mesma quantidade de velocidade no vácuo e transportam energia. No entanto, as ondas eletromagnéticas apresentam diferentes frequências e comprimentos de onda.

Como é mostrado na Figura 3.12, a radiação eletromagnética pode ser observada sob diferentes formas, ou seja, em diferentes faixas espectrais: luz visível, infravermelho, ultravioleta, ondas de rádio, etc., e para cada faixa do espectro é necessário de um detector diferente. Por exemplo, observações em certas faixas espectrais, como Raio X, ultravioleta e infravermelho, são melhores realizadas por satélites, pois a atmosfera terrestre absorve boa parte dessas frequências, impedindo a captação de fotos em telescópios terrestres.

Entre esses telescópios espaciais podemos citar o telescópio Espacial Hubble, que capta fótons do ultravioleta até o infravermelho, os satélites infravermelho IRAS (*Infra-Red Astronomical Satellite*) e ISO (*Infra-Red Space Observatory*), Einstein, Chandra e XMM-Newton que conseguem observar na faixa de Raio-X e COBE (*Cosmic Background Explorer*) que detecta as micro-ondas.

O espectro eletromagnético de uma fonte astrofísica nos fornece informações associadas com os processos físicos que ocorrem desde a fonte, até o detector que a observa. A extensão observável do espectro eletromagnético em Astrofísica nos

permite estudar os processos que ocorrem a nível atômico e molecular, podendo inferir características próprias do objeto que está sendo estudado. Por exemplo, se o objeto em questão for estrela podemos saber a sua temperatura, luminosidade, composição química, massa, estrutura interna, idade, se ela possui planetas ao seu redor, etc.

### 3.4 Processos de Fotometria

Algumas das atividades que serão usadas na sequência didática fazem uso do conceito de brilho, cor e magnitude dos objetos, entre outros aspectos (ver APÊNDICES B8 e B9). Nessa seção, é feita uma breve revisão sobre o tema, assim como apresentadas algumas referências que podem também serem utilizadas como texto básico.

O desejo de desvendar os mistérios que cercam os corpos celestes vem sendo motivo de estudos desde os tempos remotos. Seus frutos contribuíram, e vem contribuindo, muito na sociedade. Por meio dos estudos da Astronomia foi possível, por exemplo, fazer medições do tempo, marcar as estações do ano, ajudar na agricultura e navegar nos vastos oceanos.

Nos dias atuais, os resultados do desenvolvimento científico e tecnológico da Astronomia e áreas afins vêm sendo corriqueiramente transformando e aprimorando algumas ferramentas que se tornaram, muitas vezes, essenciais para o nosso cotidiano, como computadores, celulares (*smartphone*), Sistema de Posicionamento Global (GPS), painéis solares, etc.

O Prêmio Nobel da Física (2009) atribuído aos Físicos Willard S. Boyle e George E. Smith, pelo desenvolvimento de sensores de captação de imagens, conhecidos por CCD, é um exemplo de reconhecimento da real importância dos estudos na área da Astronomia na nossa vida cotidiana. Esses sensores que foram desenvolvidos para capturar imagens do Universo com uma melhor resolução, hoje fazem parte do domínio popular, como câmeras fotográficas digitais e nos aparelho de *smartphone*.

Mas todas essas tecnologias foram desenvolvidas em consonância com os avanços científicos em meio a necessidades instrumentais para o aprofundamento dos estudos na área da Astronomia e afins. O primeiro instrumento de observação

astronômica era o olho humano, ajudado por vários aparatos mecânicos para medir a posição dos corpos celestes. Posteriormente, ocorreu a invenção do telescópio, no século XVII, e as contribuições das observações astronômicas de Galileu. O uso das fotografias na Astronomia iniciou no fim do século XIX, e com o desenvolvimento de vários tipos de detectores eletrônicos, cada vez mais modernos, possibilitou realizar estudos das radiações eletromagnéticas vindo do espaço, desde a radiação gama até as ondas de rádio, ou seja, toda a faixa espectral do espectro eletromagnético (S.O. KEPLER; SARAIVA, 2003).

Uma das principais técnicas de estudos dos corpos celestes é a fotometria, que consiste no processo de medir a quantidade de luz recebida de um objeto, ou seja, a quantidade de fótons provenientes de certa fonte astrofísica, de maneira a conseguir a magnitude de uma fonte (LOPES; PEREIRA, 2005).

A fotometria é usada na Astronomia para medir as variações de brilho de um objeto, como uma estrela variável ou uma supernova; são classificadas estrelas variáveis aquelas em que não apresentam apenas as flutuações normais de grandes conjuntos de partículas em movimentos turbulentos, mas apresentam amplitudes mensuráveis com certo grau de regularidade. Nesse processo são capturadas várias imagens da mesma estrela durante noites sucessivas e suas contagens são analisadas comparando com uma estrela de brilho não variável. Também a fotometria é usada para medir o brilho aparente de uma estrela, tendo em vista o cálculo de sua distância. (GREGÓRIO-HETEM; AMÔRES; SHIDA, 2005)

No século II a.C., Hiparco (190 a.C – 120 a.C) classificou as estrelas em magnitudes, conforme o seu grau de brilho. As estrelas que apresentavam maior intensidade de brilho eram classificadas como de primeira magnitude e aquelas com menor intensidade de sexta magnitude. Esta técnica realizada a olho nu foi aperfeiçoada posteriormente por Ptolomeu (90 d.C – 168 d.C).

Por ser uma técnica que segue a sensibilidade do olho humano, ela é por natureza, uma escala de brilho aparente, em que a estrela de maior brilho tem menor magnitude. A escala de magnitude usada nos dias atuais, com uso dos sensores eletrônicos, é descendente direta da escala de Hiparco.

No processo de fotometria, a luz passa por diferentes filtros. Cada filtro permite transmitir apenas uma parte específica do espectro eletromagnético, rejeitando todas as outras. Um dos sistemas fotométricos mais utilizado é denominado de sistema UBV Johnson, são empregados três filtros de banda: U

(“ultravioleta”), B (“azul”) e V (“Visual – amarelo esverdeado”), cada um ocupando as diferentes regiões do espectro eletromagnético.

Nos diferentes sistemas de magnitude multicolor definem-se os índices de cor como a razão entre os fluxos em duas bandas diferentes, ou equivalentemente, semelhantes à diferença entre duas magnitudes do sistema. Como por exemplo, subtraindo a magnitude V da magnitude B teremos o índice de cor B-V, subtraindo a magnitude B da magnitude U teremos o índice de cor U-B, e assim sucessivamente.

Os índices de cor são apresentados com valores típicos de décimos ou centésimos de magnitudes, com os valores, do índice de cor podemos determinar a intensidade de temperatura de uma estrela.

## 4 CAMINHOS DA PESQUISA

A presente pesquisa, que teve como principal objetivo analisar como a introdução da Física Moderna no Ensino Médio, mediado pelo estudo da Astronomia, pode favorecer as práticas de ensino e aprendizagem da Física, na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a partir do uso de sequência didática, foi desenvolvida sob a abordagem quali-quantitativa, a partir da qual elaboramos um trabalho descritivo-compreensivo.

As abordagens qualitativa e quantitativa, em suas particularidades, apresentam vantagens e desvantagens em um trabalho científico. Fonseca (2002) ao comparar os aspectos desses tipos de abordagens de pesquisa destaca, por exemplo, que a pesquisa qualitativa apresenta um maior enfoque na interpretação do objeto do que ocorre na pesquisa quantitativa. Já no que se refere ao aspecto teórico e hipótese, a pesquisa quantitativa consegue defini-las com mais rigor.

No entanto, Vianna (2003, p.78) afirma que:

Não se deve considerar o qualitativo e o quantitativo como polos opostos, pois ambos os tipos de abordagem são faces de uma única moeda e constituem procedimentos de pesquisa que muitas vezes se completam.

Concordando com as ideias, Minayo diz:

A relação entre quantitativo e qualitativo (...) não pode ser pensada como oposição contraditória (...) é de se desejar que as relações sociais possam ser analisadas em seus aspectos mais “concretos” e aprofundadas em seus significados mais essenciais. Assim, o estudo quantitativo pode gerar questões para ser aprofundadas qualitativamente e vice-versa (MINAYO, 1993, p. 247).

Portanto, a escolha por uma abordagem quali-quantitativa se deu por compreendermos que estas duas formas de abordagens podem se complementar, contribuindo para um trabalho científico mais rico e fidedigno, obtendo uma compreensão e explicação mais ampla do tema estudado (GIDDENS, 2012, p. 26).

Nesse contexto de abordagem de pesquisa, utilizamos os seguintes instrumentos: Questionários (Pré-teste e Pós-teste); Entrevista com o professor da turma; Atividades que constituíram a Sequência Didática (APÊNDICE B); Observação.

Optamos pela observação por proporcionar uma maior aproximação entre o pesquisador e seu objeto de estudo, além de auxiliar na elaboração e no desenvolvimento dos instrumentos de coleta, através da identificação de elementos característicos que contribuiriam para traçar o “perfil” da turma, em que foi desenvolvida a Sequência Didática, e descrever aspectos cognitivos observados no ambiente de aprendizagem inerentes ao ensino da Física Moderna, mediado pela Astronomia.

Ludke e André (1986) relatam que tanto a observação, quanto as entrevistas são destaques em pesquisas educacionais, e mesmo sendo usadas com outros métodos de coleta possibilitam um contato pessoal e estreito entre os envolvidos na pesquisa.

A observação direta permite também que o observador chegue mais perto da “perspectiva dos sujeitos”, um importante alvo nas abordagens qualitativas. Na medida em que o observador acompanha *in loco* as experiências diárias dos sujeitos, pode tentar apreender a sua visão de mundo, isto é, o significado que eles atribuem à realidade que o cerca e às suas próprias ações (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p. 26).

Juntamente com as observações e entrevista, desenvolvemos um questionário, que constituiu o Pré-teste e Pós-teste com questões objetivas e subjetivas que abordaram tópicos da Física Moderna e Astronomia. Estas questões, usadas inicialmente no Pré-teste, serviram para fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, ponto inicial para o planejamento das atividades que foram desenvolvidas por esta pesquisa, posto concordarmos com Ausubel (1978) ao afirmar que, o fator mais importante para se conseguir promover aprendizagem significativa é justamente conhecer aquilo que o aluno já sabe a respeito dos conceitos que serão trabalhados.

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que

influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, 1978, p. IV).

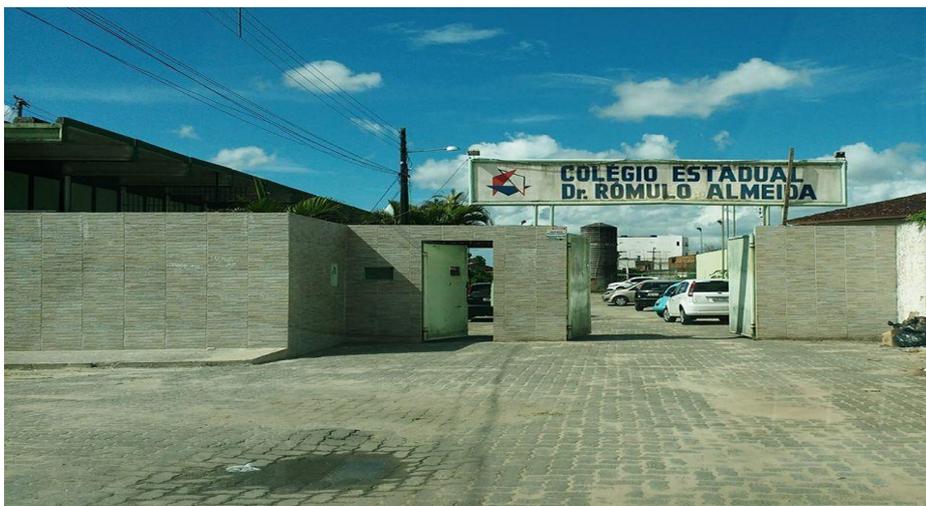
O uso do questionário com as mesmas questões foi usado no Pós-teste, com a finalidade de fazer um levantamento da evolução dos estudantes em relação aos conteúdos abordados nas situações vivenciadas durante o desenvolvimento da Sequência Didática.

Antes do desenvolvimento das atividades que constituiu a Sequência Didática, fizemos uma entrevista com o professor de Física da turma com o objetivo de saber se os tópicos da Física Moderna e da Astronomia são trabalhados nas aulas de Física e como são abordados. Esta entrevista permitiu também fazer um pré-reconhecimento do perfil da turma a partir dos relatos do professor sobre sua relação interpessoal com os seus alunos.

A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informação e sobre os mais variados tópicos. Uma entrevista bem feita pode permitir o tratamento de assuntos de natureza estritamente pessoal e íntima, assim como temas de natureza complexa e de escolhas nitidamente individuais. Pode permitir o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de alcance mais superficial, como o questionário (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p. 34).

O desenvolvimento da Sequência Didática ocorreu entre os dias 9 a 12/12/2015 e no dia 16 do mesmo mês, no Colégio Estadual Democrático do 2º Grau Dr. Romulo Almeida, localizado no município de Santo Antônio de Jesus, na região do Recôncavo da Bahia. O Colégio está localizado na Rua Conselheiro José Casães e Silva, no bairro Nossa Senhora das Graças. Esse apresenta uma boa estrutura física, possui em sua área algumas árvores que tornam o ambiente arejado e agradável; as salas de aula contêm ventiladores de parede; um pátio amplo; uma quadra de esporte; um laboratório de informática com oito computadores em bom estado de uso e uma biblioteca. A Figura 4.1 apresenta uma foto do Colégio.

Figura 4.1: Colégio Estadual Democrático do 2º Grau Dr. Romulo Almeida.



Fonte: Elaboração própria.

A Sequência Didática foi realizada no período da tarde com 25 alunos da 3ª Série do Ensino Médio, do turno matutino, durante cinco dias. Cada encontro teve a duração de quatro horas, sendo que as atividades da sequência foram sendo realizadas neste tempo, conforme o desenvolvimento dos sujeitos.

Esses alunos que participaram de forma voluntária dos encontros têm semanalmente 2 horas-aulas de 50 minutos da disciplina de Física, administradas por um professor licenciado na área, o qual chamaremos a partir de agora de Professor João. As aulas são ministradas com enfoque apenas na Física Clássica, sem fazer qualquer direcionamento para a Astronomia, conforme narrativa do docente da disciplina:

*“Nas quatro unidades que são divididas o ano letivo, trabalho com os alunos da 3ª Série os seguintes conteúdos: Campo e Potencial Elétrico; Circuitos Elétricos de Corrente Contínua; Magnetismo e Eletromagnetismo. Não nunca trabalhei com tópicos da Física Moderna e nem com conteúdo da Astronomia” (Prof. João).*

O professor João também mencionou que no final da terceira unidade alguns alunos desenvolveram um trabalho onde abordou, de forma singela, o tópico: a Dualidade da luz, e foi apresentado na “Feira de Ciências” da escola. Portanto, alguns alunos tiveram uma única experiência com um único tópico da Física

Moderna (que não foi trabalhado na aula de Física) por meio do projeto interdisciplinar “Feira de Ciências”.

Na tentativa de entender melhor o motivo da ausência do ensino da Astronomia na aula do Professor João, realizamos uma entrevista aberta com o mesmo, o qual relatou que a ausência desta ciência em sua prática docente está relacionada à sua formação, que não a contemplou e a carência de suportes didáticos fulcrais na implementação em suas aulas.

O primeiro argumento do Professor João, reforça a premissa de Leite e Hosoume (2007, p. 36) onde afirmam que “o despreparo dos professores leva-os a terem receio de trabalharem a Astronomia em sala de aula, sentindo-se incapazes de suprir as expectativas tanto suas quanto de seus educandos”. Já o segundo argumento, ratifica a importância do nosso produto (Sequência Didática) no contexto do Ensino de Física, frente a grande carência de materiais e suportes didáticos que contemplem tópicos da Física Moderna à luz da Astronomia e ofereçam condições de abordá-los com segurança e sob perspectivas didáticas que favoreçam uma aprendizagem significativa.

Durante os encontros, os alunos foram envolvidos em atividades constitutivas da Sequência Didática (APÊNDICE B), a qual foi embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa. A Sequência intitulada “*Conhecendo o Universo Através das Cores*”, teve como temática central *Radiações Eletromagnéticas* e abordava os seguintes conteúdos: Noções sobre o processo de Fotometria, propriedades geométricas e físicas da luz, a Dualidade da Luz, Corpo Negro, Lei de Planck, Lei de Wien e Noção de formação de imagem astronômica em um CCD.

Os objetivos ao realizar esta Sequência Didática foram:

#### Geral

- ✓ Proporcionar ao professor de Física da Educação Básica um suporte didático que contemple tópicos da Física Moderna à luz da Astronomia.

#### Específicos

- ✓ Promover aprendizagem significativa da Física Moderna mediado pela Astronomia;

- ✓ Proporcionar atividades prazerosas e contextualizadas com a realidade do aluno, ao tempo que favoreça a evolução epistemológica do mesmo;
- ✓ Colocar em prática abordagens que estejam em consonância com a proposta de reforma curricular dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino de Física.

A Sequência Didática, desenvolvida com os estudantes constituiu-se simultaneamente em instrumento e produto da pesquisa. A escolha por este produto adveio de observações, enquanto professor de Física, frente a grande carência de materiais didáticos que contemplem tópicos da Física Moderna, à luz da Astronomia, posto ser esta uma das ciências que desperta curiosidade nas pessoas em toda faixa etária, principalmente entre os jovens.

As atividades foram pensadas de maneira que atraíssem atenção dos alunos, a partir da curiosidade que geralmente os fenômenos astronômicos causam naqueles que os observam. As atividades foram organizadas de forma ascendente, em termos de complexidade, e primando pela correlação entre elas.

Assim, após uma breve exposição do tema e dos objetivos da proposta didática, foi entregue um termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A) para os estudantes que se interessaram em participar voluntariamente da pesquisa.

O desenvolvimento da Sequência Didática em sala de aula é exposto no APÊNDICE B do presente trabalho.

A seguir, encontram-se duas tabelas, respectivamente, dos textos e vídeos utilizados na Sequência Didática que poderão auxiliar o leitor a identificá-los, de forma mais rápida, na leitura do próximo capítulo.

Tabela 4.1 Vídeos utilizados na Sequência Didática

<b>Vídeo</b>	<b>Descrição</b>
1	“A imensidão do micro e do macro cosmo”
2	Faz parte de uma coletânea de vídeo-aulas elaborada pelo professor de Física Amadeu Albino Júnior, conhecido como Mago da Física.
3	Dr. Quântica – O experimento da fenda dupla

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.2 Textos utilizados na Sequência Didática

<b>Texto</b>	<b>Descrição</b>
1	“O Universo é um Laboratório de Física” (ANEXO A) do livro “Fascínio do Universo”
2	“Conhecendo as Radiações”
3	“Conhecendo o céu através do espectro eletromagnético”.
4	“O Brilho das Estrelas”.

Fonte: Elaboração própria.

Com intuito de oferecer um maior auxílio ao leitor no próximo capítulo, apresentamos na Tabela 4.3 a sequência de atividades que compõe a Sequência Didática.

Tabela 4.3 Sequência de atividades que compõe a Sequência Didática.

<b>Aula</b>	<b>Atividade</b>
1	Aplicação do Pré-teste.
2	Discussão do Texto 1 e Vídeo 1.
3	Atividade de Problematização – Cartas
4	Estudos das cores primárias e secundárias.
5	“Canhão de Luz”.
6	Aula dialogada sobre processos de síntese aditiva e subtrativa da luz fazendo uso do Vídeo 2.
7	Aula dialogada sobre algumas teorias da natureza da luz.
8	Discussão do Texto 2 e do Texto 3.
9	Construção de espectroscópio com cano de PVC.
10	Comprimento de onda – <i>Software</i> “Luz do Espectro”.
11	Discussão do Texto 4.
12	Aula dialogada sobre Fotometria.
13	Construção do Diagrama H-R.
14	Corpo Negro – <i>Software</i> “Curvas de Corpos Negros e Filtros Exploradores”.
15	Formação de imagem - CCD.
16	Aula dialogada sobre formação de imagens astronômicas por um CCD.
17	Aplicação do Pós-teste.

Fonte: Elaboração própria.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

As atividades didáticas que integram a Sequência Didática foram organizadas em dezessete aulas, o que consideramos um número positivamente expressivo, comparado a outros trabalhos com uso dessa metodologia de ensino (CUNHA, 2011; PEREIRA E SCHUHMACHER, 2013; COSTA E FONSECA, 2014), que geralmente fazem uso de uma média de cinco aulas para desenvolvimento da Sequência Didática. Durante esse período fizemos observação da evolução epistemológica dos alunos, a partir do desenvolvimento das atividades constitutivas da Sequência Didática, e por meio do questionário.

Consideramos também como suporte analítico, as interações ocorridas entre professor-aluno e aluno-aluno, durante a realização das atividades. Dessa maneira, ao serem discutidas as atividades que integram a Sequência Didática, serão apresentadas as reações dos alunos diante dos desafios postos por cada atividade e as trocas epistemológicas ocorridas durante as resoluções das mesmas.

Inicialmente, fizemos uso de um pré-teste, cuja finalidade foi levantar os conhecimentos prévios dos alunos ou conceitos subsunçores a respeito dos tópicos de Astronomia e Física Moderna que foram abordados durante a Sequência Didática. A partir desse levantamento foram pensadas as atividades, levando-se em consideração a estrutura cognitiva dos estudantes.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, portanto, é o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo. Esta condição implica não só que o material seja suficientemente não arbitrário em si, de modo que possa ser aprendido, mas também que o aprendiz tenha disponível em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados (MOREIRA, 2011, p.164).

Os resultados do Pré-teste serão apresentados ao final deste capítulo, onde será feita uma análise contrastiva visando realçar o sentido pedagógico e formativo da Sequência Didática, enquanto suporte mediador do ensino e aprendizado da Física Moderna à luz da Astronomia, sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa.

A partir daqui passamos então, a apresentar os resultados da pesquisa decorrentes do trabalho empírico, dialogando com os suportes teóricos, especificamente, a Teoria da Aprendizagem Significativa e as narrativas dos estudantes, tendo sempre como diretriz analítica o problema de pesquisa enunciado.

Em sequência ao Pré-teste, apresentamos aos alunos a *segunda atividade* que constitui no estudo e discussão do Texto 1 “O Universo é um Laboratório de Física” (Anexo I) do livro “Fascínio do Universo” correlacionando-o com o Vídeo 1 de curta duração “A imensidão do micro e do macrocosmo”. A curiosidade dos alunos a respeito de alguns fenômenos astronômicos foi potencializada com esta atividade.

Foi constatado que, dos 25 alunos participantes da pesquisa, 18 (que corresponde a 72%) fizeram uma leitura prévia do texto e responderam as questões que foram sugeridas para auxiliar a leitura; 2 alunos apenas leram o texto (8%) e 5 estudantes não leram e nem responderam às questões (20%) do texto.

Durante a discussão do texto e do vídeo observamos manifestação de interesse da maioria dos alunos, nos diversos temas que foram abordados. Alguns também manifestaram curiosidade de tópicos da Astronomia que não foram abordados no texto como, por exemplo, buraco negro. Conforme aconteciam as exposições de interesses, os alunos também exibiam seus conhecimentos prévios.

Alguns alunos demonstraram conhecer algumas faixas do espectro eletromagnético, como, por exemplo, “Raio X”, o qual relataram ser usado em exame clínico; a “luz infravermelha” que pode ser captada pela visão de algumas espécies de cobras e por tecnologias usadas pelo exercido para obter uma melhor visão noturna; “micro-ondas” usadas para cozinhar os alimentos. Mas não fizeram nenhuma menção às frequências e comprimentos de ondas que estes tipos de radiações possuem. Também não reconheciam a luz visível como um tipo de onda eletromagnética.

Ao serem instigados sobre os tipos de telescópios e suas funções no estudo da Astronomia, a maioria dos alunos acreditava que as observações por meio desses aparelhos eram ainda feitas da mesma maneira da época de Galileu em uso de sua luneta (a partir da observação ocular). Como também não imaginavam que a atmosfera terrestre absorvesse alguns tipos de radiações, interferindo em algumas observações astronômicas, e por este motivo há a necessidade de termos telescópios no espaço. Os alunos também manifestaram certa ignorância no processo de como são capturadas as imagens astronômicas.

O Texto 1 e Vídeo 1 abordaram de forma sucinta elementos conceituais que foram trabalhados pelas atividades posteriores que tiveram uma direção mais aprofundada dos conteúdos, como, por exemplo, espectro eletromagnético; fotometria e formação de imagem astronômica – CDD. Portanto, podemos considerar esse tipo de atividade, que teve como objetivo motivar o aluno e prepará-lo para o assunto que seria trabalhado, como organizadores prévios. Atividades com essa intencionalidade são sugeridas por Ausubel (1980), o qual acredita que facilita a aprendizagem significativa.

São considerados organizadores prévios materiais introdutórios apresentados previamente ao material que será aprendido em si, os quais servirão como estimuladores para os alunos desenvolverem conceitos subsunçores, que contribuirão na aprendizagem subsequente. Conforme Ausubel (1978, p.171), “A principal função do organizador prévio é servir de ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara”.

Moreira (2006, p. 23) ratifica: “ou seja, organizadores prévios servem para facilitar a aprendizagem, na medida em que funcionam como pontes cognitivas”.

Esta aula teve também como objetivo estimular o interesse dos alunos para os conteúdos propostos pela Sequência Didática, uma vez que a predisposição do aluno a aprender um determinado conceito é uma das condições necessárias para que ocorra aprendizagem significativa. Ao discutir sobre as condições necessárias para ocorrer a aprendizagem significativa Moreira (2011, p. 164) enfatiza que, “outra condição é que o aprendiz manifesta uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva”.

Ao término dessa aula constatamos que os estudantes possuíam alguns conhecimentos prévios em consonância com o conhecimento científico. No entanto, estes eram apresentados de forma insegura pelos alunos e com lacunas conceituais relacionadas aos conteúdos abordados. Demonstrando dessa forma a necessidade de atividades que proporcionassem situações problematizadoras que os conduzissem a construir subsunçores adequados para a ancoragem dos conteúdos que são propostos por esta Sequência Didática.

Em razão do diagnóstico mencionado acima, a *terceira aula* foi iniciada por uma atividade problematizadora. Apresentamos cartas (APÊNDICE C) em que uma

das faces de cada carta continha uma imagem astronômica como, por exemplo, galáxia, super nova, “Lua vermelha” e nebulosa. E na outra face, informação sobre a imagem e um questionamento.

As imagens contidas nas cartas despertaram muita curiosidade dos alunos. No momento que ocorreu o compartilhamento das informações das imagens e das perguntas, juntamente com as respectivas formulações das respostas elaboradas por cada grupo, foi possível perceber um entusiasmo nas apresentações e atenção dos grupos que assistiam. A Figura 5.1 mostra uma foto de um grupo formulando sua resposta para o questionamento contido na carta.

Figura 5.1: Grupo de alunos analisando a imagem astronômica e a problemática contida na carta.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme nossa expectativa, a maioria das equipes não conseguiu alcançar resposta satisfatória, cientificamente, já que os mesmos demonstraram não possuir um repertório de conhecimentos de Astronomia suficientes. Nas apresentações não foram feitas correções das respostas fornecidas pelas equipes, fizemos algumas indagações que levaram os estudantes a refletirem melhor sobre suas respectivas respostas, a fim de proporcionar novas oportunidades para reformularem as respostas<sup>2</sup> durante o desenvolvimento da Sequência Didática. A seguir são apresentadas algumas respostas que evidenciam, de forma mais expressiva, a ocorrência em termos de conhecimentos prévios importantes a serem trabalhados,

---

<sup>2</sup> Com objetivo de garantir a preservação dos nomes dos estudantes, os identificamos como A1, A2, A3..., e assim sucessivamente. E como esta atividade as respostas foram elaboradas por grupo, os autores das mesmas são mencionadas como grupo 1, grupo 2, ..., e assim por diante.

ao tempo em que se constrói subsunçores<sup>3</sup> específicos, que colaborarão para a ancoragem do conhecimento a ser abordado.

A pergunta da Carta 1 procurou identificar os conhecimentos do grupo a respeito das classificações das estrelas que podem ser dadas pela sua magnitude. A resposta foi a seguinte:

*Por meio do seu tamanho, da posição em que se encontra na galáxia e da distância entre elas e entre a Terra. (Resposta do Grupo 1).*

Esta resposta elaborada pelo Grupo 1, assim como os comentários durante a explicação da mesma, aproximam-se muito de algo que podemos considerar como conceitos intuitivos, ao estimar a distância entre dois objetos celestes ou estimar qual deles se encontra mais próximo da Terra, pela simples observação ocular.

Na quarta Carta foi apresentada uma foto da Dr<sup>a</sup> Tracy Caldwell observando a Terra no observatório Cúpola da Estação Espacial. No verso foram feitas duas perguntas que também estavam presentes no questionário do pré-teste. As perguntas foram: Por que o céu é azul? Por que as nuvens são brancas?

As respostas fornecidas pelo Grupo 4 foram confusas e pouco se aproximaram das explicações científicas.

*Porque os raios ultravioletas entram em contato com a atmosfera fazendo com que a mesma fique com a cor azulada (Resposta do Grupo 4).*

*Porque as nuvens normalmente são cinza e quando ela recebe a luz solar fica com uma totalidade branca, por conta ela ser iluminada (Resposta do Grupo 4).*

Estes questionamentos por tratarem de fenômenos do cotidiano dos estudantes provocaram bastante polêmica. Após apresentação das respostas, criamos espaço para discussão com a turma, onde vários alunos deram novas explicações, que podemos classificar como ingênuas.

---

<sup>3</sup> Entendemos subsunçores enquanto conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo e que está em consonância com o conhecimento científico. Portanto, nem todos os conhecimentos prévios podem ser considerados como subsunçores.

*O céu é azul devido o reflexo da luz do oceano. (Resposta do Aluno A7)*

*O céu é um tipo de espelho do oceano. (Resposta do Aluno A18)*

Ao questionarmos sobre tais respostas, um aluno se manifestou e se fundamentou em um trabalho realizado na disciplina de Química, há um tempo. Com pouca segurança, o mesmo afirmou que em sua pesquisa viu que “A luz do Sol incide na superfície do mar e é refletida somente a luz azul. Fazendo com que o céu tenha uma cor azulada”. Esta resposta demonstra que o trabalho que foi realizado teve pouca ou nenhuma ancoragem com os conceitos ou proposições relevantes e preexistentes na estrutura cognitiva deste aprendiz, uma vez que não relaciona a cor azulada do céu com o fenômeno que é conhecido como “espalhamento de Rayleigh”. Não podemos estender esta afirmação para os outros alunos, uma vez que a aprendizagem é um processo individual, além de não termos ciência sobre como ocorreu o desenvolvimento dessa atividade de pesquisa realizada pelo professor de Química.

As respostas para estas e outras perguntas contidas nas cartas foram sendo retomadas e reformuladas no decorrer das aulas posteriores, conforme foram sendo tratados os assuntos com mais complexidade.

Dessa forma, seguimos para a *quarta aula* na qual abordamos os processos de síntese aditiva e subtrativa da luz.

Podemos considerar que esta foi uma das atividades que despertou mais entusiasmo nos alunos. Provavelmente por se tratar de uma atividade lúdica que antecedeu a abordagem do conteúdo.

Na primeira questão dessa atividade solicitamos que os estudantes ajudassem o Cebolinha (personagem da turma da Mônica) escolher três cores de tintas, e que com estas, pudesse obter qualquer coloração. Em seguida, na segunda questão, propomos que os alunos obtivessem determinadas cores a partir das misturas das três tintas que foram sugeridas para o Cebolinha.

As figuras, a seguir, mostram algumas fotos dos alunos descobrindo as combinações das cores.

Figura 5.2: Alunos respondendo a atividade 04



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.3: Alunos compreendendo o processo de obtenção das cores secundárias.



Fonte: Elaboração própria.

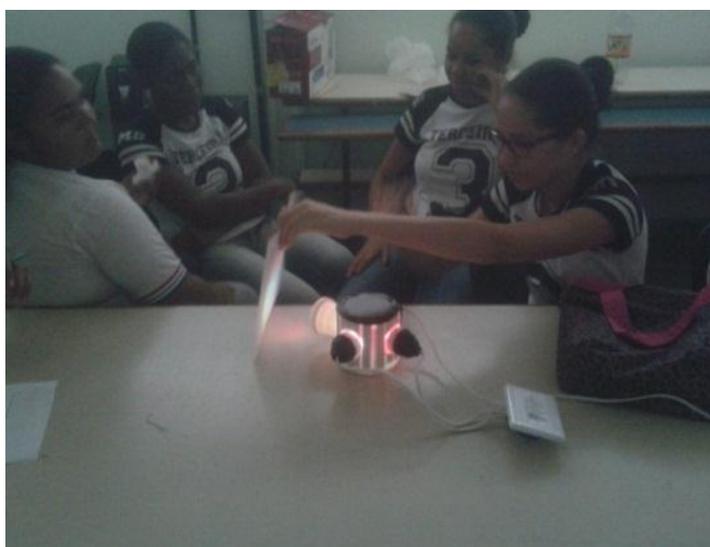
A maioria dos alunos, mesmo fazendo várias tentativas de combinações de cores, não conseguiu alcançar todas as cores que foram solicitadas na questão, uma vez que não acertou as cores primárias de pigmento.

Na última questão, o desafio foi desvendar quem estava certo em uma discussão envolvendo dois amigos, um pintor e um técnico de iluminação, a respeito das combinações das cores (ver a 2ª questão da atividade D).

Esta última questão foi mais aprofundada na aula seguinte (*quinta aula*), onde os alunos foram convidados a fazer uso do “Canhão de Luz<sup>4</sup>”. O manuseio desta ferramenta auxiliou os estudantes a elaborarem as respostas da atividade sobre síntese aditiva e subtrativa da luz proposta nesta aula (Apêndice E), além de possibilitarem a confrontação de suas respectivas respostas dadas na última questão da atividade anterior.

A imagem a seguir foi fotografada no momento em que algumas alunas manuseavam o instrumento “Canhão de Luz”.

Figura 5.4: Alunos respondendo a atividade 05



Fonte: Elaboração própria.

Com o intuito de retomar as discussões a respeito do processo de síntese aditiva e subtrativa da luz das aulas anteriores, pontuando os acertos e os erros das respostas dadas pelos alunos, ministramos uma aula dialogada sobre o referido conteúdo (*sexta aula*). Nesta aula utilizamos como suporte didático algumas apresentações de slides, contendo animações (APÊNDICE F) e o Vídeo 2. A Figura 5.5 mostra uma imagem onde os alunos estão assistindo ao vídeo.

---

<sup>4</sup> Instrumento experimental construído pelo autor desta pesquisa (Apêndice E)

Figura 5.5: Alunos assistindo o Vídeo 2.



Fonte: Elaboração própria.

Como se tratou de uma aula dialogada, os alunos tiveram toda a liberdade de intervir a qualquer momento. Muitos se lembraram de suas respostas anteriores e confrontaram com as explicações que foram apresentadas. Este tipo de “confronto” nos permite considerar a existência de possíveis indícios de construção de novos subsunçores que contribuiriam favoravelmente para a ancoragem do novo conhecimento na estrutura cognitiva dos estudantes. É importante salientar que a discussão durante esta aula foi conduzida com um nível maior de complexidade das atividades anteriores. Apresentado a luz visível como um tipo de onda eletromagnética; as frequências e comprimentos de ondas que correspondem a “cada cor”; o processo de formação do arco-íris; interação da luz com a matéria.

Esta aula também foi utilizada para promover o reforço de alguns conceitos prévios dos alunos a respeito da Óptica Geométrica e Física. A aula transcorreu com exemplos mediados pela Astronomia, o que despertou interesse nos estudantes. Abaixo segue relato feito por uma estudante no final dessa aula.

*Professor, eu lembro que estudei esse conteúdo no ano anterior (2ª Série do Ensino Médio), mas só agora que realmente fui compreender o que é refração (Relato do Aluno A9).*

Este comentário reforça a nossa hipótese que o ensino de Física se torna mais atrativo quando é mediado pela Astronomia, tendo em vista que esta pode contribuir para motivar o aluno a querer aprender, e, conseqüentemente, a efetivação de uma aprendizagem significativa, ao tempo que estendemos a mesma

conjectura para o uso da história e filosofia das ciências. Dessa forma, foi realizada, na *sétima aula*, uma breve discussão acerca da história e filosofia da natureza da luz, destacando as principais teorias.

Utilizamos como recurso didático o Vídeo 3 que contribuiu para atrair a atenção dos estudantes, além de possibilitar aos alunos a visualização do fenômeno dual da luz, que só poderia ser observado em laboratórios sofisticados.

As intervenções realizadas pelos alunos durante a sexta e sétima aula evidenciaram, que constantemente eles buscavam relacionar os conhecimentos aprendidos no desenvolvimento das atividades anteriores com os novos conceitos que estavam sendo apresentados. Esta forma de aquisição e organização de significados elaborados por estes alunos nos permite sinalizar a possível ocorrência de ancoragem do novo conhecimento, por meio da assimilação dos conceitos subsunçores que foram construídos anteriormente.

Ao final das atividades realizadas até aqui, observamos um amadurecimento na elaboração das perguntas e respostas dos alunos, demonstrando ocorrência de apropriação de conceitos científicos que, certamente decorreram da evolução epistemológica concernente aos conteúdos trabalhados.

Na oitava aula foram utilizados como organizadores prévios, os Textos 2 e 3. Nas atividades que envolveram textos, inclusive esta, ocorreu certa resistência por parte de alguns alunos. Mas mesmo assim observamos que a maioria dos estudantes aceitou a proposta de fazer uma leitura prévia dos textos, antes da aula, e mesmo aqueles que não leram, buscaram participar da discussão.

No momento em que trabalhamos os conceitos sobre ondas eletromagnéticas, alguns comentários dos estudantes nos chamaram atenção, como por exemplo:

*Eu sabia que ondas de Raio X, ultravioleta e infravermelho eram ondas eletromagnéticas, mas não sabia que a luz visível também era (Comentário do Aluno A1).*

*Onda eletromagnética na verdade é a “soma” de dois campos, elétrica e magnética, e é necessário variações no campo elétrico para provocar variações no campo magnético, ou o contrário (Comentário do Aluno A10).*

*(...) se propaga no “vácuo” com uma energia constante (Comentário da Aluna A13).*

*Apesar de serem todas ondas eletromagnéticas, elas apresentam frequências diferentes... Hum! Por isso que existem vários tipos de telescópios, um para cada tipo. (Comentário do Aluno A23).*

*HÁ! Atmosfera absorve alguns tipos de radiações, por isso que é necessário enviar telescópios para o espaço (Comentário da Aluna A5).*

*Hum... Como foi mostrado no vídeo do “Dr Quântica”, a luz pode ser partícula e onda... E o fóton é sacola de energia que a luz emite. Oh! Sacola não, pacotes de energia (Comentário do Aluno A24).*

*Lembrei que existe uma relação entre frequência e comprimento, essa quantidade definida de energia tem a ver com a frequência. Como cada tipo de onda possui uma frequência diferente, então cada onda possui uma quantidade definida de energia! (Comentário do Aluno A24).*

Os conteúdos sobre ondas eletromagnéticas associados aos conceitos relacionados à Astronomia e alguns tópicos da Física Moderna, foram sendo apresentados em função dos comentários e perguntas, como mostrados anteriormente, que surgiram durante a aula.

Analisando as narrativas dos alunos, é possível observar ocorrência de apropriação de alguns conceitos da Física Moderna. Ao expressar seu entendimento sobre a dualidade da luz, por exemplo, o Aluno 24 demonstra estar produzindo seu próprio significado a este conceito, ao passo que o relaciona com subsunçores que foram sendo elaborados durante o desenvolvimento dos organizadores prévios. No seu segundo comentário, o Aluno 24 também nos permite sinalizar que ele buscou dar significado conceitual à expressão  $E = h f$ , o que torna muito valioso para o seu processo de aprendizagem, uma vez que a expressão citada deixa de ser uma mera fórmula e passa ter um significado Físico para o aluno.

Podemos também perceber evolução epistemológica dos alunos concernente as Radiações Eletromagnéticas, ao comparar a compreensão inicial sobre o referido

conteúdo do Aluno A1, ao conceber a luz visível enquanto onda eletromagnética, com a do Aluno A10, ao explicar que para surgir onda eletromagnética é necessário variação de campo elétrico ou magnético.

A partir dessas observações podemos afirmar que há fortes indícios que ocorreu assimilação do novo conhecimento com os subsunçores, ou seja, a nova informação se relacionou com as preexistentes e se tornaram mais inclusivas e mais gerais na estrutura cognitiva da maioria dos alunos. É importante salientar que no processo de assimilação, tanto o novo conhecimento como os conhecimentos prévios são modificados, ao tempo em que os alunos dão novos significados aos mesmos. E este conhecimento passa ser mais geral e mais inclusivo na estrutura cognitiva do aprendiz.

O estudo da luz no Ensino Médio está, geralmente, condicionado ao estudo da Óptica Geométrica, negligenciando assim, discussões do ponto de vista da Física Moderna. Dessa forma, visando uma atividade experimental simples e acessível que pudesse contribuir para introdução ao estudo da luz, a partir das teorias concernentes a Física Moderna, propusemos na *nona aula*, a construção de um espectroscópio.

Iniciamos a atividade problematizando sobre como são feitos os estudos da natureza das estrelas. Sublinhando que a única coisa das estrelas que temos “acesso” são as radiações que elas emitem e apresentamos a utilidade do espectroscópio no ramo da Astronomia, o qual tem a finalidade de decompor a luz emitida pela estrela, e a partir daí, é possível saber sua composição química e muitas outras informações.

Durante a construção do espectroscópio (ver a nona aula no APÊNDICE B) observamos um grande envolvimento dos alunos e o espírito cooperativo entre si, o que nos chamou atenção. Conforme o aluno terminava o seu experimento, espontaneamente, dirigia-se ao colega que ainda estava no processo de construção para poder ajudá-lo.

Nesta aula foi possível aprofundar um pouco mais os conceitos sobre difração e de interferência, além de retomar algumas discussões das aulas anteriores, a fim de reforçar alguns conteúdos já trabalhados.

Após a construção do espectroscópio, convidamos os alunos a fazerem observação da faixa espectral da luz solar. Para tanto, orientamos a nunca utilizar o espectroscópio apontando diretamente para o Sol, devido o risco de danos

permanentes na retina. Lembramos que Galileu e Newton tiveram graves problemas de visão por direcionar a luneta diretamente para o Sol ao estudar as manchas solares.

A seguir são apresentadas algumas imagens dos alunos construindo o espectroscópio e analisando o espectro da luz do Sol.

Figura 5.6: Aluno construindo espectroscópio.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.7: Alunos utilizando o espectroscópio construído na aula prática.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.8: Alunos utilizando o espectroscópio construído na aula prática.



Fonte: Elaboração própria.

No decorrer do estudo do espectro da luz do Sol, chamamos atenção para possíveis linhas transversais escuras no espectro colorido, explicando que se trata de um espectro de absorção: são “linhas de Fraunhofer”; e essa absorção ocorre devido à presença de determinados gases na atmosfera do Sol.

A partir dessa experiência empírica, os alunos tiveram a oportunidade de aprofundar um pouco mais o estudo sobre os conceitos de difração e de interferência da luz, além de poder retomar algumas discussões das aulas anteriores, a fim de reforçar alguns conteúdos já trabalhados.

Acostumados com as novas tecnologias (celular, notebook, *Smart TV*, etc.), os alunos demonstraram muita animação no momento que propomos a utilização do *software* “luz do espectro” para auxiliarem na décima atividade (Apêndice J), ocorrida na décima aula.

Aproveitamos esse entusiasmo para reforçar, por meio dessa atividade, alguns conceitos importantes como, por exemplo, a relação entre o comprimento de onda e sua frequência e o conceito de energia discreta da equação de Planck ( $E = n \cdot h \cdot f$ ), evidenciando a relação entre a frequência de uma onda e a energia do fóton, tratando da imposição natural de que essa energia possa assumir apenas certos valores, ou seja, a energia é transmitida em “pacotes” (os quanta de energia).

Esta atividade foi respondida em grupo (sete grupos com três componentes e um com quatro), onde foi disponibilizado um computador por equipe. Ao ser apresentado o funcionamento do *software*, os alunos não demonstraram dificuldades

e nem receios no seu manuseio. Abaixo segue uma imagem dos alunos respondendo a atividade de número 10.

Figura 5.9: Alunos respondendo a atividade 10 com auxílio do software “luz do espectro”.



Fonte: Elaboração própria.

A letra “a” da primeira questão solicitou que cada equipe escolhesse seis frequências de ondas e que anotasse na tabela fornecida pela mesma. A letra “b” pediu que informasse para cada valor de frequência o seu respectivo comprimento de onda, tamanho típico, instrumento, figura astronômica e a quantidade de energia. Informações estas que foram disponibilizados pelo *software*.

Acreditamos que a resolução desta questão foi muito significativa no processo da aprendizagem dos alunos, pois através do *software* foi possível o aluno comparar o comprimento de onda de cada frequência com objetos que fazem parte do seu cotidiano. Além de visualizar o objeto astronômico que tem parte de sua emissão em um dado comprimento de onda, sua quantidade de energia e com qual instrumento astronômico é possível detectá-lo. Todas as equipes obtiveram sucesso nesta questão.

A segunda questão solicitou que cada equipe escolhesse uma frequência das selecionadas na questão anterior, e, a partir dela, encontrasse o valor aproximado da constante de Planck. Do conjunto das equipes, 75% alcançaram um valor satisfatório.

Na terceira questão foi solicitado que os alunos calculassem o valor da velocidade da luz no vácuo  $c$ , a partir da escolha de um valor de comprimento de

onda e sua respectiva frequência disponível pelo *software*. Considerando o número de equipes podemos afirmar que 87,5% obtiveram sucesso.

Salientamos que os conteúdos abordados por essa atividade foram trabalhados em vários momentos com diferentes níveis de complexidade por esta Sequência Didática. Tendo em vista a natureza de uma sequência didática, as atividades aqui desenvolvidas foram organizadas de forma ascendente, em termos de complexidade, e primando pela correlação entre elas, o que proporcionou aos alunos construir subsunçores adequados, assimilando-os aos conhecimentos, conforme iam sendo abordados. O que torna a presente Sequência Didática em um suporte didático potencialmente significativo.

Fazendo referências às cores emitidas pelas estrelas, no Texto 4 (APÊNDICE K), ocorrida na *décima primeira aula*, os conceitos sobre a Lei de Wien apresentando sua expressão matemática  $\lambda_{max} = \frac{b}{T}^5$  e Corpo Negro, frisando que a partir da análise do espectro eletromagnético das estrelas e comparando com as curvas da radiação dos corpos negros, em várias temperaturas, foi possível concluir que as estrelas são semelhantes a corpos negros, e que a variação da cor é uma consequência direta de sua temperatura.

É importante relatar que, sempre que possível, resgatávamos alguns conceitos trabalhados e discussões ocorridas nas aulas anteriores. Esta prática, que se constitui em principal característica de uma sequência didática, ajuda o aluno ancorar o novo conhecimento que está sendo apresentado na sua estrutura cognitiva.

As duas aulas posteriores (décima segunda e décima terceira aula) foram utilizadas para tratar, mais acentuadamente, alguns conceitos da Astronomia.

Primeiro apresentamos, por meio de *slides*, algumas noções básicas sobre o processo de fotometria. A apresentação dessa técnica muito utilizada na Astronomia despertou a curiosidade por parte dos alunos. E posteriormente, trabalhamos a atividade da página 6 do organizador didático “As Cores das Estrelas”, desenvolvida pelo projeto Telescópios na Escola e realizada algumas alterações pelo autor desta pesquisa. Os alunos foram convidados na segunda questão (ANEXO C) a elaborarem em grupo, um Diagrama H-R. Ao separarem as estrelas em grupos

---

<sup>5</sup>  $\lambda_{max}$  é o comprimento de onda (m) associado à intensidade máxima da radiação emitida em metros (m);  $T$  é temperatura em Kelvin (K);  $b$  é a constante de proporcionalidade, chamada de dispersão de Wien, que possui um valor de  $2,8977685 \times 10^{-3}$  m.K.

(anãs brancas, sequência principal, supergigantes e gigantes) os alunos recorreram aos conteúdos da Física Moderna trabalhados, por exemplo, Corpo Negro. Os conhecimentos aprendidos na aula de fotometria também foram bastante usados nesta atividade como, por exemplo, para o cálculo do índice de Cor (B-V), que representa a diferença em magnitude de dois filtros, *B* e *V*, nesse caso.

Dessa forma, esta atividade proporcionou aos alunos relacionarem os conteúdos trabalhados da Física Moderna com alguns conceitos mais intrínsecos da Astronomia.

Durante o desenvolvimento dessas atividades observamos uma dedicação maior dos alunos a aprender os conteúdos trabalhados, ou seja, demonstraram uma predisposição para compreender o conhecimento que estava sendo apresentado. Esta constatação torna-se muito valiosa, uma vez que segundo Ausubel (1978) uma das condições necessárias para ocorrer a aprendizagem significativa é o aprendiz manifestar uma disposição para relacionar o novo conhecimento à sua estrutura cognitiva.

Também observamos durante a resolução das atividades, uma competição saudável entre os alunos para ver quem respondia mais questões corretamente.

A décima terceira atividade (ANEXO C) foi respondida em dupla, onde o desempenho da turma foi considerado satisfatório. A maioria das duplas conseguiram atingir uma nota superior a 7 pontos e apenas 3 duplas conseguiram atingir uma nota inferior a 6 pontos. A pontuação aqui utilizada foi apenas como parâmetro para análise evolutiva do desempenho dos alunos face às atividades que vinham sendo propostas e não com caráter de mensuração.

Com a mesma predisposição dos alunos a aprender o novo conhecimento e animação ao fazer o uso de um *software* como ferramenta didática, é que ocorreu a décima quarta aula. Foi por meio do uso do *software* “Curvas de Corpos Negros e Filtros Exploradores” e da décima quarta atividade (Apêndice N) que os alunos tiveram a oportunidade de externar os conhecimentos sobre os tópicos da Física Moderna e os conceitos da Astronomia, que foram trabalhados nas aulas anteriores, mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servirem de subsunçores para novas informações relativas aos assuntos que foram trabalhados.

Os alunos foram divididos em grupos, da mesma maneira em que ocorreu na décima aula. Também conseguimos obter bons resultados no desempenho dos alunos nesta atividade. Dos oito grupos, três conseguiram alcançar uma nota

superior a 8 pontos, quatro uma nota superior a 7 pontos e um grupo obteve uma nota igual a 6,8 pontos, evidenciando portanto, uma evolução no processo de aquisição de conhecimento ainda que, a quantificação nem sempre traduza, de fato, um real aprendizado.

Figura 5.10: Alunos fazendo uso do software “Curvas de Corpos Negros e Filtros Exploradores” para responderem a décima quarta atividade.



Fonte: Elaboração própria.

Na *décima quinta aula*, utilizamos uma atividade lúdica com o objetivo de preparar os alunos para a aula seguinte, quando apresentamos noções sobre o processo de captura de imagem astronômica por um CCD. Para resolução desta atividade, deixamos livre para os alunos formarem grupos ou duplas.

Observamos, mais uma vez, muito entusiasmo dos alunos, ao descobrirem que a imagem, a partir da combinação de códigos, e, que foram relacionados a cores de tinta diferentes, formava uma galáxia (TERC, 2007).

A seguir são apresentadas algumas imagens dos alunos durante e após a formação da imagem.

Figura 5.11: Alunos descobrindo a imagem da galáxia (TERC, 2007).



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.12: Alunos apresentando a imagem da galáxia.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 5.13: Grupo apresentando a imagem da galáxia.



Fonte: Elaboração própria.

Ao apresentarmos algumas noções básicas sobre a formação de imagem astronômica por um CCD na *décima sexta aula* observamos que a atividade da aula anterior ajudou bastante os alunos compreenderem o que foi apresentado.

A fim de avaliar se a experiência da Sequência Didática “Conhecendo o Universo através das Cores”, conduziu a uma aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados, propusemos a realização de um Pré-teste e Pós-teste (APÊNDICE B), onde a partir da análise contrastiva dos resultados foi possível obtermos um indicativo da aprendizagem dos estudantes, ainda que entendendo que a avaliação de testes, em si, não garanta a expressão do nível real dessa aprendizagem, mas considerando o uso desse instrumento e dos demais que foram utilizados na pesquisa, pudemos extrair algumas conclusões sobre a evolução dos alunos em relação às temáticas exploradas, durante o desenvolvimento da Sequência Didática.

Assim, vinte e cinco estudantes responderam individualmente os testes.

Figura 5:14 - Alunos respondendo ao Pós-teste.



Fonte: Banco de Dados da pesquisa, 2015.

Considerando a média convencional do Colégio onde foi desenvolvida a pesquisa (média cinco pontos), avaliamos o pré-teste e pós-teste atribuindo as notas 1, 2, 3, 4 e 5 que correspondem, respectivamente, aos conceitos insuficiente (I), suficiente (S), bom (B), muito bom (MB) e ótimo (O). A Tabela 5.1 mostra de que forma fizemos esta atribuição.

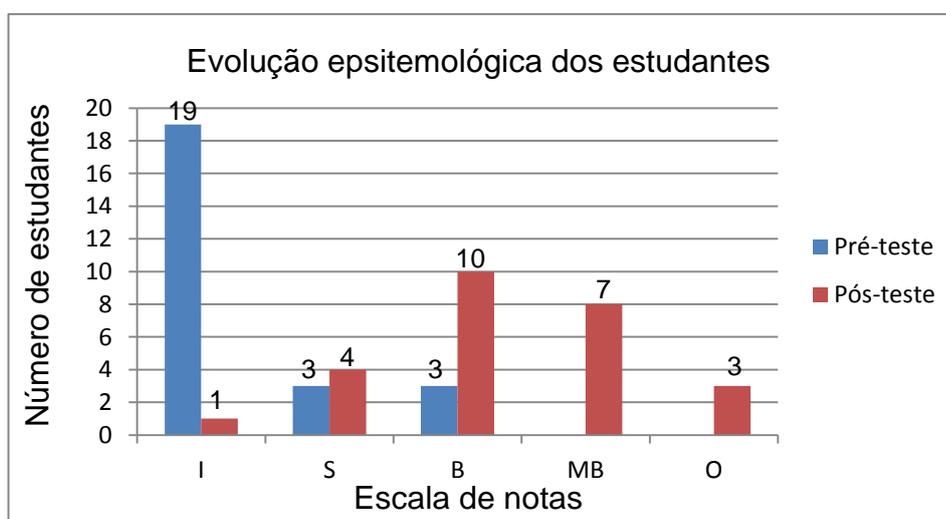
Tabela 5.1 Conversão de conceitos

VALOR QUANTITATIVO	Nota	VALOR CONCEITUAL
0 a 4,8	1	INSUFICIENTE
4,9 a 5,9	2	SUFICIENTE
6 a 6,9	3	BOM
7 a 8,9	4	MUITO BOM
9 a 10	5	ÓTIMO

Fonte: Elaboração própria.

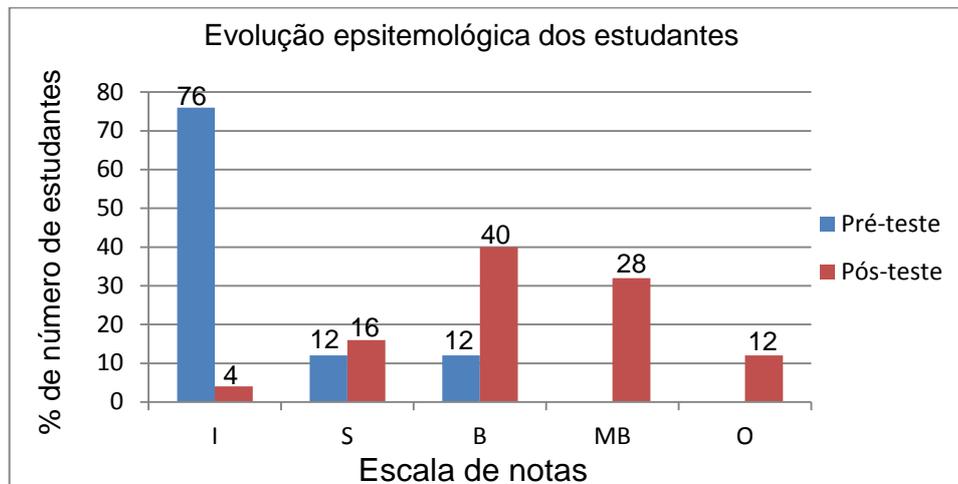
Os Gráficos 1 e 2 apresentam o comparativo do desempenho dos estudantes no pré-teste e no pós-teste. Estes fornecem informações da turma como um todo, sendo que o segundo expõe os resultados em porcentagem.

Gráfico 1 Comparação dos resultados do pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 2 Comparação dos resultados em porcentagem do pré-teste e pós-teste.

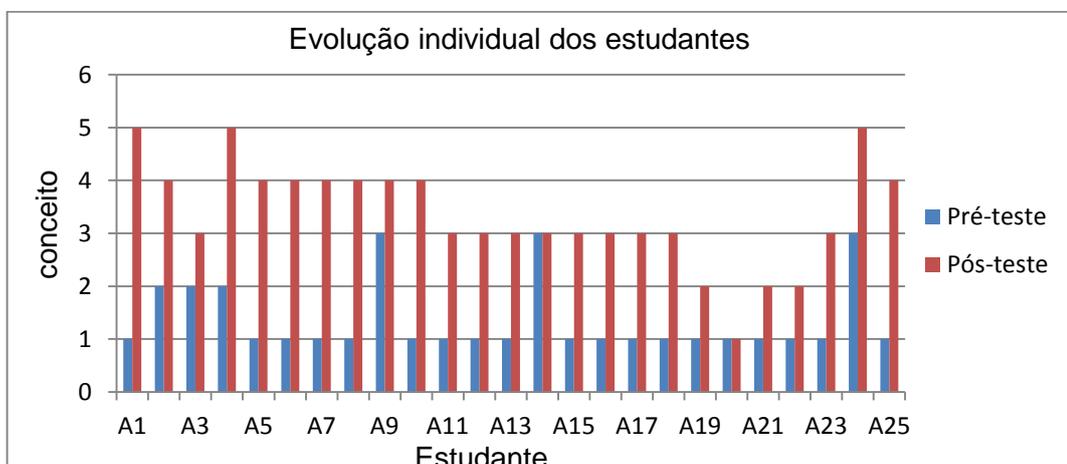


Fonte: Elaboração própria.

Os dois gráficos acima nos permitem notar que houve uma mudança considerável no quadro de desempenho da turma entre o pré-teste e pós-teste. Ocorreu uma queda significativa no pós-teste do índice do desempenho Insuficiente, sendo que 19 alunos que obtiveram esse conceito, apenas um manteve no pós-teste. No desempenho considerado Bom ocorreu um aumento de mais 230% e os desempenhos Muito Bom e Ótimo que não tiveram menção no pré-teste representam 40% pós-teste.

Também foram analisados e comparados os desempenhos da aprendizagem de cada aluno no pré-teste e no pós-teste. Como é mostrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 Comparação dos resultados do pré-teste e pós-teste de cada estudante.



Fonte: Elaboração própria.

Os resultados acima mostram que o desempenho de cada aluno nos testes foi satisfatório. Os Alunos A1, A4 e A24 apresentaram maiores rendimentos no pós-teste. Destacamos o Aluno A1 que evolui de Insuficiente para Ótimo, os Alunos A5, A6, A7, A8, A11 e A25 que obtiveram no pré-teste o conceito de Insuficiente e no pós-teste conseguiram alcançar o conceito de Muito Bom.

Mesmo aqueles alunos que não conseguiram atingir notas igual ou acima de 3, como no caso dos Alunos A19, A21 e A22, conseguiram um avanço de 100% no Pós-teste em comparação ao Pré-teste. Os alunos A14 e A20 mantiveram os mesmos conceitos no Pré e Pós-teste, o que não significa que não houve nenhum ganho em termos de conhecimento, pois na relação do saber entram em jogo outros fatores que não apenas o cognitivo. Além disso, nas avaliações contínuas, realizadas a partir das outras atividades, eles demonstravam compreensão dos conteúdos abordados.

Considerando a análise dos três gráficos, dos resultados das atividades desenvolvidas ao longo da Sequência Didática e das observações realizadas a partir desta, podemos sinalizar que há fortes indicativos de que houve aprendizagem significativa dos conteúdos trabalhos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da literatura pesquisada e da experiência, enquanto professor de Física da Educação Básica é possível afirmar que o modo como o conhecimento é tratado no contexto escolar e as metodologias adotadas pelo educador são de suma importância para a aprendizagem do aluno, entre outros fatores. Mas, sem dúvida, os aspectos epistemológico e pedagógico são fundamentais para os processos de ensino e de aprendizado. Por isso, o educador deve buscar um ensino mais dinâmico, conectado com as novas exigências do tempo histórico e social vigente, de tal forma que seu aluno abandone a passividade em sala de aula e torne-se mais ativo, reflexivo e crítico frente ao seu meio, tornando-o capaz de enfrentar os desafios da vida social e profissional, e com isso, garantir aprendizagens duradouras e significativas.

Partindo da defesa do posicionamento de que o ensino da Física Moderna e Astronomia devem fazer parte do currículo nos Anos Finais da Educação Básica, por relacionar-se com a construção de ferramentas de conhecimento, valor e habilidades para tomada de decisões sobre questões de ordem científica e tecnológica que o convívio social lhe impõe (BRASIL, 2002), e do fato de estas ciências estarem mais próximas da realidade dos alunos acostumados e fascinados pelas novas tecnologias, o presente trabalho procurou investigar: Como a introdução da Física Moderna no Ensino Médio, mediado pelo estudo da Astronomia, pode favorecer as práticas de ensino e aprendizagem da Física, na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a partir do uso de sequência didática?

Analisando os conteúdos oferecidos através dos diversos instrumentos de pesquisa, utilizados em campo, notamos um resultado muito positivo da metodologia escolhida, podendo dizer que a Sequência Didática elaborada, a qual se constituiu simultaneamente, em instrumento e produto da pesquisa, promoveu uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados da Física Moderna, mediados pela Astronomia, possibilitando aos educandos, a construção de conhecimentos que poderão servir de âncoras para novos conceitos futuros.

Com isso, desmistificamos a ideia de uma Física desinteressante, desagradável e de difícil compreensão na Educação Básica, ao tempo em que sinalizamos uma fragilidade do campo pedagógico na formação do docente em

Física, uma vez que a interação e envolvimento dos estudantes, face ao conteúdo abordado estão diretamente ligados às situações didáticas propostas e a forma como a ação pedagógica é realizada.

A ausência de abordagem ou de um trabalho voltado, especificamente para o estudo da Astronomia, no contexto de formação do licenciando em Física, não facilita o ensino de conteúdos ligados a esse campo de conhecimento, o que pode ser ratificado através da narrativa do professor envolvido nesta pesquisa.

Dessa forma, partindo do pressuposto que o professor de Física tenha as qualificações básicas na área do conhecimento específico e pedagógico, podemos afirmar que a abordagem de tópicos da Física Moderna, mediados pela Astronomia, no Ensino Médio pode ser considerada uma boa estratégia didática. E quando pensada sob a perspectiva de uma sequência didática que reúne diferentes recursos, inclusive *softwares* educacionais, ao tempo que seja desenvolvida, partindo sempre das concepções prévias dos estudantes e problematizando alguns conceitos, como a que foi elaborada por esta pesquisa, há grandes chances de alcançar aprendizagem significativa dos conceitos que se pretende ensinar.

As atividades que foram realizadas ao longo do desenvolvimento da Sequência Didática, os aplicativos computacionais utilizados como instrumentos de mediação, a própria temática da Astronomia e a sequência, enquanto estratégia didática, demonstraram no transcurso da pesquisa que são fatores favoráveis à aprendizagem significativa, posto a evolução que os alunos apresentaram face aos conteúdos trabalhados de forma ascendente em termos de complexidade. Conceitos que na primeira aula estavam ausentes ou apresentavam-se confusos e até mesmo ingênuos, na última aula já se revelaram mais elaborados e próximos de um teor mais apropriados cientificamente.

Como resultado da revisão bibliográfica pode ser averiguado que a Sequência Didática elaborada por esta pesquisa apresenta peculiaridades em comparação a outros trabalhos com uso dessa metodologia (CUNHA, 2011; PEREIRA E SCHUHMACHER, 2013; COSTA E FONSECA, 2014), por apresentar um número expressivo de aulas; proporcionar atividades diversificadas, incluindo as que exigem uso de *softwares* educacionais; e, principalmente, por propor o Ensino da Física Moderna mediada pela Astronomia.

É importante salientar que, a Sequência Didática que desenvolvemos teve a quantidade de aulas e atividades expandidas em função dos objetivos da pesquisa,

mas cada professor poderá ajustá-la, caso deseje aplicar, considerando o grupo de alunos que trabalha, o contexto escolar em que atua e os seus objetivos didáticos.

Durante o desenvolvimento desse trabalho foi possível perceber que é muito importante estimular os alunos, desafiá-los e colocá-los em situações que não estão acostumados, como fizemos, especialmente, na *terceira e nona atividade*, ao problematizarmos alguns conceitos. As respostas dadas pelos alunos, nesse tipo de atividade, podem ser de grande valia no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que permite identificar os conhecimentos prévios e os subsunçores presentes ou que necessitam ser construídos, antes de ser abordado o conteúdo programático, além de servir de norte na abordagem dos conceitos, avançando ou retrocedendo na Sequência Didática. Também destacamos aceitação das propostas de atividades pelos alunos, os quais demonstraram motivação diante cada desafio.

Com isso, destacamos o quanto o educador precisa assumir uma postura de estudo, pesquisa e planejamento das ações pedagógicas em sala de aula em prol de aprendizagens, cujos fundamentos sejam baseados cada vez menos em teorias mecanicistas e mais em propostas formativas mais construtivas em que o aluno assuma posição interativa com o conhecimento, seus pares e o educador em busca de aprendizagens significativas.

Por fim, acreditamos que esta obra venha subsidiar novas pesquisas no Ensino de Ciências de forma a contribuir com o acervo de produção de suporte didático que abordem conteúdos da Física e, ou, outras áreas do conhecimento através da Astronomia, contribuindo para um ensino motivador e para uma aprendizagem significativa. Para isso procuraremos divulgar a presente pesquisa por meio de publicações em eventos e revistas especializadas no campo da Física, Astronomia e Educação.

## 7 REFERÊNCIAS

A Changing Cosmos, Incorporating Hands-On Universe Units developed by TERC. Edited by Alan Gould, 2007, University of California.

ALVES-MAZZOTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 1ª. Ed. São Paulo; Editora Pioneira, 1999.

ALBINO JUNIOR, Amadeu. **Mago da Física – cores**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0DaXxKzQHP0>. Acesso em 21 de setembro de 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Alicerce, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional: Um ponto de vista cognitivo**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

BERBEL, N. A.N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan.jun. 2011.

BORGES, M. D. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita**. 140f. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. PCN+ Ensino Médio: **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagem, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCN+**. Brasília: 2000.

CUNHA, E. L. da. **Ensino de Física de Jovens e Adultos**: Elaboração de uma sequência didática para ensino de Óptica. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

DIAS, C. A. C. M.; RITA, J. R. S. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, São Paulo, n. 6, p. 55–65, 2008.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A Evolução da Física**. tradução, Giasone Rebuá, Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

FILHO, K. S. O. : SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria de Física, 2004.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila. Gil, A.C. Métodos e Técnicas de pesquisa social. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

FONSECA, E. F da. **O Estudo de Tópicos de Eletricidade**: Uma Sequência Didática para a Educação de Jovens e Adultos. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2015.

FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência como Saber Escolar**: Um Estudo de Caso a partir da História da Luz. **Tese** (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009: Disponível em: [file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Thais\\_Volume\\_2.pdf](file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Thais_Volume_2.pdf)

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GAMA, L.; HENRIQUE, A. B. **Astronomia na sala de aula**: Por quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, Limeira, n. 9, p. 7 – 15, 2010.

GIDDENS, A. **Sociologia**. 6ª ed. Porto Alegre: Penso, 2012.

GREGÓRIO-HETEM, J. C. G.; AMÔRES, E. B.; SHIDA, R. Y. **Medição do Brilho das Estrelas - Técnicas Fotométricas**. In: Laerte Sodré Jr., Jane Gregorio-Hetem, Raquel Y. Shida. (Org.. (Org.)). **Observatórios Virtuais**. 1ed.São Paulo: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências, 2005, v. CDRom, p. 46-54.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre; Bookman, 2002.

LANGHI, R. **Idéias de Senso Comum em Astronomia**. (Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, UNESP/Bauru), Encontro Nacional de Astronomia (ENAST), 7. Brotas. 2004.

LEAL, C. A. **Vamos brincar de quê?**: Os jogos cooperativos no ensino de Ciências. Dissertação. (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. PROPEC. Orientadora Giselle Rôças. -- Nilópolis, RJ, 2013.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os Professores de Ciências e suas Formas de Pensar a Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, São Paulo, n. 4, p. 47–68, 2007.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. **A Espacialidade no Processo de Ensino-Aprendizagem de Astronomia**. In: Marcos Daniel Longhini. (Org.). **EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA** Experiências e contribuições para a prática pedagógica. 1a ed. Campinas: Editora Átomo, 2010, v. , p. 143-158.

LOPES, C. E. F.; PEREIRA, M. G. Astronomia no Infravermelho de Estrelas Variáveis, *Sitientibus*, v.1, p. 52-58, 2005.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. **Aprendizagem Significativa**. 1. Ed. São Paulo; Vetor, 2008.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. **Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade?** In: Caderno de Saúde Pública da Fiocruz. Rio de Janeiro: Fiocruz, jul/set 1993.

MONTEIRO, R. D. S. Uma proposta do tema “Radiação Eletromagnética” baseada na proposta CTS de ensino. **Tese** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9277/1/2011\\_RodrigoDutraSilveiraMonteiro.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9277/1/2011_RodrigoDutraSilveiraMonteiro.pdf)

MOREIRA, M. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EUP, 2011.

MOREIRA, M. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em sala de aula**. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 1 ed. vol. 4. São Paulo: Editora Blucher, 1998.

OLIVEIRA, F. F. **Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447 – 454. 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454. 2000.

PEREIRA, F. de C; SCHUHMACHER, E. Aprendizagem Significativa de Conceitos de Física Moderna e Contemporânea. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 3 (2), p. 22-34, 2013.

PUJOL, R. **Educacion Cientifica para la cidadania em formaci3n**. In. Alambique, n. 32, abril, 2002.

SIQUEIRA, M. R. P. Professores de Física em contexto de inova33o curricular: saberes docentes e supera33o de obst3culos did3ticos no ensino de f3sica moderna e contempor3nea. 203f. **Tese** (Doutorado em Educa33o) – Faculdade de Educa33o, Universidade de S3o Paulo, S3o Paulo, 2012.

SONZA, A. P. Uma introdu33o de t3picos de F3sica moderna no ensino m3dio. Disserta33o (Mestrado em Ensino de F3sica e Matem3tica) – Centro Universit3rio Franciscano de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RODRIGUES, Ros3ngela Hammes . **Os g3neros do discurso na perspectiva dial3gica da linguagem**: a abordagem do c3rculo de Bakhtin. In: BONINI, Adair; MEURER, Jos3 Luiz; MOTTA-ROTH, D3sir3e. (Org.). G3neros: teoria, m3todos, debates. 1aed. S3o Paulo: Par3bola, 2005, v. , p. 152-183.

TERRAZZAN, E. A. (1992). A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v. 9, n.3: p.209-214, 1992.

TROGELLO, A. G. **Objetos de Aprendizagem**: Uma Sequência Didática para o Ensino de Astronomia. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Tecnologia do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## **APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

**De acordo com a Resolução número 466/2012 e com a Norma Operacional N° 001/2013 sobre Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde-Brasília-DF.**

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “ESTUDO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA À LUZ DA ASTRONOMIA, NO CONTEXTO DAS AULAS DE FÍSICA, NO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO”, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Astronomia, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), sob a responsabilidade do pesquisador Davi Ferreira Barreto, orientado pela Professora Dr<sup>a</sup>. Ana Verena Freitas Paim e pelo Professor Dr. Eduardo Brescansin de Amôres. Este estudo pretende investigar como a introdução da Física Moderna no Ensino Médio, mediado pelo estudo da Astronomia, pode favorecer as práticas de ensino-aprendizagem da Física, na perspectiva da Aprendizagem Significativa, a partir do uso de Sequência Didática. Esta pesquisa será desenvolvida com alunos do 3º Ano do Ensino Médio, do Colégio Estadual Democrático de 2º Grau Doutor Rômulo Almeida, localizado no município de Santo Antônio de Jesus – BA.

Para realização deste trabalho utilizaremos como instrumento de coleta de dados um questionário e gravação audiovisual (fotos, imagens e voz).

Alguns resultados desta pesquisa poderão ser publicados e/ou apresentados em encontros e congressos sobre Ensino de Astronomia, Ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação.

Caso aceite participar desta pesquisa, podemos lhe garantir que:

1. Nas análises e divulgação dos resultados serão adotados procedimentos para que seu nome não seja identificado;
2. Os resultados dessa análise não têm caráter avaliativo;
3. Você terá inteira liberdade de se retirar da pesquisa a qualquer momento que desejar;
4. Os dados constantes da ficha de identificação serão absolutamente confidenciais, garantindo, assim, total anonimato;

5. Não existe qualquer tipo de risco físico na sua participação nesta pesquisa;

6. Você não terá nenhum benefício direto pela sua participação nessa pesquisa. Os benefícios serão úteis para a investigação do Ensino de Ciências;

Após ler com atenção este documento, declaro que estou ciente das condições propostas no presente Termo de Consentimento, e permito a utilização da minha imagem, desde que garanta a não divulgação do meu nome. Aceito, portanto, fazer parte da pesquisa, o que confirmo assinando o presente Termo.

Santo Antônio de Jesus, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

---

Assinatura do participante da pesquisa

---

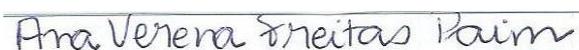
Assinatura do responsável legal do participante  
(Caso tenha menos de 18 anos)

Como responsáveis pela pesquisa, zelaremos pelo cumprimento do Termo.  
Por ser verdade, datamos e assinamos em duas vias de igual teor.

---

Davi Barreto  
Mestrando em Ensino em Astronomia  
Departamento de Física/UEFS

---



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Verena Freitas Paim  
Departamento de Educação/UEFS

---



---

Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres

**APÊNDICE B – Sequência Didática: Conhecendo o Universo através das cores**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**



**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM ASTRONOMIA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

**CONHECENDO O UNIVERSO ATRAVÉS DAS CORES**

Davi Ferreira Barreto

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Ana Verena Freitas Paim

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Brescansin de Amôres

Feira de Santana - BA

2016

## SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO .....	89
2 OBJETIVOS .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 90
3 CONTEÚDOS .....	91
4 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES .....	92
4.1 Primeira aula - Atividade 01: aplicação do pré-teste .....	92
4.2 Segunda aula - Atividade 02: Discussão do Texto 1 “O Universo é um Laboratório de Física” dialogando com o Vídeo 1 “A imensidão do micro e macro cosmo” .....	92
4.3 Terceira aula - Atividade 03: Problematização .....	94
4.4 Quarta aula - Atividade 04: Estudos das Cores Primárias e Secundárias <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>95</b>
4.5 Quinta aula - Atividade 05: “Canhão de Luz” <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>98</b>
4.6 Sexta aula - Atividade 06: Aula dialogada sobre processos de síntese aditiva e subtrativa da luz fazendo uso do Vídeo 2 <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>100</b>
4.7 Sétima aula - Atividade 07: Aula dialogada sobre algumas teorias da natureza da luz .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 101
4.8 Oitava aula - Atividade 08: Discussão do Texto 2 “Conhecendo as Radiações” e do Texto 3 “Conhecendo o céu através do espectro eletromagnético” .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 101
4.9 Nona aula - Atividade 09: Construção de espectroscópio com cano de PVC <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>102</b>
4.10 Décima aula - Atividade 10: Comprimento de onda ... <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>107</b>
4.11 Décima primeira aula - Atividade 11: Discussão do Texto 4 “O Brilho das Estrelas” .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 109
4.12 Décima segunda aula - Atividade 12: Aula dialogada sobre Fotometria. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>109</b>
4.13 Décima terceira aula - Atividade 13: Construção do Diagrama H-R <b>Erro! Indicador não definido.</b> . . . . .	<b>110</b>
4.14 Décima quarta aula - Atividade 14: Curvas de Corpos Negros e Filtros Exploradores .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b> 115
4.15 Décima quinta aula - Atividade 15: Formação de Imagem CCD <b>Erro! Indicador não definido.</b>	<b>120</b>

4.16 Décima sexta aula - Aula dialogada sobre formação de imagem CCD **Erro!**

**Indicador não definido.** .121.

4.17 Décima sétima aula - Atividade 16: Aplicação do Pós-teste .....122

5. RECURSOS 123

6 REFERÊNCIAS 124

APÊNDICES 127

ANEXOS 158

## 1 APRESENTAÇÃO

Esta Sequência Didática, intitulada “Conhecendo o Universo através das Cores”, direcionada a professores de Física do Ensino Médio, constitui-se em um produto da pesquisa realizada no contexto do Mestrado Profissional em Astronomia, e versa sobre Radiações Eletromagnéticas. A elaboração desse produto decorre de observações, enquanto professor de Física, frente a grande carência de materiais didáticos que contemplem tópicos da Física Moderna, à luz da Astronomia, posto ser esta uma das ciências que desperta curiosidade nas pessoas em toda faixa etária principalmente entre os jovens.

Tendo como tema gerador Radiações Eletromagnéticas, este produto apresenta uma sequência de atividades facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem das Radiações Eletromagnéticas, mediada pelo estudo da Astronomia, na perspectiva da Aprendizagem Significativa. As atividades foram pensadas de maneira que atraísse atenção dos alunos, a partir da curiosidade que geralmente os fenômenos astronômicos causam naqueles que os observam. As atividades foram organizadas de forma ascendente, em termos de complexidade, e primando pela correlação entre elas.

Acreditamos que esta sequência didática trata-se de um suporte potencialmente significativo, que, se utilizado de forma planejada, adequando à realidade dos alunos, partindo sempre dos conceitos subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos mesmos, evidenciando os objetivos ao longo do seu desenvolvimento, estimulando debates, além de alargar a socialização na sala de aula, por meio da inter-relação entre alunos/alunos e alunos/professor, esta poderá favorecer as práticas de ensino e aprendizagem da Física.

Assim, apresentamos as atividades, que compõem a sequência didática, acompanhadas por sugestões e algumas apresentações de aula, que poderão servir de inspiração para suas aulas.

## 2 OBJETIVOS:

### 2.1 Geral

Proporcionar ao professor de Física da Educação Básica um suporte didático que contemple tópicos da Física Moderna à luz da Astronomia.

### 2.2 Específicos

- Promover aprendizagem significativa da Física Moderna mediado pela Astronomia;
- Proporcionar atividades prazerosas e contextualizadas com a realidade do aluno, ao tempo que favoreça a evolução epistemológica do mesmo;
- Colocar em prática abordagens que estejam em consonância com a proposta de reforma curricular dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino de Física.

### 3 CONTEÚDOS:

- Propriedades geométrica e física da luz
- Radiações Eletromagnéticas
- Noções sobre o processo de fotometria
- Dualidade da luz
- Corpo Negro
- Lei de Planck
- Lei de Wien
- Noção de Formação de Imagem Astronômica - CCD.

## 4 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

A seguir, apresentaremos o desenvolvimento das atividades que compõem a sequência didática, distribuído em aulas com duração de 1 hora cada.

### **4.1 Primeira aula - Atividade 01: aplicação do pré-teste**

Partindo do pressuposto que o aluno apresenta um repertório de conhecimentos construídos ao longo de suas vivências cotidianas, elaboramos e aplicamos um questionário (APÊNDICE B.1) com o objetivo de identificar o nível de conhecimentos prévios (subsunçores<sup>6</sup>) dos alunos sobre as Radiações Eletromagnéticas, alguns tópicos da Astronomia e da Física Moderna. A partir deste ponto, buscamos organizar atividades que pudessem contribuir para o avanço epistemológico dos estudantes, considerando os conhecimentos prévios e suas necessidades de aprendizagem, identificado nos dados coletados.

O pré-teste consiste de um questionário composto por dez questões objetivas e uma discursiva envolvendo os conteúdos que são trabalhados na Sequência Didática.

### **4.2 Segunda aula - Atividade 02: Discussão do Texto 1 “O Universo é um Laboratório de Física” dialogando com o Vídeo 1 “A imensidão do micro e macro cosmo”**

---

<sup>6</sup> A palavra “subsunçor” não existe em português; trata-se de uma tentativa de aportuguesar a palavra inglesa “subsumer”. Seria equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador.

Considerando que a pré-disposição do aluno em aprender um determinado conceito é uma das condições fundamentais na promoção da aprendizagem significativa, e que muitas vezes é preciso recorrer de mecanismos que a estimule, foi proposto a discussão do Texto 1 “O Universo é um Laboratório de Física” (ANEXO A) do livro “Fascínio do Universo”<sup>7</sup>, de autoria de Augusto Daminelli e João Steiner, e do Vídeo1 de curta duração “A imensidão do micro e do macro cosmo”<sup>8</sup>. Na intenção de oportunizar uma leitura prévia aos alunos, foi entregue o referido texto dois dias antes.

É importante ressaltar que o Texto 1 e o Vídeo 1 discutem elementos conceituais tratados no pré-teste e que são trabalhados ao longo do desenvolvimento das atividades.

Foi sugerido que os alunos fizessem uma leitura preliminar (em casa) antes da exibição do vídeo que aconteceu em sala de aula.

Intitulado como “A imensidão do micro e do macro cosmo”, o Vídeo 1 faz uma viagem imaginária de alta velocidade nas dimensões do mundo micro e macro cósmico. Pulando distâncias múltiplas de 10, o Vídeo 1 inicia mostrando imagens com a distância  $10^0\text{m}$ , que equivale a 1 metro, vista de cima e aumentando gradualmente, ou seja,  $10^1\text{m}$  (10 metros),  $10^2\text{m}$  ( $10 \times 10 = 100$  metros) até a distância de  $10^{23}$  m (10 milhões de anos-luz<sup>9</sup>). Nessa distância as galáxias tornam-se pequenos aglomerados e, entre elas, há imensidões de “espaços vazios”. Retornando para o ponto de origem ( $10^0 = 1$  metro), a viagem segue em dimensões cada vez menores, diminuindo em proporções múltiplas de 10 até chegar à distância  $10^{-16}$  (100 Attômetros), que equivale à dimensão do “quark” (partícula elementar e um dos dois elementos básicos que constituem a matéria).

Com este Vídeo 1, além de poder despertar, ou intensificar, a curiosidade sobre o Universo, é possível trabalhar notação científica com os alunos de forma mais prazerosa e contextualizada. O tempo de sua duração é de aproximadamente 10 min.

---

<sup>7</sup> <http://www.astro.iag.usp.br/fascinio.pdf>. Acesso em 03 de setembro de 2015.

<sup>8</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=7S3cgUG4PNQ>. Acessado em 15 de agosto de 2015.

<sup>9</sup> Medida de comprimento que corresponde a distância percorrida pela luz em um ano. Que corresponde, aproximadamente, a 9,5 trilhões de quilômetros.

O texto “O Universo é um Laboratório de Física” é o primeiro capítulo da obra “Fascínio do Universo” publicado no ano de 2010 pela editora Odysseus. Os 40 mil exemplares foram distribuídos nas instituições da educação básica, principalmente escolas públicas. Este apresenta uma linguagem acessível e agradável para o público proveniente do Ensino Médio, onde são discutidas as novas descobertas da Astronomia e como esta área se encontra estruturada no Brasil, além de conter imagens astronômicas belíssimas.

De forma a auxiliar a leitura, elaboramos e entregamos junto com o Texto 1 as seguintes questões que foram respondidas individualmente pelos alunos antes da aula:

#### Questões

- 1º) A partir das informações presentes no texto e de seus conhecimentos responda:
- a) Porque o céu pode ser considerado um Laboratório de Física?
  - b) De que forma os conhecimentos astronômicos influenciaram as civilizações antigas? E as atuais?
  - c) De que forma os telescópios atuais capturam as imagens astronômicas?
  - d) Quais foram os tipos de telescópicos citados no texto?

#### **4.3 Terceira aula - Atividade 03: Problematização**

Sugerimos para esta atividade que os alunos, com a ajuda do professor, formassem cinco grupos compostos por quatro alunos e um grupo composto por cinco alunos. Cada grupo escolheu uma carta (APÊNDICE B.2) contendo em uma de suas faces uma imagem astronômica e na outra, algumas informações sobre a imagem, seguida de uma problemática que as equipes tentaram responder.

O procedimento adotado é apresentado a seguir:

- I. Escolha das cartas pelas equipes, a partir das imagens contidas nelas;
- II. Momento das equipes se reunirem para analisarem as suas respectivas imagens astronômicas e formular resposta para a problemática que se

encontra presente no verso de cada carta. Foi acordado com os alunos um tempo de 15 minutos para a discussão em equipe;

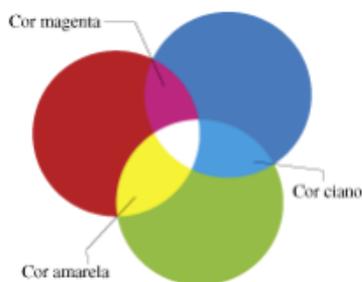
III. Após o tempo estabelecido, as equipes compartilharam as imagens e as respostas para as indagações contidas nas cartas.

Caso as equipes não cheguem a uma resposta que seja satisfatória cientificamente, o que já é esperado, uma vez que os alunos não possuem um repertório de conceitos astronômicos suficientes, é importante garantir a reformulação das mesmas ao longo da sequência didática. Aconselhamos o registro das respostas no intuito de possibilitar o acompanhamento da evolução epistemológica dos alunos.

#### **4.4 Quarta aula - Atividade 04: Estudos das Cores Primárias e Secundárias**

A luz branca é constituída por sete cores (vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta), mas não é preciso combinar todas estas cores para obter a luz branca. Basta misturar as chamadas cores primárias da luz (vermelho, verde e azul) para conseguir esse efeito. As cores primárias da luz, misturadas em determinadas proporções, originam outras cores, que se designam por cores secundárias (magenta, ciano e amarelo). Ou seja, a mistura de duas ou mais radiações primárias da luz, resulta uma nova radiação, de cor (frequência) diferente das que lhe deu origem. Este processo muito conhecido pelos técnicos de iluminação é denominado como síntese aditiva, pois a radiação obtida resulta da soma das ondas das radiações iniciais.

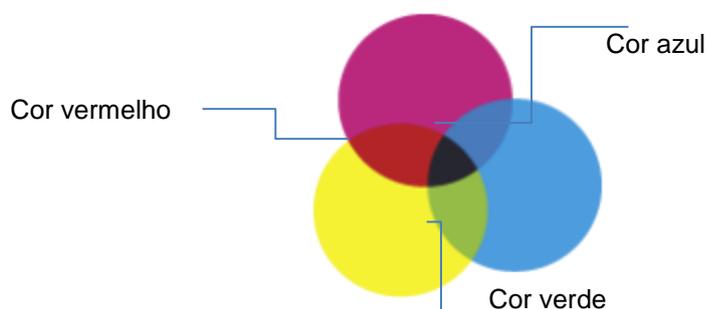
Figura B.1: Cores primárias e secundárias da luz.



Fonte: <http://joaoprodrigues.blogspot.com.br/2012/11/cores-primarias-e-secundarias.html>.  
Acesso em 21/08/2015

As cores das tintas utilizadas, por exemplo, nas pinturas é obtida, também, por meio da combinação de três cores primárias. No entanto, são diferentes das cores primárias da luz. Estas cores são ciano, magenta e amarelo. Este processo é chamado de síntese subtrativa, uma vez que a cor final é uma resultante da subtração da radiação absorvida à radiação incidente.

Figura B.2: Cores primária e secundária do pigmento



Fonte: <http://joaoprodrigues.blogspot.com.br/2012/11/cores-primarias-e-secundarias.html>.  
Acesso em 21/08/2015

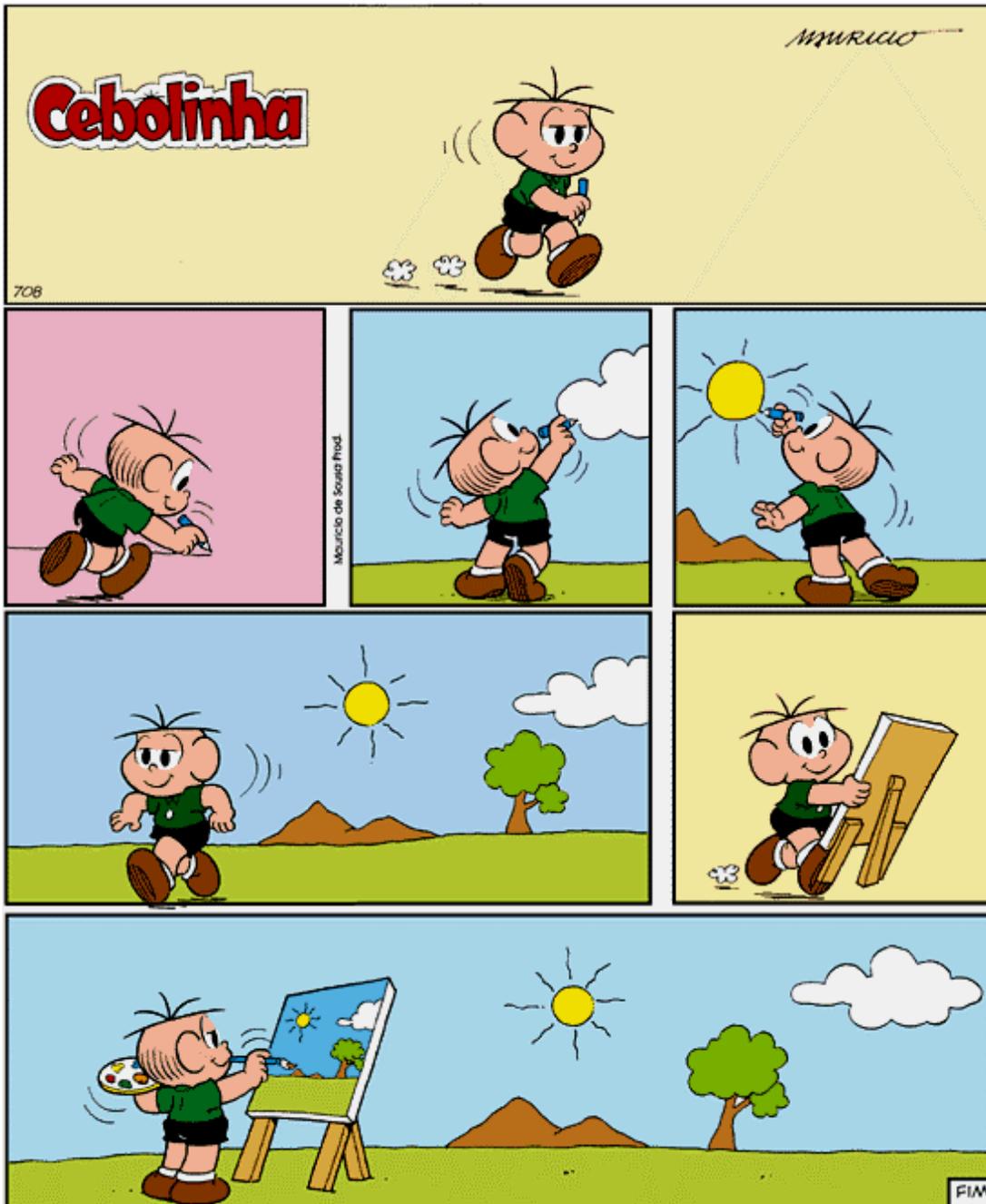
Neste contexto, esta atividade de “baixa complexidade” visou complementar o pré-teste e possibilitar aos alunos expor suas dúvidas e conhecimentos prévios sobre as cores primárias e secundárias (pigmento e luz).

Os materiais usados nessa atividade foram pincel (a quantidade que achar conveniente) e tintas com as cores primárias (magenta, ciano e amarelo) e mais quatro ou mais cores diferentes.

#### Atividade

1º) Analise a história em quadrinhos a seguir:

Desenhando e Pintando o Cenário.



Fonte: Disponível em <http://www.jogosdaturmamadamonica.net/desenhando-e-pintando-o-cenario/>. Acesso em 16 setembro de 2015.

Com base nos seus conhecimentos responda:

- a) O Cebolinha é um garoto que adora desenhar, entretanto, juntando todo o seu dinheiro só consegue comprar três potes de tinta. Se você pudesse auxiliá-lo, qual seria sua sugestão sobre as cores de tinta que o Cebolinha deveria comprar, de modo que na pintura de seu quadro pudesse obter qualquer coloração? Qual(is) argumento(s) você usaria para convencê-lo?

---

---

---

---

---

b) Com as três cores que você escolheu, obtenha as seguintes cores:



2º) Analise o texto abaixo.

Um técnico em iluminação de shows, conversando com um amigo, afirma que quando ele direciona para uma parede branca dois feixes de luz de cores, respectivamente verde e vermelho, consegue obter uma iluminação amarela sobre uma região da parede. O amigo retruca dizendo que está acostumado a pintar e sabe que misturando tintas dessas cores não obtém a coloração amarela. Em sua opinião quem está com a razão? Justifique sua resposta.

---

---

#### 4.5 Quinta aula - Atividade 05: “Canhão de Luz”

Sendo uma continuidade da atividade anterior, nesta aula os alunos são convidados a fazer uso de um instrumento elaborado por nós (“canhão de luz”<sup>10</sup>) que ajuda na construção das respostas da atividade sobre a síntese aditiva e subtrativa da luz. A seguir a atividade experimental.

A descrição da ferramenta “Canhão de Luz” se encontra no APÊNDICE B.3.

### Atividade Experimental – Canhão de Luz

1º) Utilizando o instrumento denominado de “canhão de luz”, vamos explorar a mistura das luzes coloridas. Inicialmente, observe e registre, no espaço abaixo, a cor que vemos quando misturamos:

Luz verde + luz vermelha: \_\_\_\_\_

Luz verde + luz azul: \_\_\_\_\_

Luz vermelha + luz azul: \_\_\_\_\_

Luz verde + luz vermelha + luz azul: \_\_\_\_\_

2º) Os artistas impressionistas produziam suas telas ao ar livre, iluminadas pela luz do Sol, o que implicava em pouca utilização da cor preta, trabalhando com as cores inclusive para representar regiões de sombra. Mas como identificar a cor da sombra? A partir da obtenção do branco, projetado pela mistura das três cores primárias de luz, vamos explorar as sombras dos objetos. Para isso, coloque a sua mão na frente da região branca. Movimente-a até encontrar regiões de sombra. Quais as cores das sombras que você pode observar? Justifique cada uma delas explicando como elas se formam.

---

---

---

---

---

---

---

---

<sup>10</sup> A descrição do instrumento “canhão de luz” se encontra no Apêndice C

---

---

---

---

Como você explica a região escura observada no centro da figura projetada?

---

---

---

---

O que é a cor preta para os físicos?

#### **4.6 Sexta aula - Atividade 06: Aula dialogada sobre processos de síntese aditiva e subtrativa da luz fazendo uso do Vídeo 2**

De forma a complementar as duas atividades anteriores, planejamos e realizamos uma aula dialogada sobre a síntese aditiva e subtrativa da luz, fazendo uso de alguns *slides* contendo imagens e animações (APÊNDICE B.4) e do Vídeo 2<sup>11</sup> de curta duração (5 minutos), as quais contribuíram para atrair e manter a atenção dos alunos durante a aula.

Nessa etapa do desenvolvimento da Sequência Didática, aproveitamos para promover o reforço de alguns conceitos prévios a respeito da Óptica Geométrica e Física já presentes na estrutura cognitiva dos estudantes, uma vez que este conteúdo faz parte do currículo da 2ª Série do Ensino Médio.

Esta revisão teve como ponto de partida a exibição do Vídeo 2, o qual faz parte de uma coletânea de vídeo-aulas elaborada pelo professor de Física Amadeu

---

<sup>11</sup> Disponível no seguinte endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=0DaXxKzQHP0>. Acessado em 21 de setembro de 2015.

Albino Júnior, conhecido como Mago da Física. O personagem Mago da Física nasceu em 2004. A intenção deste professor foi de interagir com seus alunos do CEFET-RN (hoje IFRN) e do Centro de Educação Integrada – CEI (hoje CEI Mirassol), de forma lúdica, mas com o cuidado de não alijar o rigor conceitual epistemológico e metodológico; planejou uma aula com a demonstração de muitos experimentos. Foi criado um canal na página digital *youtube* onde já possui mais de dois milhões e quinhentos mil exibições e três mil seguidores inscritos.

#### **4.7 Sétima aula - Atividade 07: Aula dialogada sobre algumas teorias da natureza da luz**

Há muitos trabalhos na literatura que apontam para a importância da história e filosofia das ciências no contexto das aulas de Física. Entre as contribuições que essa área pode oferecer no processo de ensino e aprendizagem de Física, podemos destacar: uma visão coerente da ciência, favorecendo sua problematização; a desmistificação da ciência como algo divino, linear e acabado, pois cada problema tem vários níveis de solução onde ninguém terá a última palavra do assunto; favorecimento de uma visão mais realista e humana da ciência, contribuindo para o aumento de interesse e compromisso dos alunos com a disciplina. Dessa forma, foi realizada uma breve discussão acerca da história e filosofia sobre a natureza da luz com apoio de *slides* (APÊNDICE B.5).

Após o *slide* 09 (APÊNDICE B.5), foi exibido o Vídeo 3: Dr. Quântica – O experimento da fenda dupla<sup>12</sup>. Esse vídeo apresenta de maneira dinâmica, o clássico experimento da Física Quântica chamado de Fenda Dupla, onde demonstra o caráter dualístico da “matéria”, que pode se comportar ora como partícula, ora como onda. A animação de curta duração é com o personagem Dr. Quântico do filme “Quem Somos Nós? Uma Nova Evolução”.

---

<sup>12</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=u7VctogNgU4>

#### **4.8 Oitava aula - Atividade 08: Discussão do Texto 2 “Conhecendo as Radiações” e do Texto 3 “Conhecendo o céu através do espectro eletromagnético”**

Com a finalidade de apresentar as características das Radiações Eletromagnéticas e do Espectro Eletromagnético, foram discutidos os Textos 2 e 3 (ANEXO B e APÊNDICE B.6, respectivamente), com auxílio de alguns *slides* (APÊNDICE B.7).

O Texto 2, “Conhecendo as Radiações”, faz parte do trabalho “Física das Radiações: Uma Proposta para o Ensino Médio”, produzido pelo grupo de Pesquisa em Ensino de Física – LaPEF da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo – FEUSP e professores da Rede Pública de Ensino do estado. Para a sequência didática, realizamos algumas alterações no texto com intuito de adequá-lo à proposta adotada.

De autoria própria, o Texto 3 teve a intenção de provocar a curiosidade dos alunos a respeito de como são realizados os estudos dos objetos astronômicos, ao tempo que foi feita uma breve discussão acerca do espectro eletromagnético e do funcionamento do olho humano.

Sugerimos que os Textos 2 e 3 sejam entregues aos alunos com certa antecedência para que tenham tempo de fazer uma leitura prévia.

Segue abaixo algumas questões direcionadas para o Texto 2

- 1º) Como as ondas eletromagnéticas são produzidas?
- 2º) Qual a característica de uma onda eletromagnética que permite diferenciar uma da outra?
- 3º) Ao olharmos para uma vela, percebemos diferentes regiões de cores em sua chama. Em qual dessas regiões temos maior energia? Onde temos menor energia? Por quê?
- 4º) Imagine uma estrela. Que cor deveria apresentar esta estrela para que ela fosse a mais quente de sua vizinhança e visível?

#### 4.9 Nona aula - Atividade 09: Construção de espectroscópio com cano de PVC

O espectroscópio é um aparelho científico que utiliza uma rede de difração ou um prisma para dispersar um feixe luminoso. Se esse feixe for composto por mais de um comprimento de onda, forma-se um espectro luminoso. O aparelho permite fazer uma medição dos ângulos nos quais se dá a refração para cada cor, obtendo assim um tipo de “assinatura da substância” analisada, como um gás por exemplo. Dessa forma, o espectroscópio é um instrumento bastante útil na investigação da composição molecular ou atômica de diversas substâncias. Através desta técnica é possível determinar a composição química dos corpos celestes pela radiação emitida por estes.

Nessa atividade convidamos os estudantes a discutir o funcionamento e construir um modelo de espectroscópio usando materiais de fácil acesso e posteriormente realizar observação do espectro do Sol.

Para construção do espectroscópio foi necessário fazer uso de um material que decompõe a luz branca, ou seja, uma rede de difração. Este se constitui em um material que possui uma quantidade muito grande de ranhuras (sulcos) paralelas e muito próximas entre si. Na construção do nosso modelo de espectroscópio, usamos como rede de difração um pedaço de CD sem película, uma vez que apresenta um número grande de sulcos e próximos entre si. Em 1 mm cabem 626 sulcos, ou seja, distanciam-se cerca de  $1,6 \mu\text{m}$  ( $1,6 \times 10^{-6}\text{m}$ ). Usamos também 1 cano de PVC com aproximadamente 15 cm, 1 cap, 1 bucha, 1 tesoura grande, 1 estilete e 1 serra de cano.

Com a quantidade de materiais citados acima é possível construir um espectroscópio. Nessa aula foram construídos seis espectroscópios, um por cada equipe.

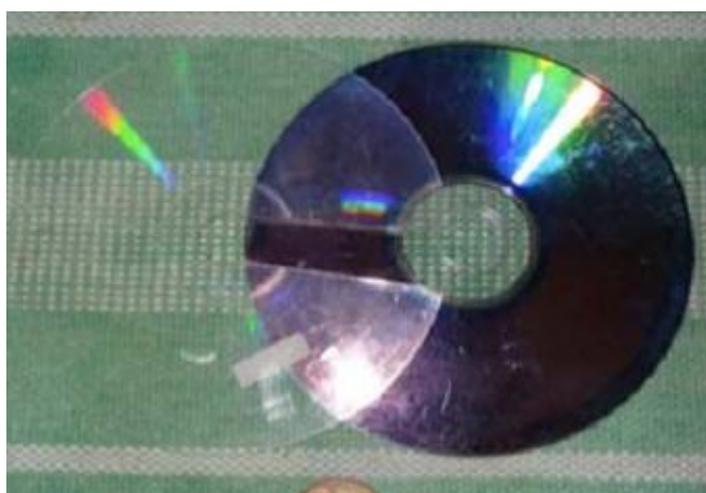
A construção desse modelo de espectroscópio<sup>13</sup> é muito simples, basta cortar um pequeno pedaço de CD, sem a película, em formato de quadrado; com auxílio da serra de cano, fazer uma fenda no cap; com o estilete tirar os excessos; por fim,

---

<sup>13</sup> O vídeo da construção do espectroscópio, igual ao modelo que propomos, pode ser encontrado na seguinte [página eletrônica: http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=665&Itemid=247](http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=665&Itemid=247). Acesso em 8 de maio de 2015.

encaixar o cap em uma das extremidades do cano de PVC e na outra, a bucha com o pedaço de CD instalado no seu interior. As Figuras a seguir mostram os materiais usados:

Figura B.3: CD sem a película



Fonte: Elaboração própria.

Figura B.4: Cano de PVC, bucha e cap.



Fonte: Elaboração própria.

Figura B.5: Cap com a fenda



Fonte: Elaboração própria.

Figura B.6: Luva e o pedaço de CD sem a película no formato quadrado.



Fonte: Elaboração própria.

Figura B.7: Espectroscópio concluído.



Fonte: Elaboração própria.

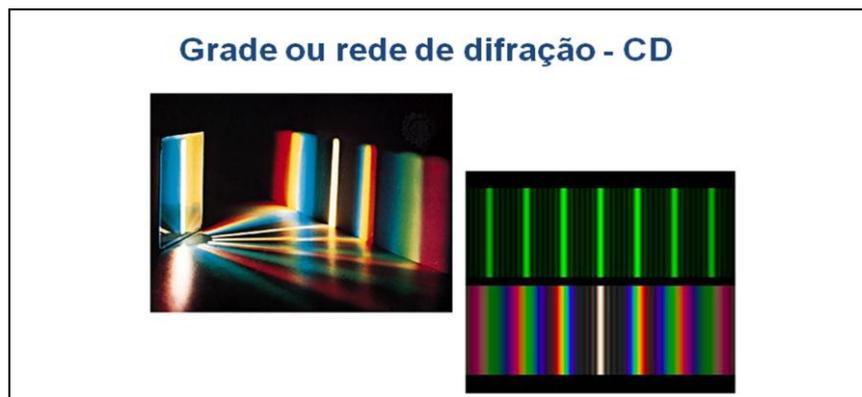
A Figura B.8 ilustra os materiais necessários para a construção do espectroscópio assim como o modelo já acabado, e a Figura B.9 mostra a decomposição da luz branca usando a rede de difração (CD), com os pontos de máximas e mínimas de luminosidade. Já a Figura B.10 apresenta a representação gráfica dos pontos de máximos e mínimos de luminosidade projetados em um anteparo.

Figura B.8: *Slide* da apresentação dos materiais.



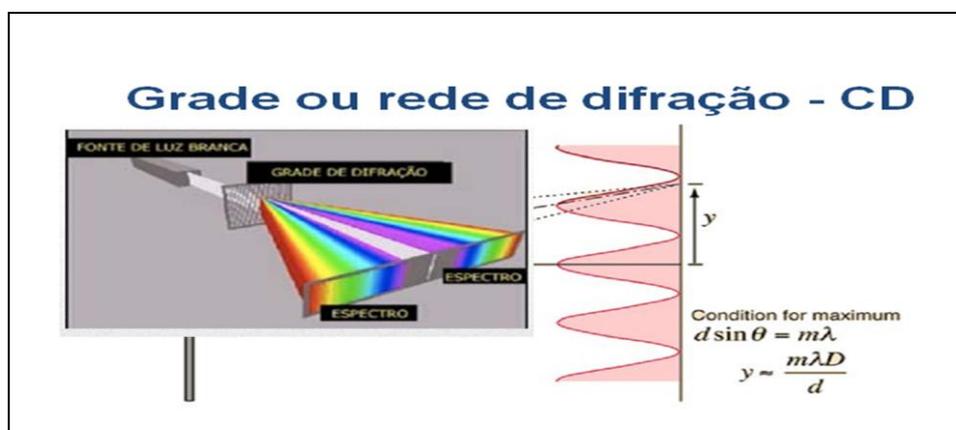
Fonte: Elaboração própria.

Figura B.9: *Slide* da rede de difração.



Fonte: [http://www.ufjf.br/baccan/files/2010/10/Aula-2-UV-VIS\\_2o-Sem-2015-Parte-2.pdf](http://www.ufjf.br/baccan/files/2010/10/Aula-2-UV-VIS_2o-Sem-2015-Parte-2.pdf). Acesso em 20/07/2015.

Figura B.10: Slide pontos de máximos e mínimos.



Fonte: <https://era-weblab.blogspot.com.br/2012/03/componentes-de-um-espectrofotometro.html>. Acesso em 20/07/2015

#### 4.10 Décima aula - Atividade 10: Comprimento de onda

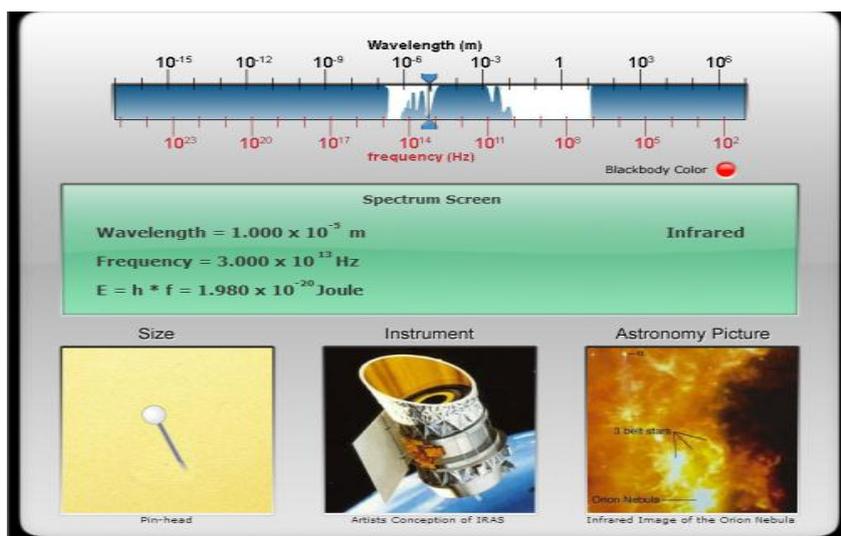
Para essa atividade foi utilizado o *software* “luz do espectro”<sup>14</sup>. O mesmo funciona da seguinte forma, o usuário escolhe uma faixa de comprimento de onda do espectro eletromagnético e o software informará as seguintes informações: a frequência correspondente (reforçando a relação de inversamente proporcionais); a região de sua localização no espectro; e a quantidade de energia que essa onda possui, dada pela expressão matemática  $E = n \times h \times f$ , na qual  $h$  é a constante de Planck com valor aproximado de  $6,626 \times 10^{-34}$  J.s, e  $f$  é a frequência.

#### Atividade – Comprimento de onda

<sup>14</sup><http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/emspectrum.html>. Acesso em 01 de outubro de 2015

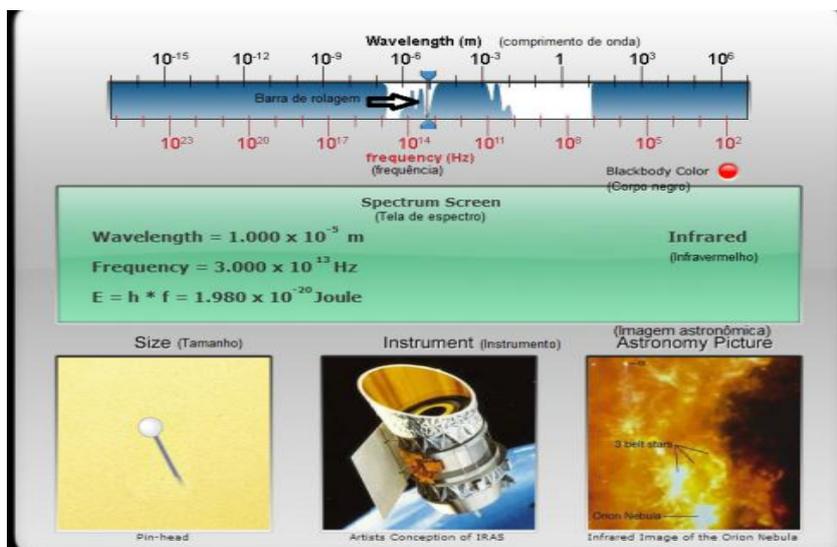
1º) As figuras abaixo (Figuras B.11 e B.12) mostram a face do painel do *software* “luz do espectro”, sendo que na Figura B.12 foram realizadas algumas traduções em português.

Figura B.11: Imagem do painel do *software* “luz do espectro.”



Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/emspectrum.html>. Acesso em 01 de outubro de 2015

Figura B.12: Imagem do painel algumas traduções em português (tradução própria).



Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/emspectrum.html>. Acesso em 01 de outubro de 2015. Tradução própria.

As três janelas que se encontram na parte inferior do painel mostram, respectivamente, um objeto que é possível comparar com o comprimento de onda escolhido, o instrumento astronômico compatível para esse tipo de onda e uma imagem astronômica que emite o tipo de radiação correspondente.

Fazendo uso do *software* “luz do espectro”, preencha a tabela abaixo com as seguintes solicitações:

- a) Escolha seis frequências de forma a contemplar pontos em toda a faixa de frequências.
- b) Para cada valor de frequência informe o seu comprimento de onda, tamanho típico, instrumento, figura astronômica e a quantidade de energia.

Tabela B.1 Relações entre frequências de ondas eletromagnéticas com algumas de suas características.

Frequência (Hz)	Comprimento de onda (m)	Tamanho típico	Instrumento	Figura astronômica	Energia (J)

Fonte: Elaboração própria.

2º) Escolha uma frequência da atividade anterior e encontre o valor aproximado da constante de Planck.

3º) Dada a relação  $\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\max}}$ , escolha um valor de comprimento de onda e com sua respectiva frequência encontre o valor da constante  $c$ .

#### 4.11 Décima primeira aula - Atividade 11: Discussão do Texto 4 “O Brilho das Estrelas”

Na décima aula realizamos uma discussão do Texto 4 (APÊNDICE B.8), de autoria própria, que discursa sobre a relação entre as cores das estrelas e a temperatura, fazendo referências à alguns tópicos da Física Moderna (conceito do Corpo Negro e Lei de Wien).

Da mesma forma que ocorreu nas aulas anteriores, em que foi utilizado texto, entregamos o referido texto em tempo hábil para que os alunos pudessem realizar uma leitura prévia.

#### **4.12 Décima segunda aula - Atividade 12: Aula dialogada sobre Fotometria**

A décima primeira aula teve como objetivo apresentar aos alunos os conhecimentos básicos a respeito do processo de fotometria através da leitura dos textos “Medição de Brilho das Estrelas – Técnicas fotométricas”<sup>15</sup> e “As Cores das Estrelas”<sup>16</sup>, ambos do Projeto Telescópios na Escola.

Para a condução dessa aula utilizamos alguns *slides* que se encontram no APÊNDICE B.9.

#### **4.13 Décima terceira aula - Atividade 13: Construção do Diagrama H-R**

A atividade 13 é uma adaptação da atividade da página 6 do organizador didático “As Cores das Estrelas”<sup>17</sup>, desenvolvido pelo Projeto Telescópios na Escola. Por se tratar de uma atividade um pouco extensa, em comparação com as outras, esta aula teve o dobro da carga horária das demais aulas (2 horas).

##### **O Diagrama H-R**

Agora veremos quanta informação é possível obter a partir da medição das cores das estrelas, e como foram descobertas algumas relações.

---

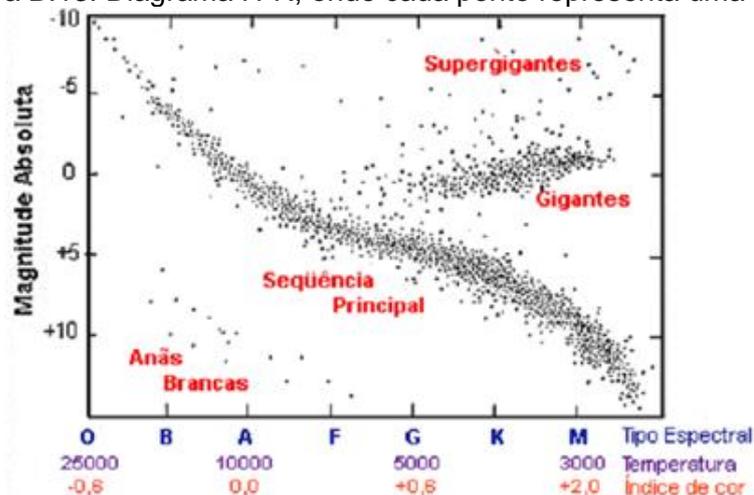
<sup>15</sup> <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/fotometria.pdf>. Acessado em 26 de outubro de 2015.

<sup>16</sup> <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/coresdasestrelas.pdf>. Acessado em 26 de outubro de 2015

<sup>17</sup> <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/coresdasestrelas.pdf>. Acessado em 17 de julho de 2015.

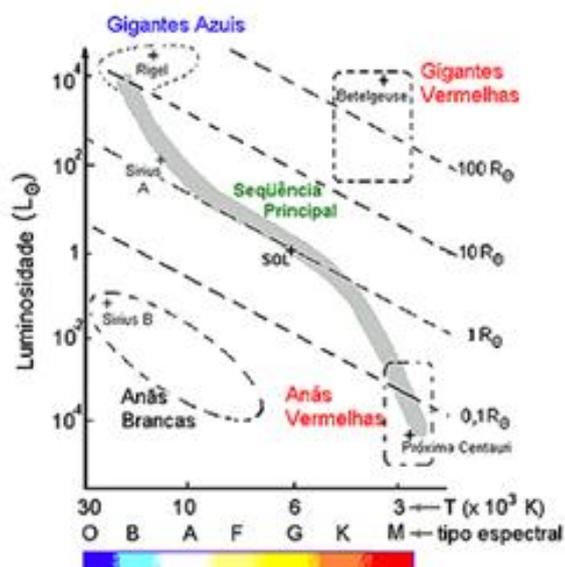
No início do século XX, dois astrônomos de forma independente trabalharam na classificação das estrelas e obtiveram resultados muito similares. O astrônomo dinamarquês Ejnar Hertzsprung elaborou gráficos de magnitudes absolutas versus classes espectrais. Um astrônomo americano chamado Henry Norris Russell elaborou um gráfico que consistia na luminosidade versus temperatura para algumas estrelas. Como podemos ver, seus estudos foram equivalentes e o que chamamos de diagrama Hertzsprung-Russell, ou diagrama H-R é uma compilação do trabalho de ambos. Observem os diagramas H-R nas Figuras B 13 e B 14.

Figura B.13: Diagrama H-R, onde cada ponto representa uma estrela.



Fonte: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/coresdasesrelas.pdf>. Acessado em 17 de julho de 2015.

Figura B.14: O mesmo diagrama H-R, mostrando dados adicionais que podem ser inferidos a partir da medição do índice de cor e da luminosidade de uma estrela. O símbolo ☉ é uma notação que significa “solar”.



Fonte: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/coresdasestrelas.pdf>. Acessado em 17 de julho de 2015.

O diagrama H-R que trabalharemos aqui é chamado de diagrama H-R geral, pois está baseado nas estrelas de diferentes tipos espectrais e de diferentes regiões do céu. O objetivo é mostrar a distribuição de vários tipos de estrelas e suas quantidades relativas. Para saber elaborar um diagrama H-R geral, algumas estrelas são observadas, sendo que suas luminosidades e temperaturas são determinadas e seus valores são inseridos no gráfico.

Quando examinamos um diagrama H-R geral, podemos notar que as estrelas estão separadas em diversos grupos. A faixa larga de estrelas que estendesse do canto da parte superior esquerda até a parte inferior direita é chamada de Sequência Principal (SP). A maioria das estrelas no diagrama H-R geral estão na SP porque essa linha representa as luminosidades e as temperaturas típicas para a maior parte da vida de uma estrela. Quando a estrela é formada e começa o processo de fusão do hidrogênio em seu núcleo, ela assume uma posição na sequência principal e aí permanece até que o hidrogênio do núcleo comece a se esgotar. O tempo de vida da estrela na sequência principal é aproximadamente de 80 à 90% do tempo total de sua vida.

A temperatura e a cor de uma estrela durante a SP é determinada por sua massa. Estrelas de mais alta massa vivem menos que estrelas de baixa massa. O tempo estimado de vida de uma estrela, é inversamente proporcional à sua massa, pela relação  $1/M^3$ .

Depois que o hidrogênio é esgotado, a estrela contrai e começa a fusão de hélio em seu núcleo. Isso pode ocorrer rapidamente ou gradualmente dependendo da massa da estrela. Nessa fase a estrela sofre uma expansão grande do seu raio que fica maior do que na fase da SP. Durante a expansão a estrela sofre um esfriamento considerável. Uma estrela de baixa massa, de cor amarela ou laranja na SP, evolui para uma gigante vermelha durante esse período de expansão. Ela é vermelha porque é fria, e é gigante porque possui um raio muito grande. De maneira similar, uma estrela branca ou azul na fase da SP evolui para uma estrela supergigante amarela ou laranja. Veja alguns exemplos familiares de estrelas na Tabela B.2.

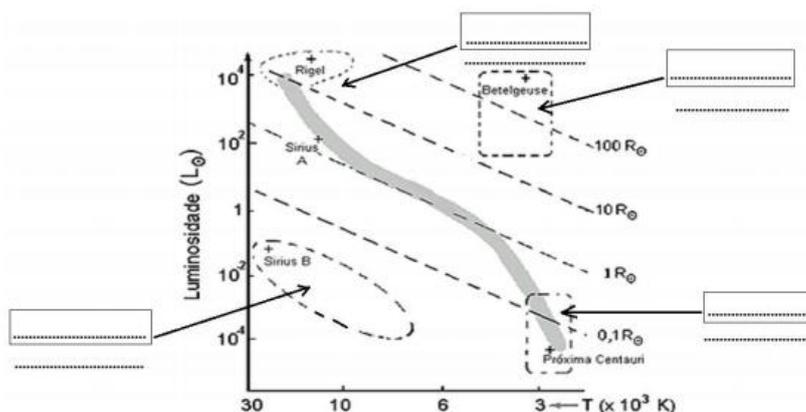
Tabela B.2 Exemplos típicos de estrelas com os respectivos valores de índice de cor e temperatura.

Exemplos Familiares	Índice (B-V)	Temperatura da Superfície (K)	Cor
Spica ( $\alpha$ Vir)	-0.31	35 000	Azul
Regulus ( $\alpha$ Leo)	-0.17	15 000	Azul - Branca
Sirius ( $\alpha$ CMa), Vega ( $\alpha$ Lyr)	0.00	10 000	Branca
Altair ( $\alpha$ Boo)	0.16	8 100	Amarela - Branca
Procyon ( $\alpha$ CMi)	0.30	7 600	Amarela
Sol	0.70	5 500	Amarela
Estrela de Kapteyn	1.41	3 800	Laranja
Estrela de Barnard	1.61	3 000	Vermelha

Fonte: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/coresdasestrelas.pdf>. Acessado em 17 de julho de 2015.

#### Atividade

1º) A figura a seguir representa o diagrama de Hertzsprung-Russel (Diagrama H-R) que nos permite acompanhar as diferentes fases evolutivas de uma estrela.



- a) Escreva nos quadrinhos destacados na figura o tipo de estrelas encontradas nas regiões assinaladas. Abaixo de cada quadrinho, escreva se as estrelas são frias ou quentes.
- b) O que representa a faixa cinza no diagrama?
- c) Assinale no gráfico a posição em que se encontra o Sol atualmente, destacando o valor da sua luminosidade e temperatura.

2º) Elabore um diagrama H-R utilizando dados previamente obtidos por astrônomos. A Tabela 2 contém os dados de luminosidade e cor já medidos para 45 estrelas. Utilize o diagrama em branco fornecido a seguir para graficar os dados e criar seu próprio diagrama H-R. Primeiramente você deverá calcular os índices de cor, ou índice (B-V), representado pela última coluna da tabela, para cada estrela com base nas magnitudes nos filtros *B* e *V*, fornecidos nas colunas 2 e 3.

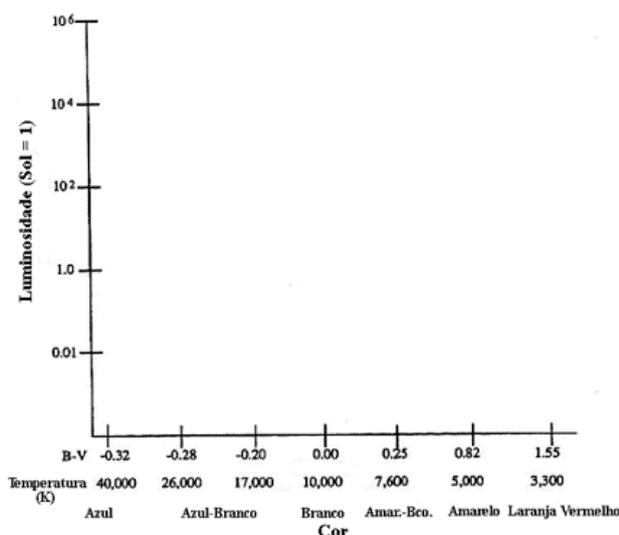


Tabela B.3 Dados de luminosidade e cor de 45 estrelas conhecidas

Luminosidade (Sol = 1)	m (B)	m (V)	Índice (B-V)
42000	11,1	11,5	
98	8,2	8,2	
12000	15,6	15,8	
8,0	2,3	2,0	
1,2	0,5	-0,1	
0,02	14,2	12,7	
320	8,9	9,0	
780	7,8	8,0	
12	9,3	9,2	
7,5	8,4	8,2	
3,1	9,2	8,6	

2,2	6,0	5,3	
9000	12,3	12,6	
0,01	13,00	13,2	
2,9	12,6	12,2	
9200	8,6	7,7	
0,8	7,4	6,6	
0,7	8,8	7,9	
300	9,8	9,9	
8000	7,0	6,2	
5000	5,8	4,8	
110	9,1	9,2	
44000	11,3	11,7	
88	7,2	7,2	
14000	13,8	14,1	
8,9	5,3	5,0	
1,8	8,6	8,0	
0,5	11,3	10,4	
0,04	13,6	12,2	
7,8	12,4	12,2	
3,1	14,2	13,6	
2,1	5,8	5,1	
6000	14,3	14,5	
0,03	13,0	13,2	
4,9	12,6	12,2	
433	7,2	7,3	
0,6	7,4	6,7	
0,4	14,6	13,8	
0,7	9,8	9,0	
700	9,8	9,0	
5000	12,9	12,0	
1,8	5,7	5,1	
210	9,1	9,1	
0,03	12,4	12,5	
0,0	9,9	8,9	

Fonte: <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/coresdastrelas.pdf>

- a) Descreva todos os passos utilizados para obter o gráfico.
- b) Circule as regiões nos diagramas que você poderia distinguir como grupos isolados ou aglomerados. Quantas regiões diferentes você encontrou?
- c) Nomeie cada região no seu diagrama indicando sua cor média e se ela possui alta ou baixa luminosidade.

3°) Baseado no diagrama H-R que você elaborou, responda:

- a) Quais estrelas possuem as maiores temperaturas?

- b) Quais estrelas possuem as menores temperaturas?
- c) Quais estrelas possuem raios maiores e raios menores?

#### 4.14 Décima quarta aula - Atividade 14: Curvas de Corpos Negros e Filtros Exploradores

Matematicamente, a Lei de Planck descreve a quantidade de energia emitida por um material em uma dada temperatura  $T$  para cada comprimento de onda  $\lambda$ , resultando no gráfico conhecido como curvas de Planck ou Planckianas. A Lei de deslocamento de Wien mostra a relação entre o pico de energia da radiação e a temperatura da fonte.

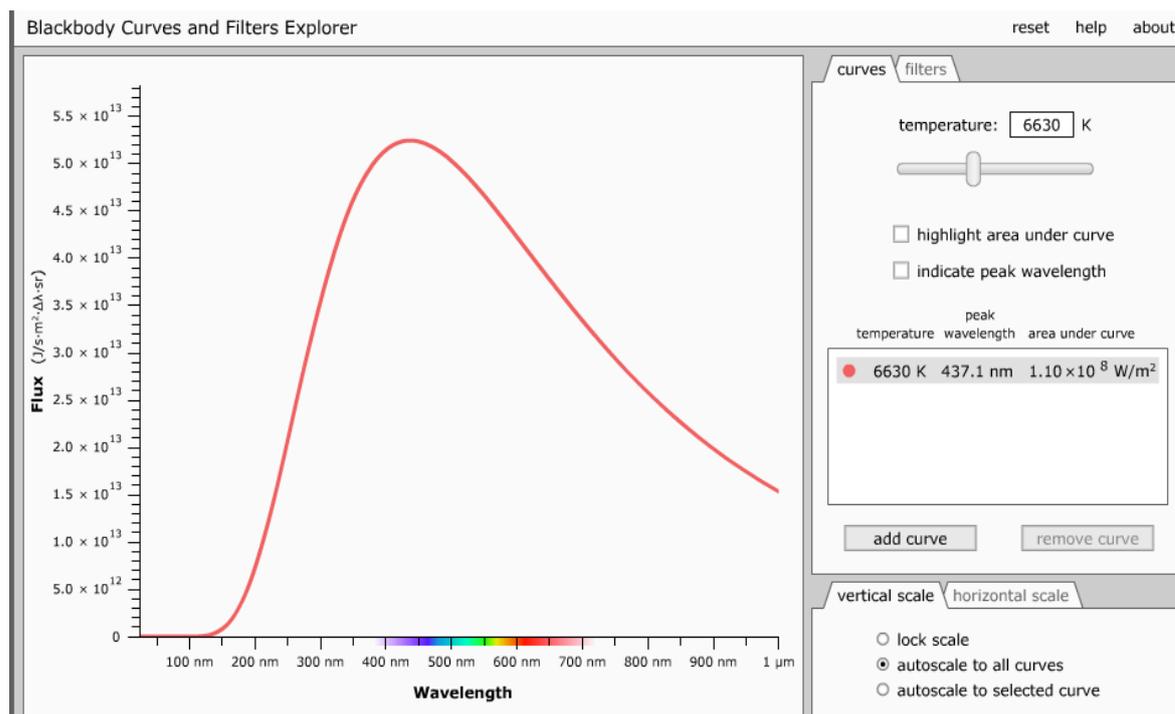
Nesta atividade vamos fazer uso do *software Blanckbody Curves and Filters Explorer*<sup>18</sup>, com o qual se é possível demonstrar como o espectro de corpo negro de uma estrela (a energia emitida por ela) varia com a mudança de sua temperatura. Lembrando que as estrelas, em uma boa aproximação, podem ser consideradas como corpos negros.

A Figura B.15 mostra o painel principal do *software* e a Figura B.16 mostra a mesma imagem com algumas traduções em português.

Figura B.15 Painel principal do *software Blanckbody Curves and Filters Explorer*

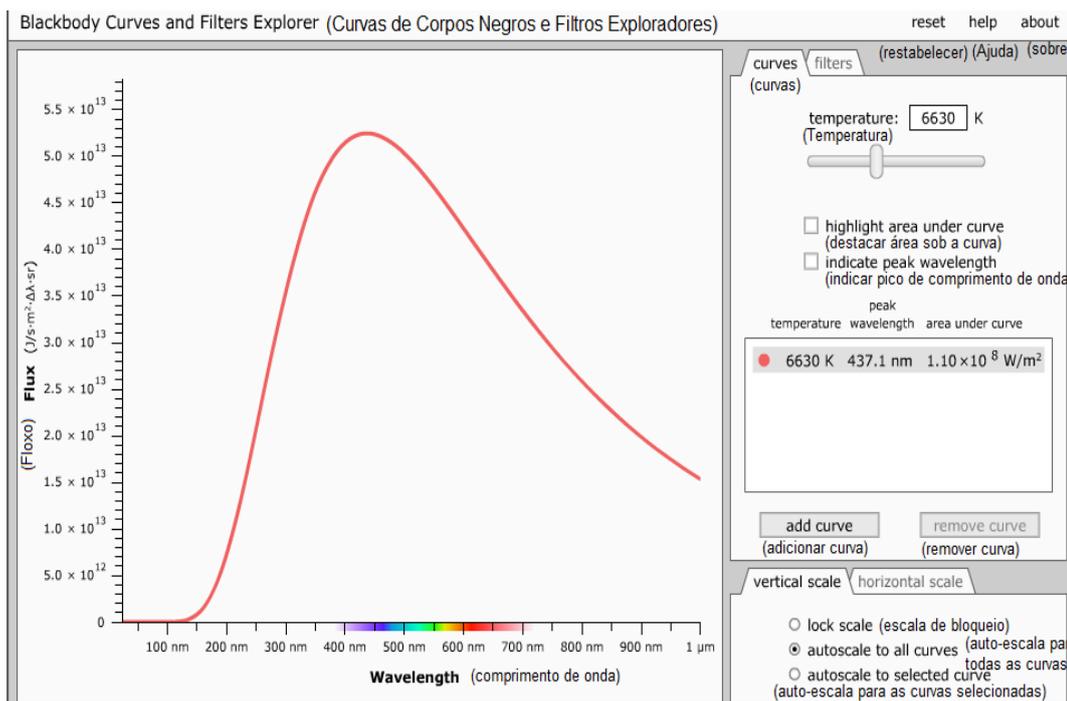
---

<sup>18</sup> Disponível em <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/bbexplorer.html>



Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/bbexplorer.html>

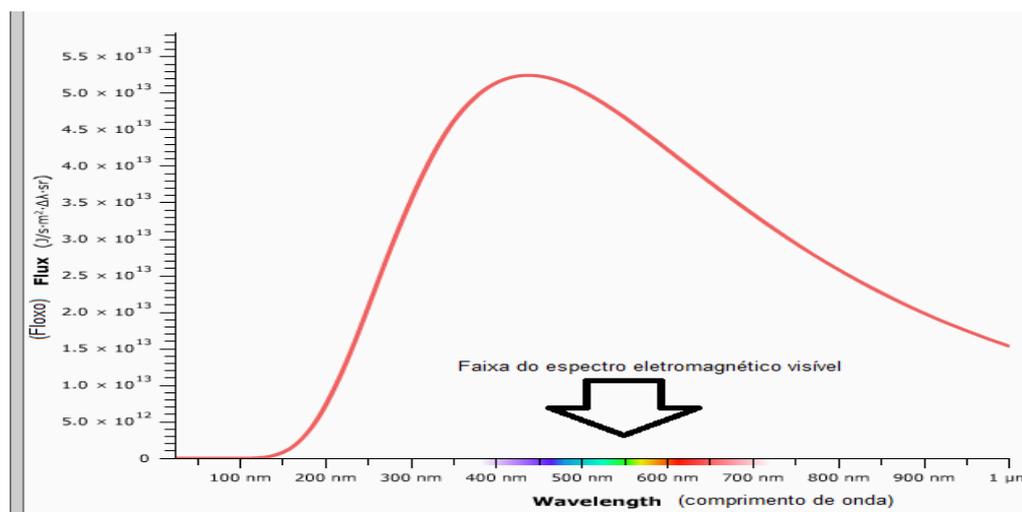
Figura B.16: Painel principal do *software Blackbody Curves and Filters Explorer* com algumas traduções em português. Tradução própria.



Fonte: Disponível em <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/bbexplorer.html>.  
Tradução própria.

O lado esquerdo do painel mostra o fluxo de energia versus o comprimento de onda do espectro para um ou mais corpos negros. O “arco-íris” indica a parte visível do espectro eletromagnético (Figura B.17).

Figura B.17: Lado esquerdo do painel do *software Blackbody Curves and Filters Explorer*.

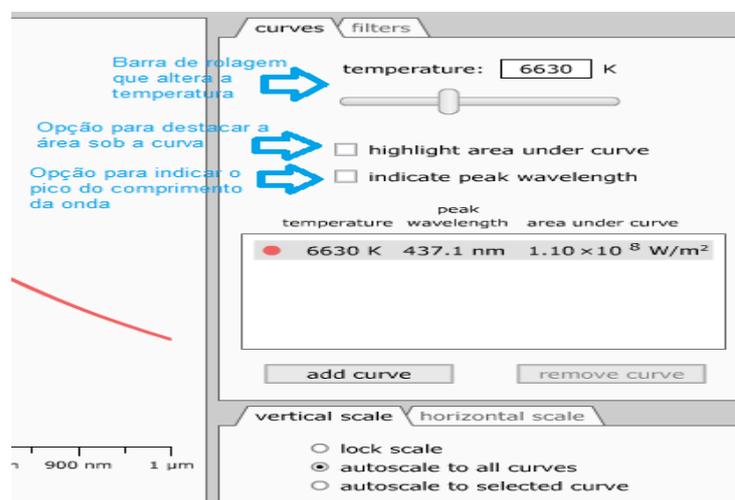


Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/bbexplorer.html>

É possível alterar a curva do gráfico (comprimento de onda versus fluxo) mexendo na barra de rolagem da temperatura (em Kelvin) que se localiza na parte superior no lado direito do painel. Como é mostrado na Figura B.18, podemos

também destacar a área sob a curva e indicar o pico do comprimento da onda, ativando os campos indicados no painel do lado esquerdo.

Figura B.18: Lado direito do painel do *software Blanckbody Curves and Filters Explorer*.



Fonte: <http://astro.unl.edu/classaction/animations/light/bbexplorer.html>. Tradução própria.

Selecionando a opção “*filters*” (filtros), na parte superior do lado direito, é possível visualizar a curva da estrela através de vários filtros, além de realizar o cálculo do índice de cor, que faz parte da técnica da Fotometria.

#### Atividade

1º) Identifique os eixos no gráfico, quais são as grandezas físicas e suas unidades?

---



---



---

2º) Mexa na barra de rolagem da “*temperature*” (temperatura) e observe e faça um pequeno comentário sobre o que acontece com a curva.

---



---



---



---



---



---

3°) Na tabela a seguir são fornecidos valores de temperatura referentes a algumas estrelas, com tipo espectral definido. Observe o que se pede nos itens a, b, c, e d e preencha a tabela.

Tabela B.4 Algumas das características das estrelas.

Estrela	Temperatura em Kelvin	Tipo espectral	Cor	Comprimento de onda máximo (pico)	Frequência a máxima	Índice de cor: B - V
Belatrix	25.000	O				
Rigel	20.000	B				
Sírius	10.000	A				
Prócion	7.000	F				
Capella	6.000	G				
Aldebaran	4.000	K				
Betelguese	3.000	M				

$$(T_K = T_c + 273)$$

Fonte: Elaboração própria.

- Classifique a faixa de cor que cada estrela possui.
- Manipulando a barra de rolagem da “*temperature*”, encontre os valores das temperaturas das estrelas fornecidas na tabela de forma a obter o comprimento de onda do máximo (pico) para cada valor.
- A lei de Wien (descoberta em 1893) estabelece a relação entre o comprimento de onda onde a emissão é máxima (pico) e a temperatura do corpo negro. A expressão matemática desta lei segue a abaixo,

$$T \times \lambda_{\max} = 2,898 \times 10^6 \text{ K.nm}$$

Na qual  $2,898 \times 10^6 \text{ K.nm}$  é o valor da constante de deslocamento de Wien.

A partir dos valores das temperaturas das estrelas fornecidas na tabela acima e os respectivos valores dos comprimentos de onda máximos encontrados, calcule a frequência máxima de cada estrela.

Dado:  $\lambda_{\max} = \frac{c}{f_{\max}}$ , onde  $c$  é a velocidade da luz que possui um valor aproximado de 300.000 km/s ou 300.000.000 m/s.

d) Encontre o valor da magnitude de cada estrela fornecida na tabela acima a partir da relação B - V.

#### 4.15 Décima quinta aula - Atividade 15: Formação de Imagem CCD

O objetivo desta aula é apresentar, de forma singela, o processo de formação de imagens astronômicas através de um CCD. Iniciamos desenvolvendo a atividade 15, que consiste em uma tarefa “simples” em que os alunos, em equipe, usando quatro diferentes cores de tinta e diferentes tonalidades deve relacionar as mesmas com as numerações entre 0 e 9, presentes nos “quadrinhos” da tabela (conforme é apresentada na atividade abaixo), sem que haja repetições das cores para diferentes números. Conforme os alunos pintam os quadrinhos, a imagem de uma galáxia espiral vai se formando.

##### Atividade – Formação de Imagem CCD

1º) Está sendo entregue um papel metro contendo uma tabela com várias “casas” com numeração entre 0 e 9. Trata-se de um código de cores que irá revelar uma imagem. Usando apenas quatro cores diferentes de tintas, desenvolver uma escala código de cores para os dez valores de brilho diferentes, 0 a 9. Indique o seu código de cor abaixo.

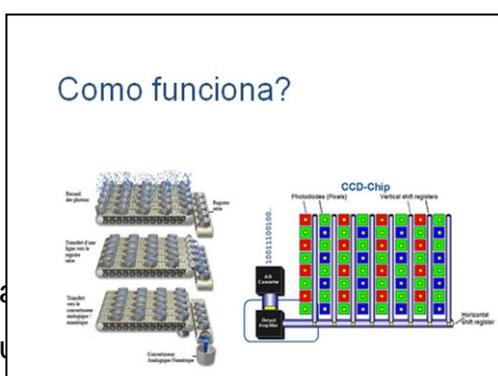
Tecla de cor



Fonte: PEREIRA, M.G. Nota de Aula da disciplina AST 307 do PGAstro, 2014

Slide 02: Processo de formação de imagem astronômica feita por um CCD.

Fonte: PEREIRA, M.G. Nota de Aula da disciplina AST 307 do PGAstro, 2014



### Atividade 16: Aplicação do Pós-teste

da  
qu  
pré-teste.

Com os avanços epistemológicos dos alunos, a partir da Sequência Didática, realizamos um pós-teste, com as mesmas questões usadas na aplicação do

## 5 RECURSOS

- Livros
- Computadores
- Textos
- Jogo de cartas
- Pincéis
- Tintas
- “canhão de luz”
- Papel metro
- Tesoura
- Data show
- Espectroscópio
- CD
- Estilete
- Serra de cano
- Canos de pvc
- Cola
- Máquina fotográfica

## 6 REFERÊNCIAS

A Changing Cosmos, Incorporating Hands-On Universe Units developed by TERC. Edited by Alan Gould, 2007, University of California.

ALBINO JUNIOR, A. **Mago da Física – cores**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0DaXxKzQHP0>. Acesso em 21 de setembro de 2015.

ALVES-MAZZOTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 1ª. Ed. São Paulo; Editora Pioneira, 1999.

ALBINO JUNIOR, A. **Mago da Física – cores**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0DaXxKzQHP0>. Acesso em 21 de setembro de 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Alicerce, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional: Um ponto de vista cognitivo*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. PCN+ Ensino Médio: **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Linguagem, códigos e suas tecnologias: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais – PCN+**. Brasília: 2000.

DIAS, C. A. C. M.; RITA, J. R. S. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, São Paulo, n. 6, p. 55–65, 2008.

FILHO, K. S. O. ; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria de Física, 2004.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa Científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FORATO, T. C. M. A Natureza da Ciência como Saber Escolar: Um Estudo de Caso a partir da História da Luz. **Tese** (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009: Disponível em: file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Thais\_Volume\_2.pdf

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GAMA, L.; HENRIQUE, A. B. **Astronomia na sala de aula: Por quê?** **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, Limeira, n. 9, p. 7 – 15, 2010.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre; Bookman, 2002.

LANGHI, R. **Ideias de senso comum em Astronomia**. Texto elaborado com base na apresentação oral de mesmo título no 7º Encontro Nacional de Astronomia (ENAST), nov. 2004. Disponível em: <http://telescopiosnaescola.pro.br/langhi.pdf>. Acesso em: 23 de novembro de 2015.

LEITE, C.; HOSOUME, Y. Os Professores de Ciências e suas Formas de Pensar a Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, São Paulo, n. 4, p. 47–68, 2007.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. **Aprendizagem Significativa**. 1. Ed. São Paulo; Vetor, 2008.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. **Quantitativo-Qualitativo: Oposição ou Complementaridade?** In: Caderno de Saúde Pública da Fiocruz. Rio de Janeiro: Fiocruz, jul/set 1993.

MONTEIRO, R. D. S. Uma proposta do tema “Radiação Eletromagnética” baseada na proposta CTS de ensino. **Tese** (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9277/1/2011\\_RodrigoDutraSilveiraMonteiro.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9277/1/2011_RodrigoDutraSilveiraMonteiro.pdf)

MOREIRA, M. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EUP, 2011.

MOREIRA, M. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em sala de aula**. 1 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2006.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 1 ed. vol. 4. São Paulo: Editora Blucher, 1998.

OLIVEIRA, F. F. **Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447 – 454. 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454. 2000.

SIQUEIRA, M. R. P. **Professores de Física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea**. 203f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/diponiveis/48/48134/tde-04102012-133540/>. Acesso em 20 de outubro de 2015.

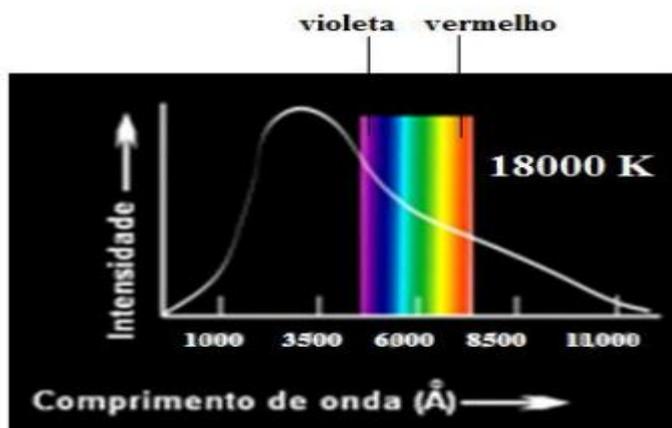
TERRAZZAN, E. A. (1992). A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v. 9, n.3: p.209-214, 1992.

## APÊNDICE B.1 – Questionário do Pré-teste e Pós-teste

Durante as aulas de Física você deve ter estudado assuntos relacionados às ondas eletromagnéticas. Este questionário é uma forma de você demonstrar o que aprendeu e contribuir com a nossa pesquisa sobre Ondas Eletromagnéticas por isso, precisamos que você o responda. Contamos com sua colaboração.

Nome: \_\_\_\_\_

1. Dentre as afirmativas abaixo qual corresponde ao conceito de radiação eletromagnética?
  - a) Um tipo de veneno que é emitido por materiais “radioativos”.
  - b) Propriedade de transmitir informações, por qualquer forma de transmissão.
  - c) Onda eletromagnética que se propaga no vácuo, com velocidade de 300.000 km/s.
  - d) Onda mecânica que se propaga no vácuo, com velocidade variável.
  
2. Espectro eletromagnético é:
  - a) Meio onde se propagam as ondas eletromagnéticas.
  - b) Conjunto de frequências das ondas eletromagnéticas.
  - c) Elementos químicos que é capas de atravessar obstáculos.
  - d) Faixa determinada de frequência das ondas de rádio AM e FM.
  
3. Sabe-se que o espectro de radiação emitida pelas estrelas assemelha-se ao de um corpo negro. Suponha que um exoplaneta tenha sido descoberto orbitando uma estrela cujo espectro de radiação emitida pela estrela seja a que está representada na figura a seguir.



Fonte: [http://www.prof2000.pt/users/angelof/af16/ts\\_estrelas/biggest47.htm](http://www.prof2000.pt/users/angelof/af16/ts_estrelas/biggest47.htm). Acesso em: 21 de outubro de 2015

a) Em qual faixa do espectro eletromagnético predomina a radiação emitida por esta estrela? Justifique.

---



---



---



---



---



---

b) Qual cor na faixa do visível do espectro que esta estrela provavelmente teria vista da Terra? Justifique.

---



---



---



---



---



---

4. A tabela a seguir mostra três valores de frequências de ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo. Comparando-as essas três ondas, podemos afirmar que:

Ondas	F (Hz)
A	$2 \times 10^{17}$
B	$4 \times 10^{14}$
C	$2 \times 10^{14}$

- a) A energia de um fóton associado à onda A é maior do que a energia de um fóton associado à onda B.
- b) O comprimento de onda B é igual ao dobro da onda C.
- c) A energia do fóton associado à onda A é igual a associado à onda B.
- d) As três ondas possuem o mesmo comprimento de onda.

5. As diversas cores que vemos são resultado de um processo fisiológico, ou seja, da interpretação da Biologia de como a Física atua nos seres vivos. A retina, região interna aos olhos, é coberta por células chamadas cones, que possuem a capacidade de interpretar a luz que entra em contato com elas por meio da quantidade de energia que elas transportam. Apesar de enxergarmos inúmeras cores, os cones possuem picos de sensibilidade somente para três delas, chamadas cores aditivas primárias, que são:

- a) O preto, o cinza e o branco.
- b) O vermelho, o verde e o azul.
- c) O vermelho, amarelo e o azul.
- d) O laranja, o verde e o violeta.

6. O que você entende sobre a dualidade onda-partícula?

- a) A propriedade de uma partícula qualquer ser transformada em uma onda.
- b) A uma consequência do nêutron ao sofrer decaimento radioativo.
- c) A propriedade das ondas eletromagnéticas de se comportarem como ondas e como partículas, simultaneamente.
- d) São ondas periódicas formadas por um aglomerado de partículas que viajam pelo espaço sideral.

7. A preocupação com o estudo da luz data da Antiguidade Grega. Desde então, surgiram várias teorias a respeito do que é formada a luz, ou seja, qual é a sua natureza. Entretanto, é somente no século XX que surge uma teoria capaz de explicar uma maior quantidade de fenômenos relacionados com a luz. Esse modelo para explicar a natureza da luz se baseia na ideia de fóton. A partir dos seus conhecimentos, escolha uma opção abaixo que defina o fóton?

- a) Partícula subatômica que constitui a luz visível.
- b) Pacote de energia bem definida que se propaga no vácuo à 300.000 km/s.

- c) A luz emitida por um *flash* eletrônico.
- d) Partículas que provem de lâmpadas fluorescentes, sem cor definida.

8. A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no espaço é variável ou invariável?

Variável ( ) Invariável ( )

Qual princípio central da Física é possível ser usado como apoio para realizar tal afirmação?

- a) Princípio da conservação da energia.
- b) Não existe nenhum princípio que sirva como apoio.
- c) As leis de Newton.
- d) As leis de Kepler.

9. Com que cor aparece à luz visível de mais baixa e de mais alta frequência, respectivamente?

- a) vermelho e violeta.
- b) violeta e vermelho.
- c) azul e vermelho.
- d) vermelho e azul.

10. A partir de seus conhecimentos, formule uma explicação para os seguintes questionamentos:

- a) Por que o céu é azul?

---

---

---

---

---

- b) Por que o Pôr-do-Sol é vermelho?

---

---

---

---

- c) Por que o as nuvens são brancas?

---

---

---

---

d) Por que percebemos quase todas as estrelas do céu como brancas?

---

---

---

---

11°) Classifique as opções abaixo conforme suas respectivas definições:

- (1) Diagrama H-R.
- (2) Fotometria.
- (3) Contagem.
- (4) Luminosidade.
- (5) Brilho aparente.
- (6) Estrela aparente.
- (7) Estrela de referência.
- (8) Estrela padrão.
- (9) Magnitude aparente.
- (10) Magnitude absoluta.

( ) Essa quantidade é análoga a luminosidade, mas expressa numa dada escala de magnitude.

( ) Uma estrela não variável, cujo brilho aparente é bem determinado e conhecido.

( ) Porção de luz emitida por uma estrela, por unidade de tempo (segundo).

( ) Compilação dos gráficos magnitudes absolutas *versus* classes espectrais e luminosidades *versus* temperaturas.

( ) Intensidade de luz proveniente da estrela, recebida em cada *pixel* do CCD, depende do equipamento utilizado e das condições atmosféricas durante a observação.

( ) Uma estrela cujo brilho aparente e luminosidade não mudam de uma noite para outra. Geralmente, o brilho aparente dessa estrela não é conhecido.

( ) Processo de medir a quantidade de luz recebida de um objeto.

( ) Porção de luz que chega à Terra, por segundo, sob condições ideais (caso não houvesse atmosfera). Este é um número padrão que qualquer pessoa observando uma estrela em qualquer parte da Terra poderia obter a partir de suas medidas, depois de corrigir as mudanças causadas pelas condições observacionais.

( ) Medida de brilho aparente mais usada em astronomia. A escala de magnitude é inversa, significando que estrelas mais brilhantes têm os menores valores de magnitude.

## APÊNDICE B.2 – Cartas utilizadas na terceira aula

Carta 1: Imagem da galáxia NGC 2903.



Fonte: Astronomy Picture of the Day  
Créditos de imagem: Tony Hallas <http://apod.nasa.gov/apod/ap150410.html>

### Verso da Carta 1

Existem várias estrelas no Universo. Cada uma possui características que podem ser agrupadas em termos de sua classificação. De que maneira é feita essa classificação?

**Sobre a imagem:** Galáxia espiral barrada NGC 2903. Está a cerca de 20 milhões de anos-luz de distância, e com 80 mil anos-luz de diâmetro é um pouco menor do que a nossa Via Láctea. Possui uma taxa excepcional de atividade de formação de estrelas perto de seu centro. Esta imagem colorida, feita por um pequeno telescópio terrestre, mostra os braços espirais da galáxia com aglomerados de estrelas azuis jovens e regiões rosadas de estrelas em formação e assim como detalhes do núcleo.

Carta 2: Galáxia espiral NGC 2403



Fonte: Astronomy Picture of Day  
Crédito da imagem: Martin Pugh <http://apod.nasa.gov/apod/ap150327.html>

### Verso da carta 2.

Como o comprimento de onda se relaciona com a temperatura de um objeto astronômico?

**Sobre a imagem:** NGC 2403 é uma galáxia espiral localizada dentro dos limites da constelação *Camelopardalis*, a cerca de 10 milhões de anos-luz de distância e tem cerca de 50 mil anos-luz de diâmetro. Esta imagem mostra que a NGC 2403 parece ter muito mais regiões gigantes de formação de estrelas – HII (são regiões energizadas por aglomerados de estrelas quentes e massivas que explodem como supernovas brilhantes no final de suas vidas curtas), marcados pelo brilho avermelhado do gás hidrogênio. NGC 2403 é membro do grupo de galáxias M81 e se assemelha a outra galáxia com uma abundância de regiões de formações de estrelas que está dentro do nosso próprio grupo local de galáxias – M33, a galáxia do Triângulo.

### Carta 3. Explosão da supernova SN 2014J



Fonte: Hubble site/News Center

Crédito: NASA, ESA, A. Goobar (Universidade de Estocolmo) e a herança de Hubble Team (STSci/Aura)

Http://http://hubblesite.org/newscenter/asrchive/releases/2014/13/image/a/

### Verso da carta 3.

Explique de que maneira são capturadas e montadas as imagens dos objetos astronômicos pelos telescópios.

**Sobre a imagem:** é uma imagem composta do Telescópio Espacial Hubble da explosão da supernova SN 2014J na galáxia M82. A uma distância de cerca de 11,5 milhões de anos-luz da Terra, é a supernova mais próxima do seu tipo descoberta nas últimas décadas. A explosão é classificada como uma supernova Tipo Ia, teorizado para ser disparado em sistemas binários compostos por uma anã branca e uma estrela – que poderia ser uma segunda anã branca, uma estrela como o nosso Sol, ou uma estrela gigante. Esta fotografia feita pelo Hubble foi tomada em 31 de janeiro de 2014 e mostra como a supernova se aproximou do seu brilho máximo. A sensibilidade da luz ultravioleta do Hubble permitirá que astrônomos possam sondar o ambiente em torno do local da explosão da supernova e do meio interestrelar da galáxia hospedeira.

Carta 4. Foto da Dr<sup>a</sup> Tracy Dyson observando a Terra no Observatório Cupola da Estação Espacial



Fonte: APOD: Home from Above

Crédito de imagem: Expedition 24 Crew, NASA

Verso da Carta 4.

Por que o céu é azul?  
Por que as nuvens são brancas?

**Sobre a imagem:** Olhando para fora através das janelas da Estação Espacial Internacional (ISS – International Space Station), a astronauta Tracy Caldwell Dyson reflete sobre o planeta onde nascemos (Fotografia do dia 01 de dezembro de 2010). A uma altura de cerca de 350 quilômetros, a ISS está longe o suficiente da Terra de forma que o horizonte aparece claramente encurvado. Na janela da astronauta Dyson é possível vislumbrar em branco algumas das complexas nuvens da Terra e em azul a atmosfera e os oceanos. A estação Espacial Internacional perfaz uma órbita completa em torno da Terra a cada 90 minutos. Não é difícil para nós aqui na Terra vermos a ISS riscando os céus. A ISS pode ser frequentemente vista como um ponto brilhante de luz deslizando sobre nossas cabeças logo após o pôr-do-sol.

Carta 5: Lua vermelha



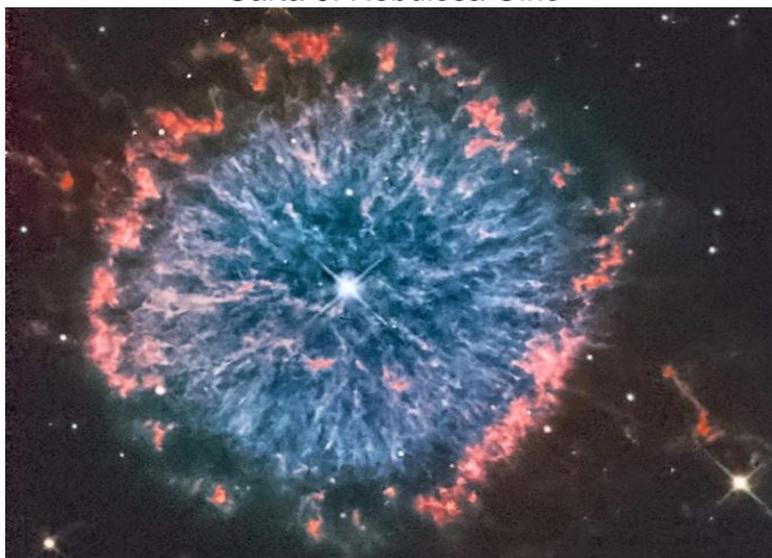
Fonte: Astronomy Picture of the Day Nasa  
Crédito da imagem: Dan Long (Apache Point Observatory)

#### Verso da Carta 5.

Por que a Lua fica avermelhada no momento em que ocorre eclipse total?  
De que maneira é possível medir, com precisão, a distância Terra-Lua usando um laser como esse da imagem?

**Sobre a imagem:** Fotografia capturada nas primeiras horas da manhã de 15 de abril de 2015 revela a Lua com uma coloração avermelhada no momento do seu eclipse total. Momento em que a Lua se encontra na parte mais escura da sombra da Terra (chamada umbra). Devido esta coloração, esse fenômeno ficou conhecido popularmente como “Lua de Sangue”. O feixe de luz verde é um laser que foi disparado pelo telescópio de 3,5 metros do Observatório Apache Point, no sul do Novo México, o caminho do feixe é revelado pela atmosfera da Terra ao espalhar um pouco a intensa luz do laser.

Carta 6. Nebulosa Olho



Fonte: Astronomy Picture of Day

Crédito de imagem: Hubble Legado Archive, ESA, NASA; processing – Donald Waid

*Verso da carta 6.*

Explique de que maneira é possível estimar características como, por exemplo, temperatura e composição química das estrelas.

Sobre a imagem: Nebulosa Olho é um exemplo clássico de nebulosa planetária com características complexas. A sua brilhante estrela central tem a temperatura da superfície estimada em 140 mil graus Celsius. Ela emite ventos e radiação intensamente quentes, que deram a nebulosa sua aparência singular. Esta nebulosa, conhecida também como NGC 6751, tem um diâmetro de 0,8 anos-luz ou cerca de 600 vezes o tamanho do nosso Sistema Solar e está a uma distância de 6500 anos-luz na constelação da Águia.

### APÊNDICE B.3 - Descrição do instrumento “Canhão de Luz”

Para a construção da ferramenta “Canhão de Luz” foi necessário os seguintes materiais:

01 ralo sifonado de 10x9 cm com três entradas e uma saída;

03 bocais pendentes baquelite foxlux;

01 tomada 2P com *plug* móvel ;

03 interruptores;

02 metros de fio cabo flexível paralelo;

03 lâmpadas do tipo *led* com as cores primárias da luz;

Espelhos planos;

Fita isolante.

Primeiramente revestimos o interior do ralo sifonado com espelhos planos e recortamos um pedaço do espelho em forma de uma disco sob medida da tampa superior do mesmo. Os espelhos contribuem para uma melhor reflexão da luz.

Figura 1: Ralo sifonado revestido de espelho



Fonte: Elaboração própria.

Figura 2: Espelho em forma de disco que servirá como tampa superior do ralo sifonado.



Fonte: Elaboração própria.

Após montar o circuito elétrico com o fio flexível, os bocais, a tomada e os três interruptores, encaixamos as lâmpadas do tipo *led* nos bocais e colocamos cada uma nas entradas do ralo sifonado. Ficando livre somente a saída, onde sairão os feixes de luz. Com a fita isolante vedamos todas às três entradas e a tampa superior do ralo sifonado, deixando apenas a saída livre.

Figura 3: As lâmpadas encaixadas nas entradas do ralo sifonado.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 4: Experimento pronto



Fonte: Elaboração própria.

Três luminárias com o mesmo tipo de lâmpada provavelmente conseguirá os mesmos efeitos que esta ferramenta, mas o que a torna interessante é a sua viabilidade de uso em sala de aula, provocar a curiosidade dos alunos e a facilidade de locomoção entre uma aula e outra.

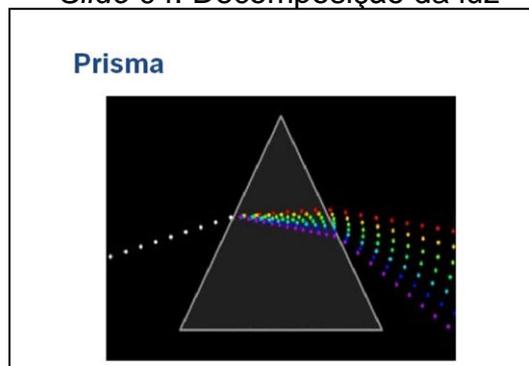
### APÊNDICE B.4 – Slides usados na sexta aula

Slide 01: Cores primárias e secundárias



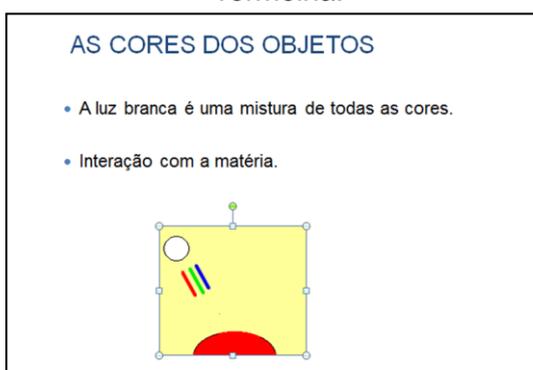
Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/2581607>

Slide 04: Decomposição da luz

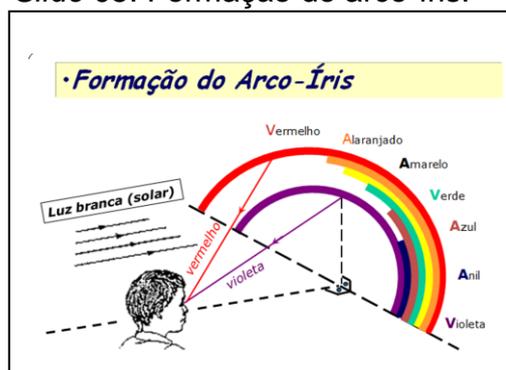


Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/2493607/>

Slide 02: Animação da luz branca interagindo com a superfície de cor vermelha.



Slide 05: Formação do arco-íris.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/49724/>

Slide 03: Decomposição da luz.



Fonte: <http://escolakids.uol.com.br/porque-o-ceu-e-azul.ht>

Slide 06: Faixa do comprimento de onda e frequência

Faixa Espectral da Luz Visível

Cores do espectro visível		
Cor	Comprimento de onda	Frequência
Vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
Laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
Amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
Verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
Ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
Azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
Violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

Fonte: <http://www.mundoespirita.net/frequecnci-a-e-vibraccedilatildeo.html>

Slide 07: Raios, feixes e fontes de luz

- **Raios de luz:** retas orientadas que definem a direção e o sentido em que a luz se propaga.



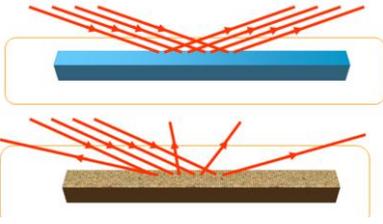
- **Feixe de luz:** é formado pelo conjunto de raios de luz.
- **Fonte primária:** produz a luz que emite. 
- **Fonte secundária:** somente reflete a luz que recebe. 

Fonte: Elaboração própria.

Slide 10: Reflexão da luz - animação

**Reflexão**

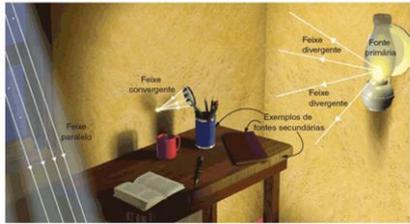
- É o retorno da luz ao próprio meio de origem.



Fonte desconhecida

Slide 08: Feixe e Fontes de luz

**Fontes e feixes de luz**

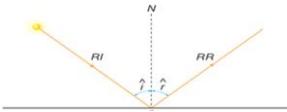


Fonte desconhecida

Slide 11: Lei da reflexão da luz

**Lei da reflexão**

- **1ª lei:** o raio incidente, a reta normal que passa pelo ponto de incidência e o raio refletido estão no mesmo plano.
- **2ª lei:** a medida do ângulo de incidência é igual à medida do ângulo de reflexão.



Fonte: Elaboração própria.

Slide 09: Características da luz

**Características da luz**

- Independência dos raios luminosos



- Reversibilidade dos raios luminosos

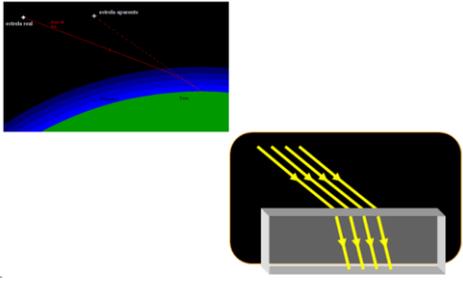


Fonte:

<http://well31.comunidades.net/principio>

Slide 12: Refração da luz

**Refração**



Fonte:

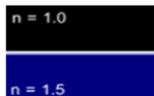
<http://www.astrosurf.com/skyscapes/disc/refracao/refracao.htm>

### Slide 13: Refração da luz

#### Refração da luz

- É resultado da mudança da velocidade da luz quando esta atravessa uma superfície de separação de propriedades óticas distintas.
- Índice de refração: é uma relação entre a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz em um determinado meio.

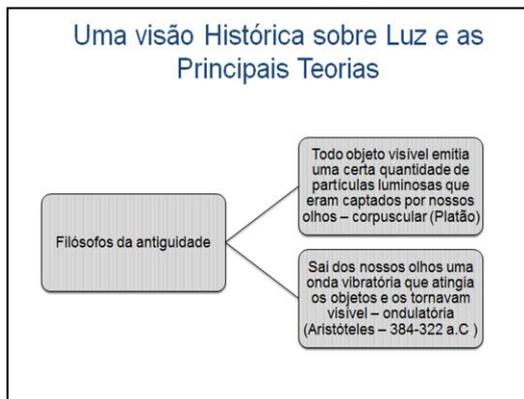
$$n = \frac{c}{v}$$



Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B.5 – Slides usados na aula dialogada sobre as principais teorias da natureza da luz (oitava aula).

### Slide 01: A natureza da luz antes do século XVII



Fonte: Elaboração própria.

### Slide 04: Contribuições de Hooke

Teoria Ondulatória



- Robert Hooke (1635 - 1703)

A luz é uma onda assim como ondas de perturbação se propagam num lago, ou ondas sonoras que se propaga no ar.

Fonte: Elaboração própria.

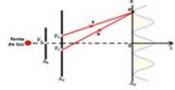
### Slide 05: Experimento de dupla fenda

Teoria Ondulatória



- Thomas Young (1773 - 1829)

Experimento de dupla fenda



☐ Luz

- ✓ Abrangia os fenômenos da difração e interferência;
- ✓ Onda transversal.

### Slide 02: Mudança de cenário – revoluções e mais controvérsias

Teoria Corpuscular

- Isaac Newton (1642 - 1727)

A luz consiste num fluxo de partículas muito pequenas (microscópicas) que são emitidas por fontes luminosas.

- ✓ A luz se propaga mais rapidamente quanto mais denso for o meio.



Fonte: Elaboração própria.

### Slide 06: Contribuições de Fizeau e Foucault

Teoria Ondulatória

- Armand H. L. Fizeau (1819 - 1896) e Jean Bernard L. Foucault (1819 - 1868).

Através de experiências distintas, mediram a velocidade da luz no ar e na água.



- ✓ A luz se propaga mais rapidamente quanto menos denso for o meio.

Fonte: Elaboração própria.

### Slide 03: Contribuições de Huygens

Teoria Ondulatória



- Christiaan Huygens (1629 - 1695)

A luz é uma perturbação que se propaga num determinado meio.

Luz ➡ Onda de Som (meio material)



Éter luminífero

Fonte: Elaboração própria.

## Slide 07: Ressurgimento da teoria corpuscular

**Ressurgimento da Teoria Corpuscular**

- Heinrich Hertz (1857 - 1894)



Em 1887, demonstrou, experimentalmente, que podia gerar e detectar ondas eletromagnéticas.

➤ Incidência de radiação ultravioleta sobre os eletrodos da antena receptora induzia sobre esta uma descarga elétrica.

↓

Efeito Fotoelétrico.

Fonte: Elaboração própria.

## Slide 08: O quantum de energia

**Fóton ou Quantum de energia**

- Fóton → um corpúsculo localizado de pura energia – “partícula” de luz – que é rejeitada pelo o átomo.

↓

$E \sim f$

$E = n \times h \times f$

Onde h é a constante de Planck.

Fonte: Elaboração própria.

## Slide 09: A contribuição da Física Quântica

A Mecânica Clássica permite que a luz seja onda ou partícula.

- Como explicar que para alguns fenômenos a luz se comporte como onda e para outros o seu comportamento é de partículas?

➤ **A resposta é dada a partir dos estudo da Mecânica Quântica.**

Fonte: Elaboração própria.

## **APÊNDICE B.6 – Texto 3: Conhecendo o céu através do espectro eletromagnético**

Através da luz, aqui entendida como todas as faixas do espectro eletromagnético (e não apenas a luz visível), emitida pelos objetos astronômicos é possível inferir características próprias do objeto que está sendo estudado. Por exemplo, se o objeto em questão for uma estrela podemos saber sua temperatura, luminosidade, composição química, massa, estrutura interna, idade, campo magnético, taxa de rotação, se ela possui planetas a seu redor, etc. Caso o objeto seja uma galáxia, podemos saber que tipos de estrelas vivem nela, quando ela se formou, quanto gás contém, a temperatura e geometria desse gás, com que velocidade a galáxia se afasta de nós, se ela possui buraco negro muito massivo em seu núcleo, etc..

A luz também é chamada de radiação eletromagnética por se tratar de uma onda que transporta energia por meio de flutuações dos campos elétrico e magnético. Ela pode ser observada sob diferentes formas, ou seja, em diferentes faixas espectrais: visível, infravermelho, ultravioleta, ondas de rádio, etc., e para cada faixa do espectro é necessário um detector diferente. Por exemplo, observações em certas faixas espectrais, como os raios x, ultravioleta e infravermelho, são melhores realizadas por satélites, pois a atmosfera terrestre absorve boa parte destes comprimentos de onda ( $\lambda$ ), impedindo a captação dos fótons em telescópios terrestres.

Entre esses telescópios espaciais podemos citar o telescópio Espacial Hubble, que capta fótons do ultravioleta até o infravermelho, os satélites infravermelho IRAS (Infra-Red Astronomical Satellite) e ISSO (Infra-Red Space Observatory), Einstein, Chandra e XMM-Newton, que conseguem observar na faixa de raios-X além do COBE (Cosmic Background Explorer) que detecta as micro-ondas.

O conjunto dessas ondas é chamado de espectro eletromagnético. Todas essas ondas possuem a capacidade de se propagar no vácuo com a velocidade de  $3 \times 10^8$  m/s (conhecida como a velocidade da luz,  $c$ ). A seguir temos a Figura 1, que é uma representação do espectro eletromagnético com as frequências e comprimentos de onda que o compõe, que podem ser relacionados pela seguinte expressão matemática  $c = \lambda \times f$ , onde  $\lambda$  representa o comprimento de onda, em



O físico Albert Einstein (1897-1955) em 1921 ganhou o prêmio Nobel de Física por explicar o Efeito Fotoelétrico, onde inferiu que a energia de um fóton (ou *quantum* de energia) é dada pela expressão matemática:

$$E = n \times h \times f,$$

Na qual:

$E$  = representa a energia do fóton, medida em Joules (J) ou elétrons-volt (eV);

$n$  = representa o número de fótons;

$h$  = representa a constante de Planck que apresenta o seguinte valor:  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s;

$f$  = representa a frequência da radiação, medida em Hertz (Hz).

Assim, Einstein definiu que cada fóton corresponde a um pequeno pacote de energia, um quantum, caracterizando como “corpúsculo” ou “partícula” de energia. Um conjunto de fótons é chamado de quanta de energia. Dessa forma,  $n$  pode ser igual a 0, 1, 2, 3, ...

Os fótons apresentam propriedades bastante interessantes, como:

- a) São partículas que possuem energia bem definida;
- b) São partículas que não possuem massa;
- c) O fóton não possui carga elétrica. Isso quer dizer que ele
- d) A velocidade de qualquer fóton, não importa sua energia, é de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/s, no vácuo. Dessa forma, o fóton apresenta a velocidade considerada limite na natureza, não havendo objeto capaz de se mover com velocidade superior a de um fóton

Podemos concluir que para cada radiação eletromagnética existirá um fóton de energia correspondente e com uma energia definida pela expressão  $E = h \times f$ , movimentando-se com uma velocidade  $c = 3 \times 10^8$  m/s.

O que “enxergamos”?

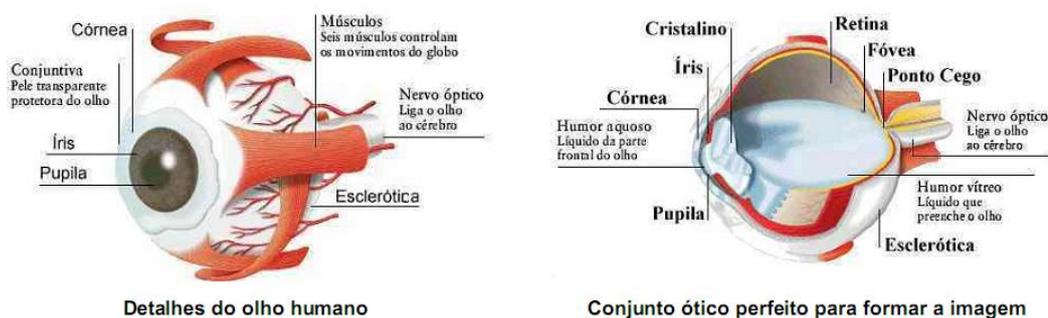
O olho humano é sensível apenas a uma pequena parte do espectro eletromagnético, que corresponde à luz visível. As cores do arco-íris fazem parte

dessa “fatia” do espectro, cujos comprimentos de onda vão de 700 nm (vermelho) até 400 nm (violeta), com frequências que vão de  $4,3 \times 10^{14}$  Hz até  $7,5 \times 10^{14}$  Hz.

Mas será que nossos olhos possui uma sensibilidade apenas a essa pequena parte do espectro? Alguns cientistas acreditam que a evolução natural tenha tornado nossos olhos sensível a estes comprimentos de onda para aproveitar o melhor possível a luz do Sol, que apresenta uma maior intensidade nesta região do espectro. Ou seja, é uma questão de adaptação à radiação. Os olhos dos animais que caçam à noite, por exemplo, possuem uma sensibilidade maior aos raios infravermelhos, que fazem localizar suas presas na paisagem “escura”.

De que maneira o olho humano funciona? Esse detector de luz (o olho) é um órgão extremamente complexo (Figura 2), que converte a radiação eletromagnética em imagens por meio de uma combinação de processos físicos e químicos.

Figura 2: Olho humano



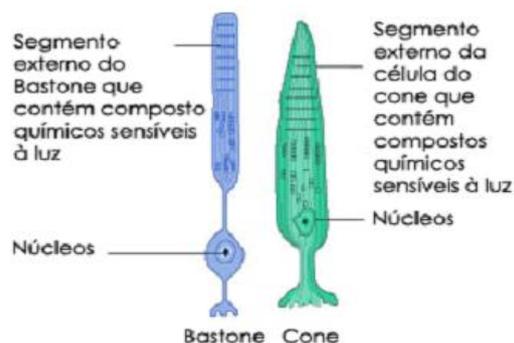
Fonte: <http://pt.slideshare.net/canandamirella/olho-humano-24177397>

A luz visível incide no olho através de uma lente natural chamada de córnea, que produz cerca de 70% do desvio (refração) necessário da luz, antes que ela passe pela pupila, que é a uma abertura existente na íris. Então, a luz visível é focalizada na camada do fundo do olho, onde se localizam as células receptoras da retina, uma membrana que reveste a parte posterior do olho. Existe uma região no centro de nosso campo de visão, chamada de fóvea, que é a região onde a visão é mais nítida, como também existe um ponto, por onde saem os nervos que transportam a informação ao longo no nervo ótico, que não possui sensibilidade à luz, chamada de ponto cego.

A retina é formada por minúsculas “antenas” que entram em ressonância com a frequência da luz que entra no olho (nesse caso estamos falando de luz na faixa

do visível). Existem dois tipos básicos dessas “antenas” (células), os cones e os bastonetes (Figura 3).

Figura 3: Imagem artística do Bastone e Cone



Fonte: <http://saude.hsw.uol.com.br/visao2.htm>

Os bastonetes possuem uma sensibilidade maior, no entanto respondem apenas à intensidade das frequências da luz visível e é graças a eles que podemos enxergar à noite. Já os cones existem três tipos deles, os que são estimulados pelas frequências baixas da luz visível (vermelho), os que são estimulados pelas frequências médias (verde) e aqueles que são estimulados pelas frequências altas (azul). A estimulação combinada desses três tipos de cones é capaz de produzir toda a extensa “gama” de cores que nós enxergamos. A doença do daltonismo (cegueira à determinada cor) é causada pela ausência de um (ou mais) desses tipos de cones.

As estrelas possuem um colorido vivo. Sua exposição, por algum tempo, a uma câmera fotográfica revela vermelhos e vermelho-alaranjados nas estrelas de menor temperatura, azuis e violeta-azuladas nas estrelas de maior temperatura. No entanto, por que percebemos a maioria das estrelas com a cor branca? Essa percepção é pelo fato das luzes das estrelas serem fracas demais para excitar os cones sensíveis às cores da retina. Dessa forma, vemos as estrelas com nossos bastonetes e as percebemos brancas ou, no melhor dos casos, apenas cores desbotadas.

## APÊNDICE B.7 – Slides usados na oitava aula

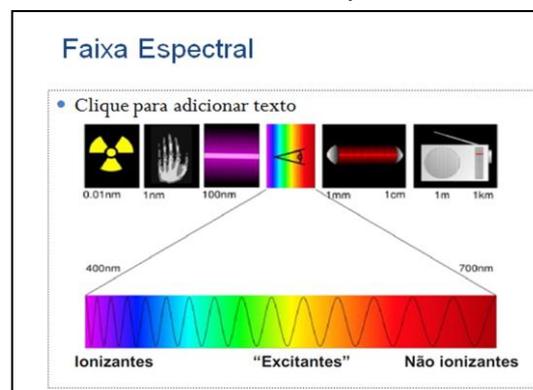
### Slide 01: Tipos de telescópios



Fonte:

<http://apod.nasa.gov/apod/ap010806.html>

### Slide 04: Faixa do Espectro



Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>

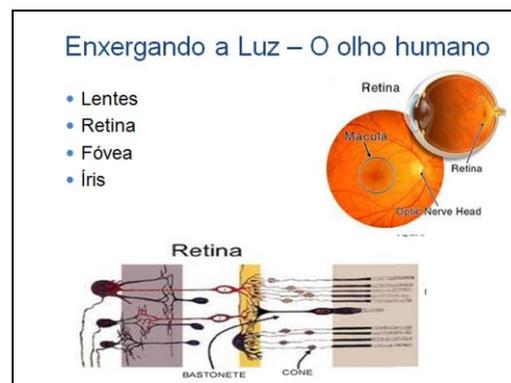
### Slide 02: Espectro Eletromagnético

**Espectro Eletromagnético**

- Espectro Eletromagnético: conjunto de ondas eletromagnéticas de todas as frequências possíveis.
- Ondas eletromagnéticas: são ondas caracterizadas pela oscilação de campos elétricos e magnéticos.

Fonte: Elaboração própria.

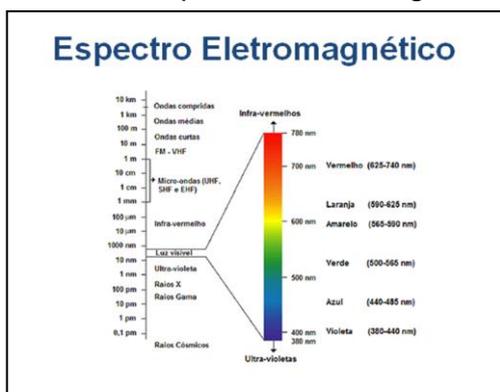
### Slide 05: Olho Humano



Fonte:

<http://pt.slideshare.net/canandamirella/olho-humano-24177397>

### Slide 03: Espectro Eletromagnético



Fonte: <http://cienciaehumanidade.blogspot.com.br/2010/01/tipos-ondaseletromagneticas.html>

### Slide 06: Os Cones

Enxergando a Luz – O olho humano

- Existem três espécies de cones: os que são estimulados pelas frequências baixas da luz, os que são estimulados pelas frequências médias e aquelas que são estimuladas pelas frequências altas.

AZUL, VERMELHA E VERDE

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B.8 – Texto 4: O Brilho das Estrelas

Quando olhamos o céu noturno temos a impressão que todas as estrelas são brancas. Mas se direcionarmos nosso olhar cuidadosamente, podemos notar algumas com certa cor, mesmo que desbotadas. Isso se dá devido a pouca intensidade de energia das estrelas que chega aos nossos olhos, e estes não conseguem excitar os cones que são responsáveis pela sensação das cores dos objetos.

Algumas estrelas possuem uma cor azulada, outras indo para o vermelho e outras na faixa do dourado. Podemos citar a constelação de Órion que apresenta um contraste entre o vermelho de Betelgeuse na região de sua “axila” e o azul de Bellatrix no ombro. A compreensão dos significados das cores e suas variações emitidas pelas estrelas foi um mistério até dois séculos atrás, após as evoluções epistemológicas dos estudos sobre a natureza da luz e propriedades da matéria em temperaturas imensamente altas.

Os estudos sobre a radiação do corpo negro foi um dos grandes passos para a compreensão da variação das cores das estrelas. De forma resumida e simples, podemos definir corpo negro como um objeto que absorve toda a energia que sobre ele é incidida, sem refletir nenhuma radiação. Com essas propriedades, em princípio, não é possível ele ser visto, mas para isso é necessário que este objeto se encontre em equilíbrio termodinâmico. Dessa forma ele deve irradiar energia na mesma taxa que absorve. Portanto, podemos dizer que um corpo negro, além de ser um bom absorvedor (absorvedor perfeito), é também um bom emissor (emissor perfeito).

Em 1893, Wilhelm Wien descobriu que o comprimento de onda da radiação de um corpo negro é inversamente proporcional à sua temperatura, ou seja, à medida que a temperatura de um corpo aumenta, a sua cor sofre uma variação tendendo para o azul. A lei de Wien pode ser expressa pela seguinte expressão matemática:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}$$

Onde,

$\lambda_{max}$  é o comprimento de onda máxima da radiação emitida em metros (m);

$T$  é temperatura em Kelvin (K);

$b$  é a constante de proporcionalidade, chamada de dispersão de Wien, que possui um valor de  $2,89 \times 10^{-3}$  m.K.

Analisando o espectro eletromagnético das estrelas e comparando com as curvas da radiação dos corpos negros em várias temperaturas, é possível concluir que as estrelas são semelhantes a corpos negros, e que a variação da cor delas é uma consequência direta de sua temperatura.

É possível observar nessa relação que quando aumentamos a temperatura de um corpo negro, o pico de seu espectro move-se para um menor comprimento de onda (mais azul). Na Figura 01 vemos uma ilustração onde a luminosidade de três estrelas hipotéticas são graficadas contra o comprimento de onda. A faixa espectral do visível indica a faixa de comprimento de onda que é visível ao olho humano.

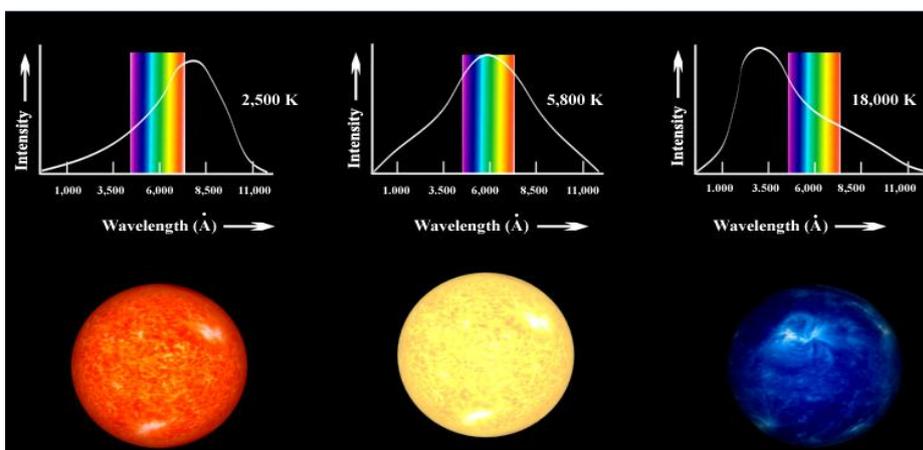


Figura 1:

Relação entre temperatura de um corpo negro e o comprimento de onda da luz no seu pico.

Disponível em [https://docs.kde.org/trunk5/pt\\_BR/kdeedu/kstars/ai-colorandtemp.html](https://docs.kde.org/trunk5/pt_BR/kdeedu/kstars/ai-colorandtemp.html).

Acessado em 12 de outubro de 2015.

É importante destacar que este método é correto conceitualmente, no entanto não pode ser usado para obter temperaturas estelares precisas, uma vez que as estrelas não são corpos negros perfeitos. A presença de vários elementos na atmosfera estelar faz com que alguns comprimentos de onda sejam absorvidos. Devido a estas linhas de absorções não serem uniformemente distribuídas no espectro, elas podem inclinar a posição do pico espectral.

## APÊNDICE B.9 – Slides usados na décima segunda aula (Fotometria).

### Slide 01: Apresentação da aula

Decima Terceira Estratégia: Aula dialogada sobre fotometria.

- Fotometria
  - processo de medir a quantidade de luz recebida de um objeto.



Fonte: <http://www.eso.org/public/brazil/news/eso1326/>

Fonte:

<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/cor/esdasestrelas.pdf>

### Slide 02: Magnitude Aparente

**Magnitude Aparente**

- No séc. II a.c., Hiparco classifica as estrelas em magnitudes (mais tarde refinada por Ptolomeu):
  - As estrelas mais brilhantes são de **1ª magnitude**
  - As estrelas mais fracas (visível a olho nu) são de **6ª magnitude**.
- A escala de Hiparco segue a sensibilidade da visão humana: logarítmica.
- É uma escala de brilho aparente.
- É uma escala invertida:
  - **maior brilho tem a menor magnitude**.
- A escala de magnitude usada hoje é descendente direta da escala de Hiparco.

Fonte: AMÔRES, E. B. de. Notas de aula da disciplina AST 303 do PGAstro, 2014.

### Slide 03: Magnitude aparente

**Magnitude Aparente**

- Estrelas mais brilhantes  $\leftrightarrow$  1ª magnitude
- magnitude aparente  $m_1 \leftrightarrow F_1$
- Estrelas de menor brilho 6ª magnitude.
- magnitude aparente  $m_6 \leftrightarrow F_6$
- Relação aproximada entre as escalas:
  - $\Rightarrow F_1 = 100 F_6$

F	m
$10^4$	-4
100	1 $\rightarrow F_1$
1	6 $\rightarrow F_6$

Magnitudes aparentes, correspondem ao brilho (fluxo) que observamos.

Fonte: AMÔRES, E. B. de. Notas de aula da disciplina AST 303 do PGAstro, 2014.

### Slide 04: Fotometria

**Fotometria**

Consiste em um método alternativo para medir a intensidade da luz passando por diferentes filtros. Cada filtro permite apenas uma parte específica do espectro passar enquanto todas as outras são rejeitadas. Um sistema fotométrico muito utilizado chama-se sistema UBV Johnson. É empregada três filtros de banda: U ("ultravioleta"), B ("azul"), e V ("visual - amarelo esverdeado"), cada um ocupando as diferentes regiões do espectro eletromagnético.

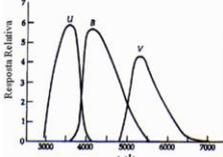
Fonte:

<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/cor/esdasestrelas.pdf>

### Slide 05: Índice de cor

**Índice de Cor**

- Definido em função das magnitudes aparentes medidas em diferentes bandas espectrais (filtros).
- Ex: Sistema fotométrico Johnson: bandas U ( $\lambda=350\text{nm}$ ), B ( $\lambda=450\text{nm}$ ) e V ( $\lambda=550\text{nm}$ )



U, B e V representam os brilhos ou magnitudes aparentes ( $m_u, m_b, m_v$ ) nas bandas do ultravioleta, azul e visível.

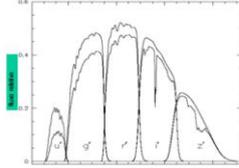
Os sistemas fotométricos também se estendem para outras faixas espectrais como o vermelho (R, I) e o infravermelho (J, H, K, L, M...)

Fonte: AMÔRES, E. B. de. Notas de aula da disciplina AST 303 do PGAstro, 2014.

### Slide 06: Índice de cor

**Índice de Cor**

- Índice de cor é a diferença entre magnitudes aparentes (brilhos) de duas bandas.
- Por exemplo:
  - B-V, V-R, H-K, g'-r', etc...
- Por convenção, fazemos:
  - (banda mais azul - banda mais vermelho)



Existem outros sistemas (filtros):

- u', g', r', i', z'

Fonte: AMÔRES, E. B. de. Notas de aula da disciplina AST 303 do PGAstro, 2014.

### Slide 07: Filtros



Fonte: Elaboração própria.

### Slide 08: Exemplo de índice de cor

Índice de cor

O filtro "B" é usado para medir a quantidade de luz azul sendo emitida pela estrela e o filtro "V" é usado para medir a quantidade de luz amarela.

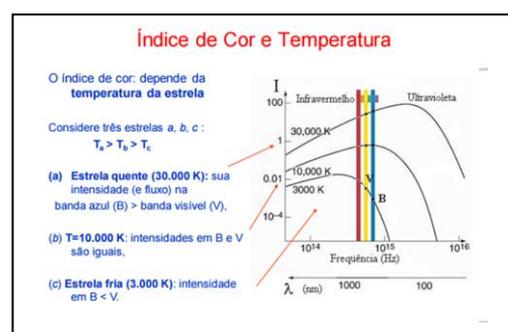
- Índice de cor B-V

$$B - V = (\text{magnitude observada em B}) - (\text{magnitude observada em V})$$

Fonte:

<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/cor-esdasesestrelas.pdf>

### Slide 09: Índice de Cor e Temperatura



Fonte: AMÔRES, E. B. de. Notas de aula da disciplina AST 303 do PGAstro, 2014.

### Slide 10: Definições

#### Definições...

- Contagem: Intensidade de luz proveniente da estrela, recebida em cada pixel do CCD. Que depende do equipamento utilizado e das condições atmosféricas durante a observação.
- Luminosidade: Porção de luz emitida por uma estrela, por unidade de tempo (segundo).
- Brilho aparente: Porção de luz que chega a Terra, por segundo, sob condições ideais (caso não houvesse atmosfera). Este é um número padrão que qualquer pessoa observando uma estrela em qualquer parte da Terra poderia obter a partir de suas medidas, depois de corrigir as mudanças causadas pelas condições observacionais.

Fonte:

<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/cor-esdasesestrelas.pdf>

### Slide 10: Definições

#### Definições...

- Estrela de referência: Uma estrela cujo brilho aparente e luminosidade não mudam de uma noite para outra. Geralmente, o brilho aparente dessa estrela não é conhecido.
- Estrela padrão: Uma estrela não variável, cujo brilho aparente é bem determinado e conhecido.
- Magnitude aparente: Medida de brilho aparente mais usada em astronomia. A escala de magnitude é inversa, significando que estrelas mais brilhantes têm os menores valores de magnitude
- Magnitude absoluta: Essa quantidade é análoga a luminosidade, mas expressa numa dada escala de magnitude.

Fonte:

<http://www.telescopiosnaescola.pro.br/cor-esdasesestrelas.pdf>

## ANEXO A - Texto 1: O Universo é um laboratório de Física

*“Quando as Plêiades aparecem no céu é tempo de usar a foice – e o arado, quando se põem” – Hesíodo, poeta grego do século VII a.C., sobre a constelação das Plêiades.*

*“Os neutrinos são muitos pequenos... Para eles a Terra é só uma bola boba, que eles simplesmente atravessam” – John Updike, poeta norte-americano (1932 - 2009).*

De Hesíodo a Updike, o universo sempre esteve perto da civilização. Tem sido usado tanto para agendar o cultivo da Terra, no passado, quanto como fonte de inspiração para os escritores, em todas as épocas. O mistério das estrelas mexeu profundamente com a imaginação dos povos e converteu-se em matéria-prima para o desenvolvimento da filosofia, das religiões, da poesia e da própria ciência, que ajudou a produzir as coisas práticas, que trouxeram conforto, qualidade de vida, cultura e desenvolvimento econômico e social. Observar o céu e anotar os movimentos das estrelas e dos planetas é uma prática milenar e continua na fronteira do conhecimento e da cultura contemporânea.

No início desse novo milênio, as ciências do universo estão prontas para dar um salto como poucos na história da civilização, e os próximos anos deverão trazer as estrelas e as galáxias para muito mais perto da sociedade. A Astronomia desdobrou-se em Astrofísica, Cosmologia, Astrobiologia, Planetologia e muitas outras especializações. Não é por acaso: a divisão de trabalho foi necessária para dar conta desse imenso laboratório que nos oferece uma oportunidade única: testar ideias que jamais poderiam ser submetidas a experiências aqui na Terra. No céu, não há limite para a imaginação.



*Galáxias que atropelam umas às outras – apesar das distâncias incríveis que as separam – revelam um Universo vivo, em transformação permanente. Estas duas galáxias espirais em colisão, chamadas de Antenas, estão em processo de fusão. Nossa Galáxia está em colisão com diversas galáxias menores e em cerca de dois bilhões de anos colidirá com Andrômeda, gerando um panorama muito parecido com as Antenas. As estrelas não colidem entre si durante o choque, mais a agitação do gás gera grandes ninhadas de novas estrelas, entre elas as azuis, de grande massa. (Crédito: NASA/ESA/ HUBBLE HERITAGE TEAM (STSCI/AURA)-ESA/HUBBLE COLLABORATION).*

Os telescópios atualmente obtêm imagens de estrelas e galáxias aos milhares de uma só vez. Já não têm apenas lentes de aumento ou espelhos, mas também, e cada vez mais, circuitos eletrônicos que absorvem a luz, registram sua intensidade, decompõem-na de formas variadas. Assim, extraem delas a melhor informação possível. Os computadores encarregam-se de criar as imagens captadas. Eles podem torná-las mais nítidas, filtrar e recombinar suas cores para destacar detalhes-chave difíceis de identificar diretamente nas fotografias.

Dezenas de telescópios, nas últimas décadas, foram instalados no espaço, onde a imagem é mais limpa por não haver ar para borrá-la. As imagens ganham uma nitidez excepcional – a ponto de se poder acompanhar o clima dos planetas mais próximos, como Marte e Júpiter, quase como se acompanha o clima na Terra. Ainda mais impressionantes são os espelhos inteligentes, inventados para evitar o custo de lançar um grande instrumento ao espaço: com a ajuda de um raio laser eles podem examinar as condições instantâneas do ar. Essas informações alimentam um computador, que manda deformar o espelho captador de luz. Com isso, corrigem-se os borrões criados pela atmosfera. Além da luz comum, com suas cores tradicionais, visíveis ao olho humano, existem telescópios que enxergam raios X, luz infravermelha, ondas de rádio, micro-ondas e outras formas de luz invisíveis.

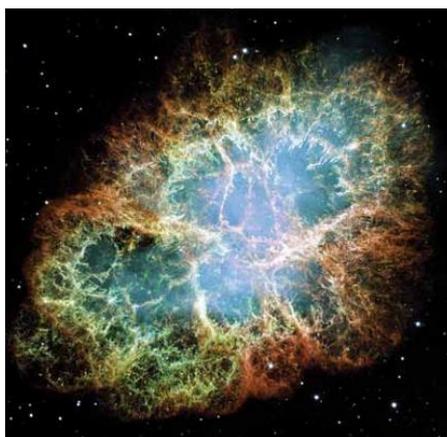
Essa quantidade inimaginável de informação já se tornou rotina – como uma máquina de produzir conhecimento. Ela flui pela comunidade internacional dos astrônomos e os ajuda a contar as estrelas e agrupá-las em populações distintas. Também pode-se estimar a idade das galáxias – contendo centenas de bilhões de

estrelas cada uma – podem ser classificadas em tipos distintos, como se fosse tribos cósmicas.

E assim como as estrelas formam galáxias, estas também se ligam uma às outras para formar objetos astronômicos ainda maiores. São os aglomerados e superaglomerados de galáxias – estes últimos tão grandes que sua história se confunde com a história do Universo (por isso eles podem, num futuro próximo, ajudar a desvendar a evolução e origem do Cosmo, há quase 14 bilhões de anos).

As estrelas não são eternas, como se pensava até o século XIX. Elas nascem, evoluem e morrem, e durante a vida fabricam átomos pesados que não existiam no Universo jovem, quando a química do Cosmo resumia-se aos dois átomos mais simples, o hidrogênio e o hélio. Essa atividade não para porque, ao explodir e morrer, as estrelas de grande massa espalham seus restos pelo espaço, enriquecendo o ambiente cósmico com carbono, oxigênio, cálcio, ferro e os outros átomos conhecidos.

Desses restos nascem outras estrelas, que enriquecem ainda mais de átomos o espaço. Ao mesmo tempo, os “caroços” das estrelas que explodiram também se transformam em astros, mas diferentes das estrelas comuns. São corpos inimagináveis, como as anãs brancas, as estrelas de nêutrons e os buracos negros. Esses personagens são o caroço central das estrelas mortas, que a detonação esmaga e converte em corpos compactos, duríssimos.



A supernova do Caranguejo foi vista em pleno dia, em 1054, pelo chineses. Seus gases se expandem a velocidades superiores a 10.000 km/s em seu centro se observa um pulsar – estrela de neutros com fortes campos magnéticos – que gira 33 vezes por segundo. (Crédito: NASA, ESA, J. Hester, A. Loll (ASU))

O Cosmo, portanto, não é um museu de objetos inalcançáveis. Está vivo, em transformação permanente. E é para dar conta desse ambiente mutante que os telescópios começaram a incorporar a dimensão do tempo aos seus dados básicos.

Não é simples como parece: como as estrelas e as galáxias vivem bilhões de anos, seus ciclos de vida são imensos e suas explosões mortais são extremamente raras. Mas, quando se observam grandes fatias do céu ao mesmo tempo, é possível flagrar diferentes astros passando por fases distintas do ciclo vital.

Até as mais raras detonações tornam-se frequentes e podem ser vistas o tempo todo, iluminando algum ponto do céu. Outros telescópios podem então se direcionados para lá, para acompanhar os detalhes do espetáculo. E é um espetáculo indescritível, já que as grandes estrelas, ao sucumbir, superam galáxias inteiras em brilho. Seus clarões podem ser vistos por toda a extensão do Universo por alguns dias. Esse tipo de explosão é chamado de supernova.

Como podem ser vistas de muito longe, as supernovas acabam se tornando muito úteis como ferramenta para investigar o próprio Universo. Foi por meio delas que, em 1998, descobriu-se que o Universo está expandindo cada vez mais depressa levantando a hipótese de que existe algum tipo de força desconhecida, aparentemente dotada de antigravidade.

Desde então esse novo habitante cósmico vem sendo chamado de energia escura, e a corrida para identifica-lo tornou-se um dos tópicos mais excitantes da Astronomia. Nessa busca, as supernovas funcionam como um velocímetro: seu clarão dá aos astrônomos um meio preciso de calcular a taxa de expansão do Universo naquele ponto.

No espaço, o que está longe também está no passado, já que a luz demora para chegar aos telescópios e, portanto, aos nossos olhos. Assim, as supernovas mais distantes podem mostrar como eram quando o Cosmo começou a se acelerar e se a aceleração está ou não mudando ao longo do tempo.

A partir daí, pode-se especular com mais precisão sobre a natureza exata da energia escura. Que tipo de energia será essa? O que ela pode nos ensinar sobre os átomos e suas partículas? Os cálculos mostram que a energia escura – seja lá o que for – é muito mais comum que a matéria atômica que forma as estrelas e galáxias: mais de 70% de energia total do Universo está na forma de energia escura. Para cada quilograma de matéria tradicional, existem 10 quilogramas de energia escura correspondente.

Essa matéria desconhecida e inesperada representa uma revolução no conhecimento do Universo – tão importante quanto a descoberta de que a Terra não é o centro do Universo, como se pensava até 500 anos atrás. A energia escura

certamente tem papel decisivo sobre o destino final do Cosmo. Mas não só isso: pode ter influência essencial sobre a sua arquitetura atual, ajudando a moldar a imensa teia de galáxias que vemos nas maiores escalas de espaço e tempo. Há ainda a matéria escura, que é cerca de seis vezes mais comum do que a matéria luminosa – que é a que podemos ver. Também não sabemos do que é feito a matéria escura.

Esse momento de entusiasmo e fascínio renovado pelo antigo mistério das estrelas coincide com os quatro séculos da obra do cientista italiano Galileu Galilei (1564 - 1642), o que foi um dos primeiros a examinar o céu com ajuda de um telescópio – e a desenhar, à mão, o que tinha visto na Lua, no Sol, e, Júpiter e em Saturno, espantando a sociedade de sua época. Esse marco foi comemorado pelos eventos do Ano Internacional da Astronomia, em 2009, uma celebração global da Astronomia e suas contribuições para o conhecimento humano. Uma das metas do Ano Internacional foi impulsionar fortemente a educação, tentar envolver o máximo possível o público e engajar os jovens na ciência, por meio de atividades dos mais diversos tipos – nas cidades, em cada país e também globalmente.

De forma a auxiliar a leitura, elaboramos as seguintes questões que deverão ser respondidas individualmente pelos alunos antes da aula:

### Questões

- 1º) A partir das informações presentes no texto e de seus conhecimentos responda:
- e) Porque o céu pode ser considerado um laboratório de Física?
  - f) De que forma os conhecimentos astronômicos influenciaram as civilizações antigas? E as atuais?
  - g) De que forma os telescópios atuais capturam as imagens astronômicas?
  - h) Quais foram os tipos de telescópicos citados no texto?

## **ANEXO B- Texto 2: Conhecendo as Radiações**

Até o momento falamos muito sobre as cores presentes em todas as partes. Na aula passada foi falado que cada cor da luz visível representa uma faixa de comprimento de onda e frequência que compõem uma pequena parte do espectro eletromagnético. Mas o que é realmente a luz? O que é esse espectro eletromagnético? O texto a seguir irá ajudar a compreendermos melhor estas questões. (colocar as questões posteriores ao texto)

### **Conhecendo as Radiações**

“Você acorda com o despertador. A luz do Sol entra pela janela enquanto você pula da cama, toma um banho, se veste e desce para tomar café. Na cozinha, coloca duas fatias de pão na torradeira e esquentando uma xícara de café no forno de micro-ondas. Enquanto espera, dá uma olhada nos bilhetes presos à geladeira por pequenos ímãs”. Estamos o tempo inteiro sendo bombardeados por radiações de todos os lados, algumas delas perceptíveis aos nossos sentidos, como por exemplo, a luz visível nas suas variadas cores, enquanto outras praticamente passam despercebidas. O Sol que entra pela janela representa uma forma de radiação que comumente chamamos de radiação solar. Já ao colocarmos as fatias de pão na torradeira estamos utilizando a radiação infravermelha para prepará-las ao nosso gosto, ou seja, deixá-las torradas. No aparelho de micro-ondas temos a geração das micro-ondas que permite aquecer a substância no interior do aparelho, deixando, por exemplo, o café, do jeitinho que queremos, isto é bem quentinho.

O que estas situações têm em comum? Em todas elas percebemos o uso de algum tipo de radiação. Mas será que as radiações são todas iguais? O que elas têm de diferente entre si? Primeiramente, precisamos conhecer o que é essa “coisa” chamada “radiação”, para depois entendermos os mecanismos de sua geração, classificando os diferentes tipos de radiação e a maneira com a qual elas interagem com a matéria, além das aplicações na área da astronomia feitas a partir delas.

Procurando no dicionário Aurélio (Novo Dicionário Eletrônico Aurélio versão 5.0), encontramos as seguintes definições para radiação:

- ✓ Ato ou efeito de radiar.

✓ Qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, seja por meio de partículas dotadas de energia cinética.

✓ Energia que se propaga de um ponto a outro no espaço ou num meio material.

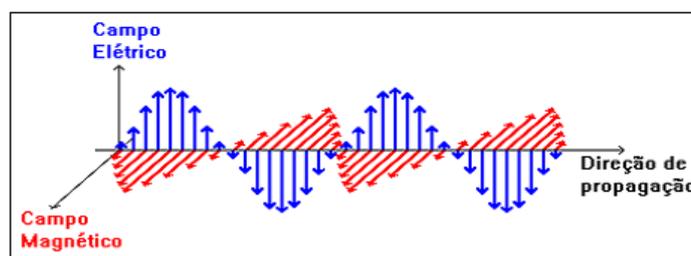
Assim, podemos afirmar que radiação é a propagação de energia sob várias formas, e que pode ser dividida geralmente em dois grupos:

- Radiação corpuscular (partículas) e;
- Radiação eletromagnética.

A radiação corpuscular é constituída de partículas elementares ou núcleos atômicos, tais como: elétrons, prótons, neutrinos, partículas alfa, entre outros, enquanto a radiação eletromagnética é constituída de ondas eletromagnéticas. Cada uma dessas radiações é caracterizada por sua energia, sua geração e forma de interação com a matéria. Neste estudo iremos dar uma maior atenção para a radiação eletromagnética.

#### Radiação eletromagnética

Devemos lembrar que as ondas eletromagnéticas têm origem no movimento de uma carga elétrica, que quando acelerada ou desacelerada, provoca variações em seu campo elétrico que, conseqüentemente, provoca variações em seu campo magnético e assim sucessivamente, levando a informação desse movimento aos pontos do espaço.



onda eletromagnética

Toda onda eletromagnética transporta energia durante sua propagação e essa propagação é feita na velocidade da luz  $c$  (300.000.000 m/s ou  $3 \cdot 10^8$  m/s),

característica mostrada por James Clerk Maxwell (1831-1879). A figura acima apresenta uma onda eletromagnética.

Como toda onda, a onda eletromagnética tem a frequência como uma característica importante, por que é através dela que as ondas eletromagnéticas são classificadas. A unidade da frequência é o Hertz (Hz), em homenagem a Heinrich Rudolph Hertz (1857 - 1894), devido à descoberta das ondas de rádio. Para cada faixa de frequência, usamos um termo diferente para descrevê-la. Por exemplo, a frequência que vai de  $4,3 \times 10^{14}$  Hz (cor vermelha) até  $7,5 \times 10^{14}$  Hz (cor violeta) corresponde a luz visível, enquanto que as ondas de rádio estão entre  $10^2$  Hz até  $10^8$  Hz. Os astrônomos usam um tipo específico de telescópio para estudar uma determinada faixa de frequência.

A frequência é a medida das oscilações que a carga elétrica executa por unidade de tempo, isto é, se a frequência de uma onda eletromagnética é de  $10^5$  Hz, ela oscila (agita) 100.000 vezes a cada segundo. Assim, para ser mais claro, se você tiver um pente eletrizado e quiser que ele produza a luz amarela cuja frequência é de  $5,2 \cdot 10^{14}$  Hz, você terá que agitá-lo 520 trilhões de vezes por segundo. O que acha disso? Você consegue? Tente!

- A Energia das Ondas Eletromagnéticas

Conforme relatado anteriormente, uma onda eletromagnética pode então ser produzida usando apenas um pente. Como ondas eletromagnéticas são geradas toda vez que um objeto eletrizado é acelerado ou desacelerado, imagina-se penteando o cabelo em um dia seco de inverno, quando é mais fácil o pente acumular cargas devido o atrito. Toda vez que você move o pente para um lado e para outro, o pente emite uma onda eletromagnética, afinal temos as cargas presentes nele sofrendo uma aceleração.

Se você se penteia devagar, passando o pente no cabelo uma vez por segundo, cria uma onda eletromagnética, mas não coloca muita energia nesta onda. Você produz uma onda de baixa energia e baixa frequência, com comprimento de onda da ordem de 300.00 km, pois a velocidade da luz é de 300.000 km por segundo. Se, por outro lado, você pudesse fazer o pente se mover mais rapidamente, digamos 300.00 vezes por segundo, você produziria uma onda de frequência e energia muito maiores, com um comprimento de onda de 1 km. Assim,

usando mais energia para acelerar as cargas elétricas, você coloca mais energia na onda eletromagnética.

Certamente depois das ondas de rádio descobertas por Hertz em 1887, podemos considerar a luz visível como a outra integrante da família das ondas eletromagnéticas, mais conhecida pelo homem e que permite apoiar o raciocínio feito no parágrafo anterior. Por exemplo, um pedaço de carvão em brasa é vermelho-escuro, porque corresponde a uma cor que possui uma energia relativamente pequena. A chama amarela de uma vela tem um pouco mais de energia, enquanto que a chama branco-azulada de maçarico, uma energia ainda maior. A cor corresponde uma frequência e a cada frequência uma energia diferente. Assim, quanto maior for a frequência da onda eletromagnética, maior será a sua energia.



vela



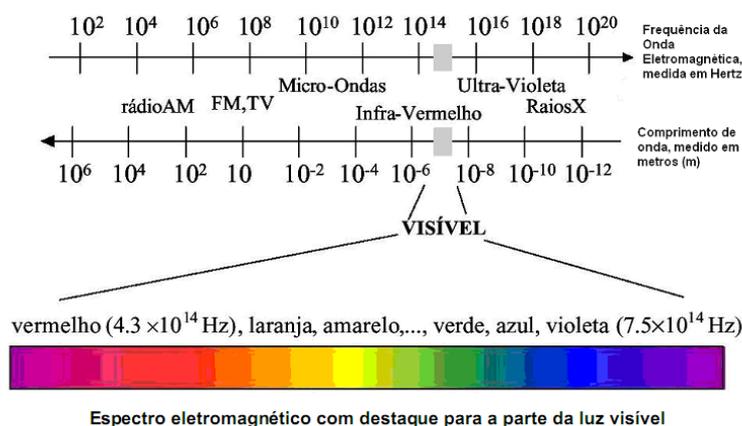
carvão



maçarico

O vermelho, com um comprimento de onda da ordem de 700 nm ( $4,3 \times 10^{14}$  Hz), é a cor de maior comprimento de onda e menor energia do espectro da luz visível. O violeta, por outro lado, com comprimento de onda 400 nm ( $7,5 \times 10^{14}$  Hz), é a cor de menor comprimento de onda e maior energia da luz visível com destaque para parte do visível ao qual conseguimos enxergar.

eletromagnético com destaque para a parte do visível ao qual conseguimos enxergar.



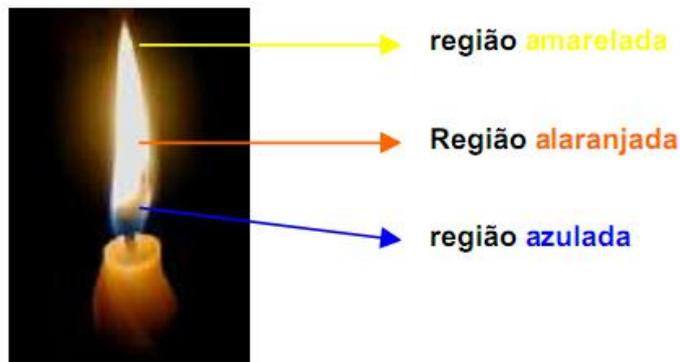
<sup>3</sup> 1 nanômetro (1nm) = 0,000000001 m = 10<sup>-9</sup> m

Abaixo do vermelho temos, por exemplo, o infravermelho (ou radiação infravermelha) que é uma radiação não visível, enquanto que acima do violeta, temos, por exemplo, o ultravioleta (ou radiação ultravioleta), que também não é visível aos nossos olhos.

Assim, o comprimento da onda, a sua frequência e a sua energia, são grandezas que intimamente relacionadas. Na tabela abaixo podemos organizar essas ideias da seguinte forma:

<b>Comprimento da onda</b>	<b>Frequência</b>	<b>Energia</b>
menor	maior	Maior
maior	menor	Menor

Vamos olhar novamente a chama de uma vela. A sua chama não é homogênea, apresentando regiões com cores diferentes como você deve ter percebido em algum momento de sua vida.



Em cada região, temos uma temperatura diferente e, portanto, uma energia diferente. Podemos perceber que temos três regiões distintas: uma azulada (situada na parte inferior da chama, junto ao pavio), uma laranja (região situada entre o pavio e o topo da chama) e uma amarela (parte do topo da chama). Destas três regiões, a de maior temperatura (mais “quente”) é a azulada. O que podemos concluir diante disso, então? Provavelmente você concluiu que pela tabela acima, a parte azulada por ter a maior temperatura, tem maior energia, logo tem maior frequência e menor comprimento de onda das três regiões. Já a região amarelada, tem menor temperatura, menor energia, menor frequência e maior comprimento de onda.

#### Questões:

- 1º) Como as ondas eletromagnéticas são produzidas?
  
- 2º) Qual a característica de uma onda eletromagnética que permite diferenciar uma da outra?
  
- 3º) Ao olharmos para uma vela, percebemos diferentes regiões em sua chama. Em qual dessas regiões temos maior energia? Onde temos menor energia? Por quê?
  
- 4º) Imagine uma estrela. Que cor deveria apresentar esta estrela para que ela fosse a mais quente de sua vizinhança e visível?