UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

DENISE AVILA MONTINI

Uma proposta alternativa para um Currículo Itinerante de Física no ensino de Astronomia nas Escolas do Programa Ensino Integral

São Paulo
2021

DENISE AVILA MONTINI

Uma proposta alternativa para um Currículo Itinerante de Física no ensino de Astronomia nas Escolas do Programa Ensino Integral

“Versão Corrigida. O original encontra-se disponível na Unidade.”

Dissertação apresentada ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Astronomia.

Área de concentração: Astronomia
Orientador: Prof. Dr. Enos Picazzio

São Paulo
2021

MONTINI, D. A. **Uma proposta alternativa para um Currículo Itinerante de Física para o ensino de Astronomia nas Escolas do Programa de Ensino Integral.** 2020. 196f. Dissertação (Mestrado em Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Enos Picazzi

Instituição: IAGUSP/ Astronomia

Julgamento: _____

Prof. Dr. Mikiiya Muramatsu

Instituição: IFUSP/Grupo de Física Estatística

Julgamento: _____

Prof. Dr. : Dr. Cesar Henrique Siqueira Mello Júnior

Instituição: Colégios Ser! Jundiaí e Divino Salvador, Jundiaí

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Silvio e Mirna, mesmo estando longe, mas perto no coração, obrigada por acreditar na sua loirinha.

Ao meu amor, Rogério, pela paciência e incentivo nesta jornada.

As minhas filhas Elisa e Sabrina, pela ajuda e o carinho com a mamãe ao lerem as diversas páginas do trabalho.

Ao meu amigo, filósofo e irmão de coração, Carlos Eduardo Scanhoela, pela ajuda quando precisei durante esta aventura.

Ao meu orientador Enos Picazzio, por acreditar na minha proposta de projeto e nas orientações durante o curso.

A minha coordenadora e amiga Vera Mônica Ribeiro pela motivação para a realização deste trabalho.

A Sandra Modesto e Jessé Almir pela ajuda na reta final para a realização deste trabalho apesar de todas as turbulências do cotidiano.

Observar não significa apenas ver, e, sim, buscar ver melhor, encontrar detalhes no objeto observado.

(Brasil, 1997)

“Cada uma das culturas humanas concebeu seus próprios conceitos do céu. Para compreender o funcionamento da máquina do Universo, como fizeram os gregos, ou antecipar o futuro do tempo.”

Ulisses Capozzoli

RESUMO

MONTINI, D. A. **Uma proposta alternativa para um Currículo Itinerante de Física para o ensino de Astronomia nas Escolas do Programa Ensino Integral.** 2021. 196 f. Dissertação (Mestrado em Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

A proposta desta dissertação está pautada no estudo da Astronomia como suporte aos conceitos do ensino de Física durante o curso do Ensino Médio dentro da Escola da Rede Pública do Estado de São Paulo com o Programa Ensino Integral, através dos roteiros itinerantes das aulas da Prática de Ciências e da Base Nacional Comum. Através de elementos, dados históricos e com a evolução do pensamento científico, pretende-se que o aluno tenha clareza de como eram os modelos científicos em diversas épocas da história e como podemos fazer as relações com o seu cotidiano no âmbito das Ciências Naturais, com ajuda da Astronomia na disciplina de Física.

Por meio de observações, juntamente com as aulas dinâmicas, os produtos desta dissertação focam nas seguintes temáticas: movimento cíclico do Sol, identificação de constelações no céu, lei do Inverso do quadrado da distância e espectroscopia. Os alunos apresentam uma maturidade nas proficiências do estudo da Astronomia em cada ano do Ensino Médio, corroborando assim para melhor fixar conteúdo, essa proposta usa-se de aulas diferenciadas que possam ser replicadas na rede pública estadual de ensino através dos produtos finais: observações ao ar livre ou através de *software (Stellarium)*; comparação das intensidades luminosas em diferentes distâncias e comparadas com os sensores de LDR de um Arduíno; visualização da radiação dos espectros eletromagnéticos de emissão e absorção dos elementos químicos.

Palavras-chave: Astronomia. Constelações. Espectroscopia. Inverso do quadrado. Programa Ensino Integral. Movimento cíclico.

ABSTRACT

MONTINI, D. A. **Uma proposta alternativa para um Currículo Itinerante de Física para o ensino de Astronomia nas Escolas do Programa de Ensino Integra.**2021. 187 f. Dissertação (Mestrado em Astronomia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

The proposal of this dissertation is in the study of Astronomy as a support to the concepts of teaching Physics during the course of High School within the Public School of the State of São Paulo with the Full-Time Teaching Program, through the itinerant itinerary of the practical classes of Sciences and the Common National Base. Through elements, historical data and with the evolution of scientific thought, it is intended that the student begin to have the clarity of what scientific models were like in various periods of history and how we can make the relationships with their daily lives in the field of Natural Sciences with the help of Astronomy in the discipline of Physics. Through observations, plus dynamic classes, the products of this dissertation focus on the following topics: cyclical movement of the Sun, the identification of constellations in the sky, the law of the inverse square of distance and spectroscopy. In each grade of the high school the students present a maturity in the proficiencies in the study of Astronomy, corroborating to improve the fixation of the contents and with differentiated classes that can be replicated in the State Education Network through the following final products that focus on: outdoor observations or through software (Stellarium); comparisons of the luminous intensities in different distances and compared with the LDR sensors of an Arduino; visualization of the radiation of the electromagnetic emission and absorption spectra of the chemical elements.

Keywords: Astronomy. Constellations. Spectroscopy. Inverse square. Full-Time Education Program. Cyclical movement of the Sun.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Culminação do sol no dia do solstício do inverno austral para um local do hemisfério sul terrestre entre o equador e o círculo polar. 25
Figura 2: Visualização do ângulo de elevação em relação ao horizonte. 27
Figura 3: 13 constelações zodiacais 34
Figura 4: Coordenadas horizontais (altura e azimute) de uma estrela na Esfera Celeste. 37
Figura 5: Coordenadas equatoriais (declinação e ascensão reta) de uma estrela na Esfera Celeste. 38
Figura 6: Estimando distâncias e tamanhos utilizando a mão. 38
Figura 7: A pedra do calcanhar de Stonehenge. 42
Figura 8: Sistema astronômico de Filolau. 45
Figura 9: Modelo de Eudoxo. 47
Figura 10: O planeta fazendo uma volta em forma de oito. 47
Figura 11: Universo de Aristóteles 48
Figura 12: Representação dos movimentos: deferente e epiciclo 50
Figura 13: A ordem dos planetas segundo Copérnico. 53
Figura 14: Movimento retrógrado de um planeta superior. 54
Figura 15: Modelo ticônico 56
Figura 16: Espectroscópio de Bunsen- Kirchhoff 67
Figura 17: Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção. 68
Figura 18: Espectro de estrelas de diferentes temperaturas, na região entre 7.000 Angstrons e 4.000 Angstrons. 71
Figura 19: O espectro eletromagnético 74
Figura 20: Radiância espectral de um corpo negro em função do comprimento de onda. 75
Figura 21: Espectro de um corpo negro em diferentes temperaturas 76
Figura 22: Transições do elétron no elemento Hidrogênio na série de Balmer. 77
Figura 23: Espectro de emissão do átomo de hidrogênio na série de Balmer dentro do espectro do visível. 78
Figura 24: Diagrama dos níveis de energia do hidrogênio, mostrando algumas transições correspondentes às diferentes séries. 80
Figura 25: Resultado do conhecimento prévio dos alunos Da 1ª série sobre o que são planetas? 81
Figura 26: Conhecimentos prévio sobre o Sistema Solar. 82
Figura 27: Conhecimentos prévios sobre Sistema Planetário. 83
Figura 28: Compreensão sobre o sistema planetário. 83
Figura 29: Características dos planetas rochosos. 84
Figura 30: Características dos planetas gigantes/telúricos. 84
Figura 31: Definição de planeta-anão. 85
Figura 32: Localização do planeta Ceres 85
Figura 33: Sistema Solar em escala pelos alunos da EE Francisco Voccio. 86

Figura 34: Planetas que não possuem satélites naturais. 86
Figura 35: Planeta que apresenta o efeito estufa ao extremo. 87
Figura 36: Modelos dos Sistema Solar. 88
Figura 37: Modelo de Ptolomeu. 88
Figura 38: Cão Maior. 89
Figura 39: Leão 90
Figura 40: Escorpião 91
Figura 41: Cruzeiro do Sul 91
Figura 42: Confecção do móbile das constelações. 92
Figura 43: Onde nasce o Sol? 92
Figura 44: Regiões dos planetas em que tenham apenas período de claridade. 93
Figura 45: Determinação dos pontos cardeais e a confecção das Rosas dos Ventos. 94
Figura 46: Leitura com o Relógio de Sol 95
Figura 47: As posições do nascer e o ocaso (poente) do Sol são localizadas em qual região da Terra? 96
Figura 48: A posição do nascer do Sol durante o ano na Terra está localizada? 96
Figura 49: Béqueres diferentes e com 100 ml de água. 97
Figura 50: Disposição dos béqueres a cada um metro. 97
Figura 51: Determinando o volume 98
Figura 52: Planificação de um triângulo isósceles. 99
Figura 53: Base da pirâmide. 100
Figura 54: Base das quatro pirâmides iluminadas. 101
Figura 55: Fluxo de luz pela lei do inverso ao quadrado. 102
Figura 56: Montagem do Arduíno Uno com o LDR. 102
Figura 57: Estatística descritiva – boxplot - pirâmide 1 105
Figura 58: Estatística descritiva – boxplot - pirâmide 2 106
Figura 59: Estatística descritiva – boxplot - pirâmide 3 106
Figura 60: Fluxo luminoso em relação às distâncias de cada planeta do Sistema Solar. 108
Figura 61: Identificação dos elementos químicos através de espectros de emissão e absorção. 109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos conteúdos. 11
Tabela 2: Números de esferas dos sistemas de Eudoxo, Calipo e Aristóteles. 49
Tabela 3: Classificação das estrelas. 72
Tabela 4: Níveis de energia do átomo do hidrogênio. 79
Tabela 5: Aula prática com leitura de um Relógio de Sol. 94
Tabela 6: medidas de volumes. 98
Tabela 7: Área das bases da pirâmide 100
Tabela 8: Resultados da média das leituras de tensão do sensor LDR. 101
Tabela 9: Saída dos dados da tensão do LDR. 103
Tabela 10: Fluxo luminoso 107
Tabela 11: Resultado do conhecimento prévio sobre o que são planetas 110
Tabela 12: Conhecimentos prévios sobre o Sistema Solar. 112
Tabela 13: Conhecimentos prévios sobre o Sistema Planetário. 113
Tabela 14: Qual conclusão poderíamos ter sobre o movimento cíclico do Sol? 113

LISTA DE SIGLAS

BNC	Base Nacional Comum
BNCC	Base Nacional Curricular Comum
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PEI	Programa do Ensino Integral
SEE-SP	Secretaria da Educação do Estado de São Paulo
Saresp	Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
PNE	Plano Nacional de Educação
LDR	Light Dependent Resistor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
2. O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NO PEI 3
2.1 PILARES DA EDUCAÇÃO 4
2.2 COMPETÊNCIAS DENTRO DO CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO 5
3. ASPECTOS DA DIDÁTICA 6
3.1 AS REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA 7
4. ENSINO DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO 8
4.1 ENSINO CRONOLÓGICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO 9
5. TÓPICOS DE FÍSICA COM CONCEITOS ASTRONÔMICOS 11
5.1. HABILIDADES DO CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO NO CURRÍCULO DE FÍSICA 12
6. COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO NA BNCC 15
7. CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO COM A MATRIZ DO SARESP 17
8. CONTEÚDOS DO CURSO DA 1° SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 18
8.1 CONTROLE DO TEMPO 18
8.1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO TEMPO 18
8.1.2 A ARTE DE MEDIR O TEMPO COM O RELÓGIO DE SOL. 22
8.1.3 COMO CONSTRUIR UM RELÓGIO DE SOL HORIZONTAL 24
8.2 CONSTELAÇÕES 28
8.2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DAS CONSTELAÇÕES 29
8.2.2 COMO LER O CÉU ATRAVÉS DAS CONSTELAÇÕES 35
8.3 CALENDÁRIOS 39
8.3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DOS CALENDÁRIOS 40
8.4 SISTEMA SOLAR 44
9. CONTEÚDOS DO CURSO DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 60
9.1. CONTEXTO HISTÓRICO DA LUZ 60
10. CONTEÚDOS DO CURSO DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 65
10.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA ESPECTROSCOPIA 65
10.2. RADIAÇÃO TÉRMICA 73
10.3. ESPECTRO DO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO 76
11. RESULTADOS E DISCUSSÕES 80
11.1. PRIMEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 81
11.1.1. SISTEMA SOLAR E SISTEMA PLANETÁRIO 81
11.1.2. CONSTELAÇÕES 88

11.1.3. MOVIMENTO CÍCLICO DO SOL 92
11.2. SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 96
11.2.1. LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA 96
11.3. TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 108
11.3.1. ESPECTROSCOPIA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS QUE COMPÕEM UMA ESTRELA 108
12. TABELAS 110
13. CONCLUSÃO 115
14. PERSPECTIVA FUTURA. 118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 119
REFERÊNCIAS ON-LINE: 126
APÊNDICE A - PRODUTO FINAL 129
PRODUTO FINAL 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO 130
Sequência didática 1: Um passeio pelo Stellarium com o intuito de observar os períodos de claridade e de escuridão durante o ano em certas regiões do planeta. 130
Sequência de didática 2 : Identificando uma Constelação 135
Sequência de didática 3: Determinação dos pontos cardeais usando um gnômon com a construção das rosas dos ventos 150
PRODUTO FINAL 2ª série 155
Sequência de didática – A incidência luminosa do Sol nos planetas através do estudo da lei do inverso do quadrado da distância 155
Atividade experimental 1: Verificação experimental da dependência do volume com a área e a altura e associar essas relações com área e tempo no caso de incidência de luz. 161
Atividade experimental 2: Verificação experimental da dependência da iluminação de uma área com a distância da fonte luminosa, baseada em estimativa sensorial. 162
Atividade experimental 3: Verificação experimental da dependência da iluminação de uma área com a distância da fonte luminosa com o auxílio do sensor LDR. 164
Atividade experimental 4: Verificação do fluxo de luz que chega nos planetas com a aplicação da lei do inverso do quadrado da distância. 167
PRODUTO FINAL 3ª série 171
Sequência de didática 1 - Determinação dos elementos químicos através da comparação dos espectros de absorção e de emissão 171
ANEXO 1: O NOME DAS CONSTELAÇÕES 194
ANEXO 2 - RELÓGIO DE SOL 200

1. INTRODUÇÃO

O ensino da Astronomia, particularmente com ênfase no estudo astronômico da visão geocêntrica de mundo à visão heliocêntrica, tem potencial de atuar como ferramenta de apoio científico e pedagógico para o desenvolvimento das competências esperadas no Curricular do Estado de São Paulo juntamente com as competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na disciplina de Física, bem como de estimular o encantamento pelas Ciências da Natureza.

Os conteúdos trabalhados durante o curso de Física do Ensino Médio são relacionados às competências das habilidades do Currículo do Estado de São Paulo e na Matriz de Referência para a Avaliação do SARESP (Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo).

O estudo foi desenvolvido no ano de 2019 em uma escola pública da zona norte da capital de São Paulo, no bairro Pedra Branca, pertencendo à Diretoria Regional de Ensino Norte 2, em seu segundo ano dentro do Programa Ensino Integral (PEI). Para esse estudo, foram utilizadas as aulas de Física que dentro do programa são divididas da seguinte forma: no primeiro ano três aulas teóricas e uma aula experimental; no segundo ano duas aulas teóricas e uma experimental e no terceiro ano apenas duas aulas teóricas.

Ao realizar o trabalho com os conteúdos de Astronomia, a opção foi diluí-lo ao longo dos três anos de formação, utilizando todos esses conceitos para corroborar na fixação das noções de Física. Assim, com este formato, é possível desenvolver os conteúdos e habilidades de Física de forma fluída, sendo assim, o conteúdo dado nas aulas teóricas são reforçados nas aulas práticas, se correlacionando aos temas propostos.

Com a vivência de oito anos na rede pública ministrando aulas de Física, tinha uma angústia ao dar o conteúdo de Terra e Universo apenas no segundo semestre do primeiro ano. Os temas acabam sendo pouco explorados pelos alunos por diversos motivos entre eles a ausência de conceitos físicos fundamentais para o entendimento, como, por exemplo, as etapas de evolução estelar e o modelo

cosmológico atual. Para tanto, faz-se necessário os conceitos de calor, temperatura, pressão e de Física Moderna.

A Física é considerada por muitos alunos como abstrata e, consequentemente, de difícil compreensão, mas acaba por se tornar um diferencial quando as aulas são bem elaboradas, levando em conta realidade do aluno, do entorno e da comunidade escolar. Uma maneira encontrada para manter esse diferencial foi aplicar os conceitos da Astronomia, presentes no primeiro ano, com pinceladas ao longo do curso de Física em todo o Ensino Médio.

A elaboração das aulas com o apoio do ensino prático faz com que os alunos passem a questionar a visão que tinham do mundo a sua volta, ao pensar e questionar os fenômenos naturais estudados, quer sejam por experimentos ou simuladores. Esses simples questionamentos, como: “O que é dia?” Acabam por instigar a curiosidade da definição do tempo, o que é uma zona habitável no Sistema Solar.

Neste âmbito, a Astronomia auxilia no desenvolvido das aulas de maneira mais lúdica, interativa, concreta e intrigante, deixando a aula menos maçante e previsível, como normalmente é apontada por muitos alunos com dificuldade para engajar-se nos componentes de exatas.

Dentro do PEI, as aulas experimentais e as eletivas permitem que os itinerários formativos [1] sejam desenvolvidos em diferentes arranjos curriculares nas mais diversas áreas do conhecimento. No primeiro semestre de 2019, foi desenvolvido a eletiva “Aprendendo a ler o céu com a Astronomia”, com aproximadamente 35 alunos, permitindo um diálogo maior entre eles e a área de Ciências da Natureza.

Com o objetivo de desenvolver as competências gerais da educação básica nas escolas públicas, foi buscado valorizar e resgatar os conhecimentos históricos sobre o mundo físico através da reflexão, de análise crítica, utilizando-se de

[1] No Brasil, a expressão “itinerário formativo” tem sido tradicionalmente utilizada no âmbito da educação profissional, em referência à maneira como se organizam os sistemas de formação profissional ou, ainda, às formas de acesso às profissões. No entanto, na Lei nº 13.415/17, a expressão foi utilizada em referência a itinerários formativos acadêmicos, o que supõe o aprofundamento em uma ou mais áreas curriculares e a itinerários da formação técnica profissional.

competências socioemocionais como imaginação criativa, curiosidade para aprender e a criatividade para investigar causas, elaborar e testar hipóteses abordadas no curso com as devidas argumentações, sendo estas obtidas por dois caminhos: em fontes confiáveis ou na elaboração de experimentos para confirmar as hipóteses levantadas.

2. O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NO PEI

Com o ensino obrigatório para todos, foi necessário definir os conteúdos curriculares de todos os componentes que compõem a Base Nacional Curricular Comum (BNCC). Nesse contexto, o conhecimento científico se aprensenta como um instrumento para a compreensão do mundo que nos cerca, e cabe à Física fornecer a visão do mundo, tanto cosmológica como submicroscópica.

Podemos então, listar os estudos trabalhados no Ensino Médio reservados à Física nos eixos:

a) Movimentos - grandezas, variações e conservações;
b) Universo, Terra e vida;
c) Calor, ambiente e uso de energia;
d) Som, imagem e comunicação;
e) Equipamentos elétricos;
f) Matéria e radiação.

As Ciências da Natureza estão presentes no dia-a-dia dos alunos, tanto pela aplicação do conhecimento adquirido, quanto pelo uso de produtos que agregam novas tecnologias. Como conhecimento e tecnologia alavancam novas pesquisas, o aluno acaba sendo envolvido nesse processo contínuo, por isso, é importante despertar no aluno o olhar crítico sobre os fenômenos naturais e o(s) modelo(s) considerado(s) fundamentais para explicar tais fenômenos.

Em sua formação, o jovem precisa compreender a linguagem científica com o objetivo de garantir o uso prático de seus conhecimentos. Para isto, é necessário que o aluno conheça e entenda os quatro pilares da educação definidos pela Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI da Organização das Nações Unidas

para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO)[2], a saber: aprender a ser, aprender conviver, aprender a conhecer e aprender a fazer.

2.1 PILARES DA EDUCAÇÃO

As escolas do PEI adotam os quatro pilares indicados a seguir,(São Paulo, 2012, p. 20) como princípio de seu modelo pedagógico, objetivando, com isso, ajudar o aluno a desenvolver-se, adquirindo autonomia, competência e solidariedade, em uma palavra, formar o jovem protagonista.

Aprender a conhecer diz respeito às diversas maneiras de o ser humano lidar com o conhecimento, integrando as três dimensões da cognição; trata-se, portanto, da competência cognitiva. Dominar a leitura, a escrita, a expressão oral, o cálculo e a solução de problemas; despertar a curiosidade intelectual, o sentido crítico, a compreensão do real e a capacidade de discernir; construir as bases que permitirão ao indivíduo continuar aprendendo ao longo de toda a vida.

Aprender a fazer é uma competência a ser desenvolvida para ir além da aprendizagem de uma profissão, mobilizando conhecimentos que permitam o enfrentamento de situações e desafios relevantes e significativos do cotidiano: essa competência é também conhecida como “competência produtiva”.

Aprender a conviver diz respeito às relações entre os seres humanos em seus diferentes contextos: social, político, econômico, cultural e transcendental, tratando-se da competência social e relacional. Esse pilar implica no desenvolvimento das capacidades de comunicar-se, interagir, decidir em grupo, cuidar de si, do outro e do lugar em que se vive; valorizar o saber social; compreender o outro e a interdependência entre todos os seres humanos; participar e cooperar; valorizar as diferenças, gerir conflitos e manter a paz.

Aprender a ser diz respeito à relação de cada indivíduo consigo mesmo, ou seja, é uma competência pessoal. Ela se traduz na capacidade dos adolescentes e jovens em se preparar para agir com autonomia, solidariedade e responsabilidade;

---

[2] Educação: um tesouro a descobrir, relatório elaborado pela Comissão Internacional de Educação para o Século XXI da Unesco.

descobrir-se, reconhecendo suas forças e seus limites, buscando superá-los; desenvolver a autoestima e o autoconceito gerando autoconfiança e autodeterminação; permitindo assim ao indivíduo realizar seu Projeto de Vida levando em conta o bem-estar pessoal e da comunidade.

Para transpor a teoria à prática é necessário que os conteúdos e as práticas de situações de aprendizagem estejam colocados a serviço da construção das competências estruturantes desses princípios que os pilares pressupõem.

2.2 COMPETÊNCIAS DENTRO DO CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Competência é a forma como se utiliza o que se aprende no âmbito social, pessoal e profissional. O Currículo da SEE-SP (2012, p. 12) refere-se às competências como:

> Um currículo[3] referenciado em competências supõe que se aceite o desafio de promover os conhecimentos próprios de cada disciplina articuladamente às competências e habilidades do aluno. É com essas competências e habilidades que o aluno contará para fazer sua leitura crítica do mundo, questionando-o para melhor compreendê-lo, inferindo questões e compartilhando ideias, sem, pois, ignorar a complexidade do nosso tempo.
>
> Tais competências e habilidades podem ser consideradas em uma perspectiva geral, isto é, no que têm de comum com as disciplinas e tarefas escolares ou no que têm de específico. Competências, nesse sentido, caracterizam modos de ser, de raciocinar e de interagir, que podem ser depreendidos das ações e das tomadas de decisão em contextos de problemas, de tarefas ou de atividades.

É esperado que as competências no ensino de Ciências e das Ciências da Natureza garantam as seguintes aprendizagens básicas e, com isso, os alunos possam:

a) Ler, escrever, compreender as informações de natureza científica e tecnológica, utilizá-las na compreensão do mundo e saber argumentar a partir delas.
b) Diagnosticar e resolver problemas de natureza científica e tecnológica que envolvam observação, formulação de hipóteses, proposição e execução de procedimentos.

[3] O currículo escolar abrange as experiências de aprendizagens implementadas pelas instituições escolares e que deverão ser vivenciadas pelos estudantes. Nele estão contidos os conteúdos que deverão ser abordados no processo de ensino-aprendizagem e a metodologia utilizada para os diferentes níveis de ensino.

c) Demonstrar atitudes solidárias e éticas frente a questões de natureza científica e tecnológica, considerando a diversidade de necessidades, visões e interesses, e as dimensões individuais, sociais, históricas, econômicas, tecnológicas e culturais.

Essas competências permitem inferir o nível de desenvolvimento cognitivo dos alunos por série escolar, através do documento orientador da Matriz de Referência para Avaliação (SARESP) permite uma concepção das habilidades por nível de proficiência a serem contempladas. “Os conteúdos e as competências (formas de raciocinar e tomar decisões) correspondem, assim, às diferentes habilidades a serem consideradas nas respostas às diferentes questões ou tarefas das provas” (SARESP, 2008, pg. 13).

A partir dessas competências no Ensino Médio, o aluno deverá desenvolver as habilidades, em diferentes níveis de complexidade, que devem ser trabalhadas contemplando a faixa etária e as possibilidades de aprendizagem. Nas habilidades de investigação os alunos devem aumentar o nível de autonomia nos procedimentos investigativos, bem como cabe ao professor estimulá-los a apresentar os resultados de suas investigações.

3. ASPECTOS DA DIDÁTICA

Ao preparar uma aula com conteúdo pré-estabelecido, o professor deve levar em consideração alguns parâmetros: os conhecimentos prévios dos alunos, o conteúdo didático específico, o grau de dificuldade de absorção das aprendizagens. Não raro, o conteúdo do livro didático está distante do conhecimento científico construído em sala de aula.

> [...] vemos nitidamente algo que é comum em muitos livros que abordam história da ciência de forma distorcida e simplificada – o uso de interpretações anacrônicas, que levam a crer que os cientistas do passado utilizavam os mesmos termos com os mesmos significados atuais.” (SILVA; PIMENTEL, 2006, p. XX).

Ao colocar o professor como um agente investigativo do ensino da ciência, permite-se que o processo de ensino-aprendizagem tenha uma visão externa no que

se refere ao seu ambiente natural, a sala de aula. Uma ferramenta da didática que pode corroborar com a melhora da qualidade de ensino é a transposição didática, por Yves Chevallard:

> É então possível depreender que, através da didática das disciplinas o modelo da transposição didática expandiu-se para além da matemática escolar, sendo utilizada nas mais diversas disciplinas – as relações entre os saberes científicos e escolares ficam caracterizados sempre por uma transposição de conteúdo, que têm origem no saber científico, destinados a serem incorporados como saberes escolares. (VALENTE, 2005, p. 20).

A transposição da didática estabelece alguns estatutos importantes, (PIETROCOLA, 2006, pg. 79), que são: o **saber sábio** (*savoir savant*) é a produção científica, despersonalizada e descontextualizada; o **saber ensinar** (*savoir à enseigner*) onde é encontrado em programas, diretrizes e também implícito em tradições e interpretações de programas educacionais; o **saber ensinando** (*savoir enseigné*) é efetivamente ministrado em sala de aula pelo professor; o **saber disponível** (*savoir disponibles*) é o saber apreendido pelo aluno e que pode tornar-se ferramenta de aprendizado ou ampliação de saberes.

Os elementos dos saberes científicos que compõem esses estatutos da transposição didática estão ligados aos saberes escolares, que se relacionam, coexistem e influenciam, e que fazem parte de um ambiente mais amplo, mas podem ser influenciados mutuamente em cada nível do saber.

3.1 AS REGRAS DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A transposição didática ganhou destaque no ensino da ciência através de Chevallard, que apresenta a ideia da necessidade de uma adaptação no processo de ensino-aprendizagem dos conhecimentos a serem trabalhados para a melhor compreensão dos conteúdos.

A transposição didática é um caminho não linear, mas dinâmico, no processo de ensino-aprendizagem. Em uma análise do Currículo do Estado de São Paulo (SEE, 2012, p. 21),

> [...] existe uma possibilidade de transposição didática em reproduzir a indagação de origem, a questão ou necessidade que levou à construção de um conhecimento – que já está dado e precisa ser apropriado e aplicado, não obrigatoriamente ser ‘descoberto’ de novo.

Ao analisar as regras da transposição didática compreenderemos como os livros didáticos do Ensino Médio foram pensados (PIETROCOLA, 2006, p. 89):

a) Modernizar o saber escolar: É determinada pela necessidade de incluir novos conhecimentos acadêmicos, para a atualização da formação básica nos futuros profissionais.
b) Atualizar o saber ensinar: Justifica a modernização curricular com eliminação de saberes que se banalizaram ou foram excluídos ao longo do tempo.
c) Articular o saber novo com o antigo: A introdução de objetos de saber novos ocorre melhor se articulados com os antigos. O novo apresenta-se como que esclarecendo melhor o conteúdo antigo, e o antigo respaldando a trajetória até o novo.
d) Transformar um saber em exercícios e problemas: O saber sábio cuja formação permite uma gama maior de exercícios é aquele que, certamente, terá preferência perante outros conteúdos menos “operacionais” a título de exercícios.
e) Tornar um conceito mais compreensível: Possibilita diminuir as dificuldades na aprendizagem de conceitos.

Na demonstração dos temas Terra e Universo será necessário que os alunos compreendam o desenvolvimento dos modelos físicos previstos em seu estudo, para que interpretem, contextualizam e validem as hipóteses e previsões entre o antigo e o novo. É fundamental nesse processo que os alunos percebam que os conhecimentos são uma evolução dos modelos antigos até os atuais, sendo apoiados em estudos e pesquisas ao longo da história científica.

4. ENSINO DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

A Física trabalhada no Ensino Médio estuda os fenômenos naturais e age como transversalizadora em relação às outras áreas do conhecimento como a Química, Biologia e Geografia, bem como a Astronomia, que é abordada dentro do currículo de Física no segundo semestre da primeira série.

Para que o aluno se torne um cidadão pleno, consciente e participativo na sociedade é necessário pensarmos que o Currículo do Estado de São Paulo seja contemplado adequadamente, e que o aluno seja o sujeito principal da ação educativa na formação do conhecimento crítico e científico.

A formação dos professores de Física no Ensino Médio precisa ser revista de modo a acompanhar os avanços da ciência, assim, as aulas deixam de ser expositivas e transcendem as análises dos textos fornecidos nos livros didáticos.

O levantamento do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) de 2017 indica que apenas 42,5% dos professores licenciados em Física ministram aulas no Brasil, isto mostra que essa demanda de profissional está muito abaixo do esperado. Para sanar o problema da rede, outros profissionais com formação na mesma área acabam ministrando as aulas de Física, como os bacharéis de mesma área (2,2%), licenciados de outra área (38,6%), bacharéis de outras áreas (8,1%) e estudantes de nível superior (8,5%).

> Possuem formações deficientes e, consequentemente, os alunos não consolidam uma base suficiente para a construção não somente do conhecimento da Física, mas no conhecimento como uma trama interdisciplinar e doadora de significado ao mundo que a rodeia. (SANCHES; NEVES, 2011).

Há uma necessidade de resgatar a história da ciência e inseri-la no contexto da sala de aula sem que haja perda significativa de conteúdo, etapas e desenvolvimento das análises dos fenômenos da natureza.

4.1 ENSINO CRONOLÓGICO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Ao estudar os fenômenos naturais com os conhecimentos da história da ciência, podemos enriquecer a sala de aula com fontes históricas para melhorar a qualidade do ensino. Ao mesmo tempo, segundo o Currículo do Estado de São Paulo no curso de Física do Ensino Médio traz “divisões que reflete uma unidade conceitual historicamente construída pela Ciência em sintonia com a cultura dos professores de Física atuantes no ensino” (SEE, 2009, pg. 99). Neles podemos aplicar a evolução dos contextos históricos cronologicamente e situando os alunos em épocas históricas.

Na primeira série:

A Física é uma ciência que surgiu das argumentações e reflexões dos primeiros filósofos na Grécia Antiga, pois naquele tempo tinham o interesse de entender e explicar os movimentos do Universo e no nosso planeta, conhecida como física aristotélica, ou física do senso comum.

No estudo dos movimentos nos deparamos com as observações e estudos de Galileu Galilei (1564-1642), que entra em choque com as ideias de Aristóteles (384-322 a.C.) de Estagira, nos fornece a base para o estudo da cinemática e o embasamento teórico para os estudos de Isaac Newton (1643-1727) onde é abordado a Gravitação Universal. Nos estudos do astrônomo Johannes Kepler (1571-1630) elucida-se a natureza do movimento planetário, enunciadas por suas três leis: a Lei das Órbitas, a Lei das Áreas e a Lei dos Períodos.

Na segunda série:

O conteúdo abordado no primeiro semestre do segundo ano do Ensino Médio é o estudo da Termologia, com ênfase no conceito do calor como energia térmica em trânsito; na propagação do calor (condução, convecção e radiação); as mudanças de estado da matéria (sólido, líquido e gasoso); o modelo do físico do gás perfeito com as leis da termodinâmica; e a energia térmica em trânsito (calor) e a energia mecânica em trânsito (trabalho).

No segundo semestre é abordado o estudo da Ondulatória com o intuído de os alunos aprenderem: os tipos de ondas (ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas); meios de propagação; e os fenômenos ondulatórios gerais para o estudo do som e os fundamentos da Óptica geométrica com os conceitos básicos e regras para a propagação da luz com o estudo da propagação retilínea da luz.

Na terceira série:

Começa com a explicação da constituição da matéria em nível atômico, com início na Grécia Antiga com Tales de Mileto (624 – 546 a.C.), então damos um salto histórico até John Dalton (1766-1844), e aborda-se com mais detalhes a evolução atomística até o Modelo Padrão com a Física de Partículas em meados do século XX.

Paralelamente, Albert Einstein (1879-1955) com seus estudos do efeito fotoelétrico e o estudo da relatividade geral e restrita corrobora com o início da Física Moderna.

5. TÓPICOS DE FÍSICA COM CONCEITOS ASTRONÔMICOS

De acordo com a proposta da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (SEE-SP), no Currículo do Estado de São Paulo para o Ensino Médio, o conteúdo de Astronomia foi programado para o segundo semestre da primeira série, na tabela 1 segue uma sugestão da distribuição dos conteúdos.

Porém, os alunos não apresentam familiaridade com os conteúdos de Física, porque o embasamento matemático envolvido não foi devidamente fornecido no período em que o conteúdo de Física aborda o tema de Astronomia. Isto causa uma dificuldade de assimilação nos alunos e muita insegurança nos professores, dificultando o trabalho e enfraquecendo o desempenho ao abordar alguns temas no primeiro ano do ensino médio.

Tabela 1: Distribuição dos conteúdos.

Tema do Currículo do Estado de São Paulo	Conteúdos	Atividades Propostas	Currículo de SEE-SP		Proposta de aplicação	
			Ano	Semestre	Ano	Semestre
Sistema solar	Da visão geocêntrica de mundo à visão heliocêntrica, no contexto social e cultural em que essa mudança ocorreu	Movimento cíclico do Sol	1	2	1	2
Constituintes do Universo	Massas, tamanhos, distâncias, velocidades,	Constelações	1	2	1	2

	grupamentos e outras características de planetas, sistema solar, estrelas, galáxias e demais corpos astronômicos					
Universo, evolução, hipóteses e modelos	Avaliação da possibilidade de existência de vida em outras partes do Universo	Lei do Inverso do Quadrado da distância	1	2	2	2
	Evolução dos modelos de Universo – matéria, radiações e interações fundamentais	Espectroscopia dos Elementos Químicos	1	2	3	2

5.1. HABILIDADES DO CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO NO CURRÍCULO DE FÍSICA

São Habilidades do Currículo do Estado de São Paulo (SEE, 2012, p.107-109) do componente de Física para os temas Sistema solar, Constituintes do Universo, Universo, evolução, hipóteses e modelos:

a) Associar a cor de um objeto a formas de interação da luz com a matéria (reflexão, refração, absorção);
b) Calcular proporções para associar dimensões, distâncias e períodos dos planetas do Sistema Solar;
c) Caracterizar efeito estufa e camada de ozônio, sabendo diferenciá-los adequadamente;
d) Classificar os planetas do Sistema Solar segundo suas características físicas (telúricos e jovianos);
e) Classificar, segundo conceitos físicos, os variados corpos que compõem o Universo;

f) Compreender a relação entre a intensidade do campo gravitacional, com a massa do planeta e com a distância de sua superfície;
g) Compreender as interações gravitacionais entre objetos na superfície da Terra e entre astros no Universo, identificando e relacionando variáveis relevantes nessas interações;
h) Debater e argumentar sobre a transformação da visão de mundo geocêntrica em heliocêntrica, relacionando essa visão com as mudanças sociais da época;
i) Descrever, representar e comparar os modelos geocêntrico e heliocêntrico do Sistema Solar;
j) Elaborar hipóteses e fazer previsões sobre lançamentos oblíquos na superfície terrestre;
k) Estabelecer relações de proporcionalidade entre as dimensões do planeta Terra com objetos do cotidiano (modelo em escala);
l) Estimar e comparar as dimensões espaciais (tempo, tamanho e distância);
m) Formular e debater hipóteses e explicações científicas acerca da possibilidade de vida fora da Terra;
n) Identificar a luz no espectro de ondas eletromagnéticas, diferenciando as cores de acordo com as frequências;
o) Identificar as diferentes formas pelas quais os modelos explicativos do Universo se relacionam com a cultura ao longo da história da humanidade;
p) Identificar as principais características do modelo cosmológico atual;
q) Identificar campos, forças e relações de conservação para descrever movimentos no sistema planetário e de outros astros, naves e satélites;
r) Identificar condições essenciais para a existência da vida, tal como é hoje conhecida na Terra
s) Identificar e caracterizar diferentes elementos que compõem o Universo
t) Identificar e caracterizar os processos de formação de fenômenos climáticos como chuva, orvalho, geada e neve;
u) Identificar e interpretar situações, fenômenos e processos conhecidos, envolvendo interações gravitacionais na Terra e no Universo;
v) Identificar e relacionar variáveis relevantes e estratégias para resolver situações-problema envolvendo movimentos na superfície terrestre;

w) Identificar os processos de troca de calor e as propriedades térmicas das substâncias, explicando fenômenos atmosféricos ou climáticos;
x) Identificar termos, fenômenos e situações que estão relacionadas ao estudo da astronomia e da ciência espacial.
y) Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana;
z) Reconhecer diferentes instrumentos ou sistemas que servem para ver, melhorar e ampliar a visão, como olhos, óculos, lupas, telescópios, microscópios etc., visando à sua utilização adequada;
aa) Reconhecer e caracterizar processos de identificação e detecção de partículas subatômicas;
bb) Reconhecer e comparar modelos explicativos sobre a origem e a constituição do Universo, segundo diferentes culturas ou em diferentes épocas;
cc) Reconhecer e explicar a emissão e a absorção de diferentes cores de luz;
dd) Reconhecer o ciclo de energia no Universo e sua influência nas fontes de energia terrestre;
ee) Reconhecer o conceito de ano-luz;
ff) Reconhecer o papel da luz, suas propriedades e fenômenos que envolvem a sua propagação, como formação de sombras, reflexão, refração, etc;
gg) Reconhecer os modelos atuais propostos para a origem, evolução e constituição do Universo, os debates entre eles e os limites de seus resultados;
hh) Reconhecer os principais modelos explicativos dos fundamentos da matéria ao longo da história, dos átomos da Grécia Clássica aos quarks;
ii) Relacionar ordens de grandeza de medidas astronômicas de espaço e tempo para fazer estimativas e cálculos;
jj) Utilizar ordens de grandeza de medidas astronômicas para situar temporal e espacialmente a vida em geral e a vida humana em particular.

6. COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO NA BNCC

A Base Nacional do Currículo Comum (BNCC) foi elaborada para que as áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias tenham um relacionamento maior com os conteúdos abordados, sua homologação ocorreu em 14 de dezembro de 2018.

A BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto das aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo da Educação Básica. E, com isso, tem assegurado os direitos de aprendizagem e desenvolvimento conforme preconiza o Plano Nacional de Educação (PNE). A BNCC (2018, p. 7) afirma que:

> [...] este documento normativo aplica-se exclusivamente à educação escolar, tal como a define o § 1º do Artigo 1º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), e está orientado pelos princípios éticos, políticos e estéticos que visam à formação humana integral e à construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, como fundamentado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN).

Com as temáticas “Vida e Evolução” e “Terra e Universo” o aluno poderá relacionar e considerar as complexidades relativas à origem e evolução da vida em planetas habitáveis e as dinâmicas das interações gravitacionais, sendo assim definidos:

a) Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
b) Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.
c) Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens características das Ciências da Natureza, para

propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

6.1 HABILIDADES ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

A competência específica 2 trata do estudo da Astronomia através da evolução das primeiras partículas constituídas no Universo com a reflexões sobre a vida do planeta Terra e com a evolução histórica dos conceitos e das diferentes interpretações e controvérsias envolvidas nessa construção. Segundo a BNCC (2017, p. 542), do Ensino Médio, estas competências especificam:

> Podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a: origem da Vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies; políticas ambientais; biomoléculas; organização celular; órgãos e sistemas; organismos; populações; ecossistemas; teias alimentares; respiração celular; fotossíntese; neurociência; reprodução e hereditariedade; genética mendeliana; processos epidemiológicos; espectro eletromagnético; modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo; história e filosofia da ciência; entre outros.

No mais, podem ser estudados os seguintes conceitos: origem da vida; modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo; história e filosofia da ciência; entre outros.

As habilidades específicas relacionadas com a BNCC do Ensino Médio (2017, p. 543) são:

> **(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
>
> **(EM13CNT204)** Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
>
> **(EM13CNT205)** Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

> **(EM13CNT206)** Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
>
> **(EM13CNT208)** Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.
>
> **(EM13CNT209)** Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

7. CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO COM A MATRIZ DO SARESP

O Currículo do Estado de São Paulo elenca as metas de aprendizagem que cada ano da educação básica deve alcançar com as habilidades correspondentes por conteúdo a serem trabalhados, expresso na forma de competências e habilidades claramente avaliáveis.

A Matriz do SARESP[4] tem como base o instrumento orientador do Currículo do Estado de São Paulo e os documentos que balizam as avaliações nacionais e internacionais. No documento oficial do SARESP (2009, p.16), essa matriz é assim definida:

> A Matriz representa um recorte dos conteúdos do currículo e também privilegia algumas competências e habilidades a eles associadas. Ela não faz uma varredura de todas as aprendizagens que o currículo possibilita. Retrata as estruturas conceituais mais gerais das disciplinas e também as competências mais gerais dos alunos (como sujeitos do conhecimento), que se traduzem em habilidades específicas, estas sim responsáveis pelas aprendizagens.

A Matriz descreve estruturas de inteligência, através das competências do *observar, realizar* e *compreender*. Quando bem trabalhada, a matriz evidencia o real desenvolvimento dos alunos ao tempo de realização de uma avaliação, estabelecendo o nível de proficiência do aluno através do domínio das competências avaliadas.

---

[4] Matriz do Saresp é uma matriz de referência de avaliação que pode ter muitas finalidades. A mais importante delas é o seu poder de sinalização das estruturas básicas de conhecimentos a serem construídas por crianças e jovens por meio dos diferentes componentes curriculares em cada etapa da escolaridade básica.

> Competências cognitivas são modalidades estruturais da inteligência. Modalidades, pois expressam o que é necessário para compreender ou resolver um problema. Ou seja, valem por aquilo que integram, articulam ou configuram como resposta a uma pergunta. Ao mesmo tempo, são modalidades porque representam diferentes formas ou caminhos de se conhecer. Um mesmo problema pode ser resolvido de diversos modos. Há igualmente muitos caminhos para se validar ou justificar uma resposta ou argumento. (SARESP, 2009, p.14).

As avaliações realizadas com base na Matriz do SARESP permitem a classificação das habilidades por nível de desempenho, através dos índices relativos dentro da Escala de Proficiência entre o abaixo do básico, básico, adequado e avançado. Ao verificar este índice, o professor consegue compreender dentro da sua disciplina o grau de proficiência por competências cognitivas desenvolvidas no seu processo de escolarização e o caminho que precisa percorrer para avançar no ensino-aprendizagem dos alunos.

8. CONTEÚDOS DO CURSO DA 1° SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

8.1 CONTROLE DO TEMPO

A noção de tempo é trabalhada no primeiro bimestre da primeira série do Ensino Médio. Com ela, busca-se trabalhar as percepções de como o aluno concebe o relógio até a noção de variação de tempo ou intervalo de tempo, tendo como objetivo introduzir o estudo da cinemática.

8.1.1 CONTEXTO HISTÓRICO DO TEMPO

O estudo do conceito de tempo veio desde a Grécia Antiga com Pitágoras de Samos (570 a.C. - 495 a.C.). Segundo Abbagnano (2007, p. 945), Pitágoras define o tempo como “a esfera que abrange tudo”, ou seja, a esfera celeste, relacionando o movimento ordenado do céu para medir o tempo com perfeição. Esta concepção cria a imagem móvel do tempo gerando o conceito de eternidade.

Com os estudos de Platão (427 a.C. - 347 a.C.) surge à argumentação que o tempo (*chrónos*) tem relação com o movimento planetário, relacionado com os movimentos cíclicos das estações dos anos, e este caracterizando o divino do Ser eterno. O tempo é contínuo e sem ininterrupta mudança, passando a ser uma mera parte da eternidade.

> [...] Então, pensou em construir uma imagem móvel da eternidade, e, quando ordenou o céu, construiu, a partir da eternidade que avança de acordo com o número, é aquilo a que chamamos de tempo. (LOPES, 2013, p. 109).

Aristóteles de Estagira (384 - 322 a.C.), ao refletir sobre este assunto em seu livro IV da Física[5], descreve o tempo como não sendo estático e possuindo uma uniformidade, pois não parece possível que o agora seja distinto, tampouco sempre o mesmo. Assim, segundo o estagirita, o tempo seria contínuo e infinito, dividido pelo agora e podendo ser contínuo no intervalo do movimento cósmico, relacionado com o antes e o depois com a existência da alma.

> O agora é a continuidade do tempo, como já dissemos, pois enlaça o tempo passado com o tempo futuro, e é o limite do tempo, já que é o começo de um tempo e o fim de outro. (ARISTÓTELES).
>
> É evidente, então, que se não houvesse tempo não haveria um agora e que se não houvesse um agora não haveria tempo. (ARISTÓTELES).

A análise do teólogo Santo Agostinho (354 - 430) afirma que o tempo não está mais relacionado com o movimento astronômico, podendo este ser comparado a um objeto que permaneceu parado com o tempo que esteve em movimento, desvinculando assim o tempo do movimento astronômico.

Segundo o professor José Carlos Bruni[6] (2006, p. 57), Santo Agostinho define “o tempo neste momento está relacionado com o presente das presentes coisas do passado e presente das futuras”, o que significa uma descontinuidade e transformação. O tempo deixa de ser cíclico e passa a ter um caráter linear e que coincide com a estrutura fundamental da criação do próprio mundo. Com isso, Deus passa a ser o único eterno.

O conceito de tempo no início da Era Moderna, trabalhado por Galileu Galilei (1564-1642), é “caracterizado quantitativamente pelo estudo da lei de queda dos corpos e da mudança de velocidade, por esta estar ligada ao tempo decorrido e não ao espaço percorrido” (SOUZA, 2008, p. 68).

---

[5] Física de Aristóteles livro IV, com tradução para trabalho em sala: William de Siqueira Piauí (pp. 110 a 168 do original em espanhol), Gredos, Madrid, 1995.

[6] Professor doutor do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade de São Paulo e da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Marília/SP, Departamento de Filosofia.

No estudo da mecânica, Galileu apresenta quatro variáveis necessárias na aplicação de uma força para levantar um grande peso: o peso a transferir, a força ou potência para movê-lo, à distância pela qual se deve mover o peso, e o tempo, no qual tal mudança deve ser feita. Neste contexto, a variável tempo passa a ser uma quantidade mensurável ao estudo do movimento, e este é um fenômeno essencialmente temporal, como relatado no *Discursi* por Salvati, em 1638:

> Quando, portanto, observo uma pedra cair de uma certa altura a partir do repouso e que adquirir pouco a pouco novos acréscimos de velocidade, por que não posso acreditar que tais acréscimos de velocidades não ocorrem segundo a proporção mais simples e mais óbvia? Se considerarmos atentamente o problema, não encontraremos nenhum acréscimo mais simples que aquele que sempre se repete da mesma maneira. O que entenderemos facilmente, se considerarmos a escrita afinidade existente entre o tempo e o movimento: do mesmo modo, com efeito, que a uniformidade do movimento se define se concebe com base na igualdade dos tempos e dos espaços...assim também, mediante a uma divisão do tempo em partes iguais, podemos perceber que os aumentos de velocidade acontecem com simplicidade: concebemos no espírito que um movimento é uniforme e do mesmo modo, continuamente acelerado, quando, em tempos iguais quaisquer, adquire iguais de velocidade. (GALILEU, 1998, p. 160).

É consenso que com Galileu inicia-se uma nova era para a ciência, nasce a ciência moderna. No estudo das ciências naturais, Galileu teve uma preocupação em registrar com detalhes seus experimentos e uma atenção especial com a variável tempo. Agora o tempo pode adquirir quantidades infinitamente pequenas, ele que era indivisível passou a ser considerado como divisível.

Para Isaac Newton (1643-1727) o tempo é caracterizado como linear, contínuo, homogêneo, independente do referencial e da presença de campo e matéria (Souza, 2008, p. 76), sendo interpretado por parâmetro matemático e abstrato, presente em suas leis fundamentais da mecânica clássica demonstrada em seu livro, *Principia*, com ponto de vista matemático e nos métodos para compreensão dos fenômenos naturais e da maneira de pensar e fazer ciência (FITAS, 1996, p. 23).

Nessa análise, o tempo não depende de referencial para um observador inercial, ou seja, caso dois referenciais inerciais se desloquem, um em relação ao outro, irão transcorrer do tempo a mesma maneira, para o mesmo tempo entre os dois inventos. Para determinar o movimento o tempo deve ser mensurado como fluxo uniforme, para que seja identificado o próprio espaço.

> O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e da sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração; o tempo relativo, aparente e comum é alguma medida de duração perceptível e extrema seja ela exata ou não uniforme, que é obtida através do movimento e que é normalmente usada no ligar e no tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano. (NEWTON, 1990, p. 7).

Na Física Moderna, Albert Einstein (1879 – 1955), fez uma mudança na maneira como observava a física newtoniana, resultando em um melhor entendimento das propriedades do espaço, do tempo e da matéria, estas mudanças foram reformuladas na teoria da Relatividade Restrita (ou Especial). O tempo é considerado absoluto e sendo necessário considerar o movimento relativístico entre os observadores inerciais, como é demonstrado na relatividade especial.

Agora os intervalos de tempo e a simultaneidade dependem do sistema de referência adotado, isto significa que “tudo é relativo” (SOUZA, 2008, p. 82), onde tempo não está separado do espaço, passando a ser chamado de espaço-tempo. O espaço-tempo na relatividade pode ser especificado por quatro coordenadas, com escolha arbitrária: podemos usar quaisquer três coordenadas espaciais bem definidas e qualquer medida de tempo. Poderíamos usar uma nova coordenada temporal em segundos mais a distância em segundos-luz (HAWKING, 2008, p. 26).

> [...] a teoria da relatividade nos força a mudar fundamentalmente nossas ideias de espaço e tempo. Precisamos aceitar que o tempo não está inteiramente separado e independente do espaço, e sim combinado com ele para formar um objeto chamado espaço-tempo. (HAWKING e MLODINOW, 2005, p. 42).

Em meados do século XX, foi construído um relógio atômico, baseado na transição do átomo do césio 133, por Louis Essen na Inglaterra. Este relógio também é conhecido como chafariz de césio. Em 1967, a Conferência Geral de Pesos e Medidas escolheu o átomo de césio para definir o **segundo**, desde então, o segundo passou a ser definido como “a duração de 9.192.631.770 períodos de radiação correspondente a transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133” (BEBEACHIBULI, 2003, p. 10). A margem de erro deste relógio atômico é de apenas alguns segundos em milhões de anos, contra um segundo por dia em um relógio de pulso comum. No relógio atômico aperfeiçoado (cavidade longa de radiofrequência) a margem de erro fica em torno de um segundo a cada milhão de anos, por isso, ele é utilizado na radioastronomia, na navegação mais precisa, nos

sistemas de posicionamento global, nos estudos geofísicos, nos estudos de ondas gravitacionais, e nos padrões de tempo e frequência.

> O tempo é uma dimensão provavelmente discreta e com certeza relativa. Como o conhecemos, teve um início e terá um fim. O tempo existe, é real e independe da nossa existência. O tempo é, sobretudo, mensurável. (CHERMAN, VIEIRA, 2008, pg. 1).

A dinâmica dos astros, quando observados da Terra, apresenta movimentos periódicos que podem ser utilizados como relógio. Este tempo pode fornecer os seguintes sistemas de medidas: o tempo solar, baseado no movimento diário aparente do Sol, o tempo sideral, baseado no período de rotação da Terra com relação às estrelas e o tempo das efemérides[7], baseado no movimento orbital dos corpos do Sistema Solar e é o tempo teoricamente uniforme utilizado nas equações da mecânica newtoniana.

8.1.2 A ARTE DE MEDIR O TEMPO COM O RELÓGIO DE SOL.

Trabalhar com o conceito de relógio de sol, também chamado de gnômon, ajudará o professor no processo de ensino-aprendizagem e dos conceitos básicos de Física e de Astronomia, dando ao aluno a oportunidade de ter um desenvolvimento cognitivo significativo ao criar hipóteses de como conseguir realizar uma leitura de um intervalo de tempo durante o dia.

A necessidade de observar o céu veio desde a época da Pré-História, relacionada aos fenômenos celestes através de observações do movimento aparente das estrelas, das constelações, do Sol e da Lua. Desta forma, surgiram os registros astronômicos relacionando os eventos celestes com as atividades de pesca, de caça e de agricultura. Os primeiros registros vieram das civilizações babilônicas, egípcias e de algumas tribos indígenas no continente americano, através de registros da arqueoastronomia.

Acredita-se que na Judéia, em 600 a.C., os babilônios criaram o relógio de Sol[8], com um funcionamento bem simples, com apenas uma haste vertical que projetava a sua sombra, quando iluminada pelo Sol , em uma superfície circular para

---

[7] Efemérides é o passageiro; que dura apenas um dia. Em astronomia tem o significado de tabelas astronômicas.

[8] Os Relógios de Sol são dispositivos rudimentares que fornecem a leitura direta do tempo solar local.

indicar a hora. Vinte anos depois, Anaximandro de Mileto aperfeiçoa o instrumento com quadrantes solar[9].

Por volta do século VIII a.C., no Egito Antigo, os relógios de sol se apresentavam com um gnômon[10] vertical e sobre a base uma escala de tempo diária com seis divisões. Por volta de 330 a.C., já se construíam relógios que levavam em consideração o comprimento do dia (duração da claridade) de acordo com a estação sazonal. Trinta anos depois, na Babilônia, Berossus, sacerdote e astrônomo, desenvolveu um relógio que reproduzia a cúpula celeste, através da representação de concavidade hemisférica e ao centro um gnômon perpendicular, que indicava as linhas de solstícios e equinócios. O caminho percorrido pela sombra era aproximadamente o de um arco. "*O comprimento e a posição desse caminho variavam com as estações do ano, por isso vários arcos com doze divisões iguais eram marcados* (CORRÊIA, 2009).

Os indígenas tupis e os guaranis observavam o movimento cíclico do Sol para determinar os pontos cardeais e o meio dia solar através do gnômon, como detalhado pelo físico Germano B. Afonso (2007, p. 77):

> O gnômon é chamado de Kuaray Ra'anga, em guarani e Cuaracy Raangaba, em tupi antigo. Os gnômons indígenas encontrados no Brasil apresentam uma altura aproximada de um metro e meio, com entalhes para os pontos cardeais, formato de entalhe de pirâmide. Ele aponta verticalmente para o ponto mais alto do céu (chamado zênite), sendo que as suas faces maiores ficam voltadas para a linha norte-sul e as menores para a leste-oeste. Em volta do gnômon indígena há rochas menores (seixos) que formam uma circunferência e três linhas orientadas para as direções dos pontos cardeais e do nascer e do pôr-do-sol nos dias do início de cada estação do ano (solstícios e equinócios). Em geral, o zênite é o domínio do deus maior da etnia considerada; os pontos cardeais são os domínios dos quatro deuses que o auxiliaram na criação do mundo e de seus habitantes; os pontos colaterais são domínios das esposas desses deuses.

---

[9] Dispositivo que permite a leitura do tempo solar verdadeiro em uma superfície onde estão traçadas as linhas horárias de referência. A leitura se faz nessa superfície por intermédio de uma mancha luminosa produzida pela luz solar ao atravessar um orifício, seja pela sombra produzida por um estilo geralmente dirigido para o pólo. Os estilos dos quadrantes primitivos apresentavam hastes perpendiculares à superfície e indicavam a hora temporária (q.v.). Foi a partir da época em que o astrônomo e matemático árabe Abu'l Hassan Ali (1200-1280) decidiu que o estilo deveria ser o da haste paralela ao eixo da Terra e os quadrantes passaram a fornecer as horas equinociais ou iguais.

[10] O gnômon vertical ou haste do relógio solar. Ele consiste em uma haste cravada verticalmente no solo, da qual se observa a sombra projetada pelo Sol sobre terreno horizontal. O gnômon foi utilizado também nas civilizações maiores: no Egito (obeliscos) no século XV a.C.; na China no século XI a.C.; na Grécia no século VII a.C. O gnômon, simples bastão vertical, teve então papel muito importante e às vezes subestimado no desenvolvimento da astronomia.

8.1.3 COMO CONSTRUIR UM RELÓGIO DE SOL HORIZONTAL

Na confecção de um relógio de sol horizontal é necessário abordar primeiramente os pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste). O norte geográfico[11] não coincide com o polo norte magnético[12] obtido pela bússola, como foi verificado pelo explorador inglês James Ross no ano de 1831, e, portanto, os dois nortes expressam fenômenos geofísicos diferentes. A agulha imantada da bússola sempre aponta para o norte magnético[13] e o ângulo formado pelas direções dos dois nortes reflete a declinação magnética do lugar – na região de São Paulo essa declinação fica em torno de vinte e três graus (Molina, 2012, p. 13).

Esta proposta não precisa ser feita somente nos equinócios de outono (20 ou 21 de março) e de primavera (22 ou 23 de setembro), ocasiões em que o Sol nasce no ponto cardeal Leste e se põe no ponto cardeal Oeste.

Para a confecção do relógio de sol, sem a ajuda de uma bússola, é necessário escolher um local nivelado e sempre exposto, livre de sombras, e nele traçar uma circunferência, sobre a qual iremos determinar os quatro pontos cardeais usando o movimento cíclico aparente do Sol; no centro da circunferência é fixada uma haste vertical e perpendicular ao solo.

As leituras das sombras da haste devem ser feitas às dez horas da manhã e às duas horas da tarde. Conforme o Sol estiver se movendo é projetada no chão uma sombra do gnômon (haste); o instante em que surge a menor sombra projetada é o meio-dia aparente[14], que nem sempre coincide com o meio-dia pelo relógio atômico ou da hora civil local. A direção da projeção da menor sombra é a da linha Norte-Sul, estando o ponto cardeal Norte na direção do norte e o ponto cardeal Sul na direção do sul. No nosso hemisfério o movimento aparente do Sol é de leste para oeste

---

[11] O norte geográfico resulta do movimento de rotação da Terra, enquanto o norte magnético é o resultado do campo magnético gerado pelo movimento do metal fundido do núcleo externo da Terra que cria correntes elétricas e estas fazem surgir um campo magnético.

[12] O Polo Norte magnético é um ponto variável à superfície da Terra para o qual as linhas do campo magnético que envolvem o planeta e apontam que, por mera convenção, localiza-se em algum ponto do hemisfério norte.

[13] O norte magnético verdadeiro está no hemisfério sul, mas, por convenção, adotou-se que o norte magnético e o norte geográfico ficam ambos no hemisfério norte.

[14] Meio dia aparente é o instante em que o centro do Sol passa pelo meridiano superior de um lugar. Pode-se dar maior precisão afirmando: meio-dia aparente local; meio-dia verdadeiro.

passando pelo norte. No hemisfério norte, ele faz o trajeto leste-sul-oeste. Esta linha Norte-Sul é uma projeção geométrica do meridiano celeste[15] local, ou simplesmente linha do meridiano, cujo traçado liga os pontos cardeais Norte e Sul percorrendo a superfície circular da esfera celeste e cruzando o zênite[16] (LANGHI, 2016, pg. 34). Outra maneira de obter o ponto cardeal Norte é marcar a sombra das dez e quatorze horas na circunferência e determinar a bissetriz do ângulo formado que será o ponto cardeal Norte.

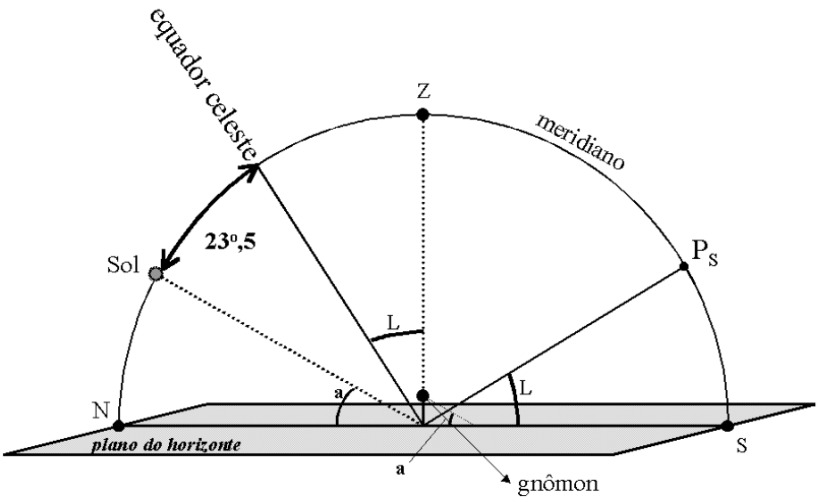
Determinada a linha Norte-Sul, traça-se uma reta perpendicular a ela que passa pelo centro da circunferência, obtendo-se assim a linha Leste-Oeste. Repare que a circunferência ficou dividida em quatro quadrantes, de 90° cada. Obtido estes pontos cardeais fazer uma marcação no ponto cardeal leste para o horário das seis horas e dezoito horas no ponto cardeal oeste, onde a linha Leste-Oeste é perpendicular à linha Norte-Sul e passa pelo centro da circunferência, logo o cruzamento dela com a circunferência determina o Leste e o Oeste. Fazer ainda as subdivisões de quinze graus entre estes pontos cardeais para definir os intervalos de uma hora para cada quinze graus. Marcados os intervalos de horas entre as seis horas e dezoitos horas, substituir a haste horizontal por um gnômon inclinado com a latitude do local, ou um relógio de Sol equatorial para a cidade de São Paulo, utilizar a inclinação aproximadamente de 23,55°

Na figura 1, perceba que a declinação do Sol se iguala a 23˚,5 N (inclinação do eixo de rotação terrestre relativa à perpendicular da eclíptica). Note que o polo elevado do lugar é o polo celeste Sul (PS). Z é o zênite, L é a latitude geográfica do lugar e a altura da culminação do Sol é dada pelo ângulo ‘a’.

Figura 1: Culminação do sol no dia do solstício do inverno austral para um local do hemisfério sul terrestre entre o equador e o círculo polar.

[15] Meridiano celeste. o plano que passa pelo eixo de rotação da Terra e corta a esfera celeste determina em sua superfície um círculo máximo, que passa pelos dois pólos celestes e pelo zênite do lugar (observador); Para um astro em rotação, a linha segundo a qual um semiplano com origem no eixo de rotação corta a sua superfície; Sobre a Terra, o lugar geométrico dos pontos que tem a mesma longitude.

[16] Zênite é a interseção da vertical superior do lugar com a esfera celeste.



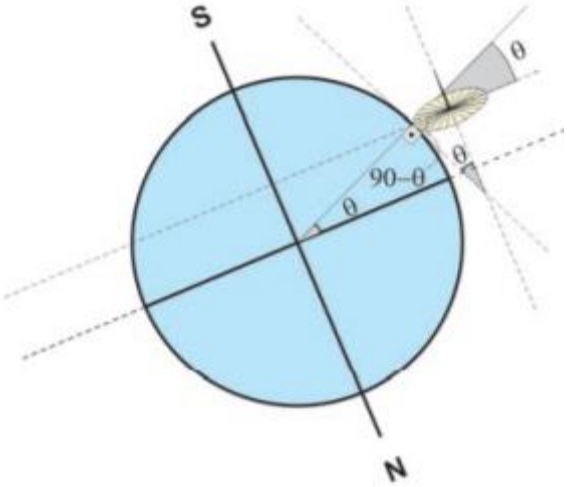
Fonte:DAS/INPE.

No relógio equatorial o disco das horas está sempre em paralelo ao plano do equador terrestre e o seu ponteiro (gnômon) fica sempre paralelo ao eixo de rotação do planeta. O ângulo de elevação do ponteiro do relógio em relação ao horizonte local, sempre de valor igual à latitude do observador, figura 2.

A Terra tem um período de rotação de aproximadamente 24 horas, ou seja, ela usa aproximadamente 24 horas para realizar uma volta em torno de si em. Logo, podemos observar que ela gira 360° em cerca de 24 horas, 15° por hora. A graduação do disco das horas será então dividida em intervalos iguais de 15°, o primeiro representando 6:00 horas (Sol nascendo no leste) e o último representando 18 horas (Sol de pondo no oeste). A outra metade do disco não terá graduação porque o Sol está abaixo do horizonte.

> A concepção de um relógio de sol equatorial baseia-se em um gnômon colocado na direção do eixo de rotação da Terra, e no ponto de vista prático gnômon é colocado perpendicularmente que pos sua vez é fixada a 90° - |Φ| com o horizonte, sendo que a placa fica na linha Leste-Oeste. Devido ao movimento quase uniforme da Terra, basta graduar a placa de 6 a 18 horas com intervalos equi-espaçados de 15° cada, sendo que a graduação deve estar no plano do meridiano local (BOCZKO, 1984, p. 163).

Figura 2: Visualização do ângulo de elevação em relação ao horizonte.



Fonte: Leonardo Nemer (AEB/Programa AEB Escola).

As horas marcadas no relógio de sol não devem necessariamente coincidir com as horas de um relógio comum, que marca a hora legal (HL) é necessário fazer uma conversão através da equação do tempo (ET), que relaciona a hora solar verdadeira[17]com a hora solar média[18], através da equação do tempo (1) pode variar de 0 a ±16 minutos e a diferença entre as longitudes (Δ φ).

Por convenção, todos os relógios dentro do mesmo fuso horário devem marcar a mesma hora padrão, sendo considerado como o horário médio do meridiano central do fuso. Caso o observador esteja a oeste do meridiano central vê o Sol um pouco atrasado, se comparado com o observador em tal meridiano.

Como esse giro é uniforme, cada 1° de longitude a oeste do fuso central significa 4 minutos de atraso solar; igualmente, cada 1° a leste representa 4 minutos de adiantamento. A diferença de fuso (Δ φ) pode ser calculada conforme a equação (1), a cidade de São Paulo está localizada na longitude de 46° 38’ 20”:

$$\Delta \varphi = \text{longitude}° \times 4 \qquad (1)$$

$$\text{longitude}° = \text{longitude local} - \text{longitude do meridiano central} \qquad (2)$$

[17] Hora solar verdadeira (V): é o ângulo horário do centro do Sol acrescido de 12h. A razão de acrescentar-se 12h ao ângulo horário do centro do Sol (Hv) é para evitar que um novo dia se inicia ao meio dia (na passagem meridiana do Sol), exatamente na metade do período normal das atividades humanas. Com este acréscimo o dia inicia-se a meia noite.

[18] A hora solar média (M): é igual ao ângulo horário do Sol médio (Hm) acrescido de 12h. Na literatura especializada a hora solar média é também denominada de hora civil.

o seu valor é negativo para o observador a oeste do meridiano.

$$HL = HV - ET - \Delta \varphi \quad (3)$$

Sendo,

HL = hora legal ou o nosso relógio

HV = hora solar

ET = equação do tempo

$\Delta \varphi$ = diferença de fuso

8.2 CONSTELAÇÕES

Desde a Antiguidade olhamos o céu noturno a olho nu e observamos as estrelas e os planetas que fazem parte da abóbada celeste[19] bem como a sua movimentação. Nossos antepassados criaram suas próprias constelações[20] através de figuras formadas por conjuntos de objetos em uma determinada região do céu ligadas por linhas imaginárias para que seja formada imagens fictícias, trazendo a representação simbólica de crenças, costumes ou conjuntos de valores presentes em cada civilização. De uma civilização à outra foram criadas suas próprias constelações, figuras projetadas no céu, relacionadas a figuras de heróis mitológicos, animais e objetos corriqueiros do dia a dia.

> Constelações são regiões do céu ocupada por aquela configuração. A acepção do termo constelação, grupo de estrelas, subsiste ainda na linguagem vulgar. Como, porém, já não mais existem ambiguidades na localização de um objeto celeste, o termo constelação deixou de ser para o astrônomo o coletivo de estrelas, para designar uma região da esfera celeste. Esse novo aspecto começou a ser utilizado em 1925, quando a União Astronômica Internacional regulamentou as denominações (latinas) e as suas abreviaturas, assim como os limites das constelações. O céu foi, então, dividido em 88 regiões, que servem para identificar as estrelas principais (MOURÃO, 1987, p. 194).

---

[19] Abóbada celeste é o hemisfério celeste visível, ao qual se supunha antigamente estarem fixas as estrelas.

[20] A palavra constelação vem do latim "*constellatio*", sendo formada da união de "com" (aglomerado) + "stella" (estrela) e significa "agrupamento aparente de estrelas".

As 88 constelações oficiais podem ser classificadas em: Boreal, ou do hemisfério celeste norte (um total de 26 constelações); Eclíptica, se posicionada próxima desta região (13, designadas de zodíaco); ou Austral, se situada no hemisfério celeste sul (49). Portanto, uma constelação pode conter todo tipo de objeto celeste independentemente de sua distância à Terra, pois o que vemos é a projeção aparente desses objetos no plano do céu. Objetos que se movem rápido, como planetas, cometas, asteroides, podem cruzar várias constelações durante o trajeto. O exemplo mais típico são os planetas que cruzam todas as constelações do Zodíaco.

Na concepção moderna, usada na Astronomia atual, as constelações não são mais um conjunto de estrelas e figuras mitológicas, são regiões bem definidas e delimitadas do céu, mas que estão agrupadas em correspondência com as tradicionais constelações imaginárias dos povos antigos, não possuem existência real e as estrelas não estão no mesmo plano, mesmo que o observador terrestre tenha a impressão que elas pertencem ao mesmo agrupamento.

A forma de retratar as constelações é dividida em três categorias:

a) Pictórica: desenhos marcantes e representações por figuras vinculadas à mitologia grega;
b) Juntando os pontos (*Joining-the-dots*): as estrelas mais brilhantes de cada constelação são ligadas por linhas, lembrando figuras geométricas como triângulos, quadrados, polígonos etc.;
c) Fronteiras: existem limites entre as constelações, cada uma ficando confinada em uma determinada região do céu.

8.2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DAS CONSTELAÇÕES

Desde a era do Paleolítico, o homem era caçador-coletor, portanto, nômade e, com o passar do tempo, começou a reconhecer regiões do céu e a relacioná-las com as melhores épocas para caçar, por causa da migração dos animais em determinadas épocas do ano.

Então, o homem tornou-se mais sedentário e passou a dominar práticas de agricultura rudimentar de subsistência observando as condições climáticas

decorrentes das estações sazonais. Com isso, o mapeamento do céu passa a ser uma atividade essencial para a sua sobrevivência. Tendo em vista que guardar a forma ou figuras das constelações não era uma tarefa simples, foram criados mitos e histórias para memorizar a aparência do céu e relacioná-la com os períodos de caça e da pesca, baseados nas constelações de animais (Orion, Cão Maior e Cão Menor), na agricultura baseadas nas constelações ligadas aos períodos de chuvas e enchentes (Aquário) e no período de colheitas (Virgem), do clima e das estações do ano, através das constelações zodiacais (Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixe).

> "A orientação foi outra necessidade que motivou o estudo do céu, pois o homem deixava de ser nômade, tinha agora um lugar fixo para onde retornava após o período de caça. Utilizando as estrelas como guia, ele podia se afastar de seu lar na certeza de reencontrá-lo. Nesse momento, surge outra ideia, a de reunir as estrelas em grupos para facilitar o seu reconhecimento, dando origem, assim, às constelações" (FARES, 2004, p. 78).

Os sumérios, por volta de 3.000 a 4.000 anos a.C., apresentavam uma sociedade complexa com alto grau de organização sócio-político-econômico, passando o seu conhecimento de astronomia para os babilônios, situados na região da Mesopotâmia. Por volta de 2.000 anos a.C. os babilônios , no governo do Nabucodonosor II (604-562 a.C.) foram os responsáveis pelo conhecimento das constelações clássicas, estipularam os doze signos zodiacais[21], com seus respectivos mitos que nos acompanham até a atualidade.

As constelações zodiacais eram compostas por doze signos: Áries, Touro, Gêmeos, Leão, Virgem, Escorpião, Sagitário, Capricórnio, Aquário, Peixe, Câncer e Balança.

> A humanidade que desde sua origem sentiu necessidade de perpetuar imagens de seu cotidiano, assim deixou gravados os primeiros desenhos de animais que são vistos nas cavernas paleolíticas. Movidos por sua necessidade de se guiarem durante a noite escura do deserto, os povos da antiguidade – especialmente aqueles que viviam entre os rios Tigre e o Eufrates – acharam conveniente ligar entre si aqueles pontos luminosos

[21] Zodíaco é uma faixa da esfera celeste ao longo da eclíptica com cerca de 16° de largura. Nessa faixa estão as constelações zodiacais que, tendo no passado nomes de animais, deram origem ao nome zodíaco que tem a mesma raiz da palavra zoológico e significa círculo dos animais. A importância do zodíaco é que por ele transitam o Sol, a Lua e os planetas. É que esses objetos se encontram no plano da eclíptica ou não muito longe dele. (GANALLE; MATSUURA, 2007).

> representados pelas estrelas fixas e que, aparentemente, poderiam tomar formas de animais ou mesmo de seres legendários." (MARRACCINI, 2005).

No ano 134 a.C, Hiparco de Niceia[22] (190 a.C. — 120 a.C.), separou a região que continha essas constelações em doze partes iguais, de trinta graus cada, para marcar cada mês do ano, por ser fortemente influenciado pela matemática dos babilônicos, que aplicavam a numeração sexagesimal[23].

Baseado nas descobertas de Hiparco, Cláudio Ptolomeu (100 d.C. – 160 d.C) organizou o céu com 1022 estrelas em 48 constelações, sendo 12 zodiacais, 21 ao Norte e 15 ao Sul, registrados em seu livro Almagesto (COSTA, 2000). As constelações catalogadas por Ptolomeu são: Andrômeda, Aquário, Águia, Altar, Navio, Carneiro, Cocheiro, Boieiro, Caranguejo, Cão Maior, Cão Menor, Capricórnio, Cassiopéia, Centauro, Cefeu, Baleia, Coroa, Austral, Coroa, Boreal, Corvo, Taça, Cisne, Delfin, Dragão, Cavalo, Menor Erídano, Gêmeos, Hércules, Hidra, Fêmea, Leão, Lebre, Balança, Lobo, Lira, Ofiúco, Órion, Pégasus, Perseu, Peixes, Peixe Austral, Flecha, Sagitário, Escorpião, Serpente, Touro, Triângulo, Ursa Maior, Ursa Menor e Virgem.

> [...] A Coroa se aproxima da espalda, e junto da extremidade da cabeça observa a cabeça de Serpentário, e dela poderias notar o resto de Serpentário como bem aparente, tão rútilos os ombros subjacentes à cabeça se veem; eles, mesmo na Lua cheia, podem ser vistos. Mas as mãos não são exatamente iguais: pois tênue luz uma e outra percorre; não obstante, essas também são visíveis: não são pequenas. Ambas lutam com a Serpente, que pelo meio circula Serpentário. Ele, bem firmado, incessantemente esmaga com ambos os pés enorme besta, Escorpião, em pé sobre sua vista e tórax. Mas a Serpente revira-se entre suas duas mãos, pouco aparente na direita, porém muito na elevada esquerda. (ARATO, 2016, p. 17)

O céu do hemisfério sul começa a ser mapeado pelos navegantes das Grandes Navegações no final do século XIV, sendo representados por instrumentos científicos (sextante, oitante, bússola, telescópio, microscópio, máquina pneumática). Como os grandes navegantes eram cristãos, e para eles as constelações não possuíam nenhum significado religioso ou místico, era importante conhecer os sentidos técnicos de como mapear o céu para ajudar na sua orientação e localização.

---

[22]Hiparco é considerado o fundador da astronomia científica.

[23]É um sistema de numeração de base 60, criado pela antiga civilização Assíria. Uma possível razão para o aparecimento deste sistema de numeração poderá residir no elevado número de divisores de 60 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 e 60).

O cartógrafo e astrônomo Petrus Plancius (1552 – 1622) mapeou o hemisfério sul, em 1589, com as constelações *Crux*, o *Triangulum Australe* e as *Nubecula Major* e *Minor*, depois conhecidas como Grande e Pequena Nuvens de Magalhães[24], e orientou o navegador Pieter Dirkszoon Keyser (1540 -1596) a observar as estrelas austrais, produzindo um catálogo com 135 estrelas austrais que Plancius dividiu em 12 novas constelações com analogias aos animais exóticos: *Apis* (Abelha), *Apus* (Ave do Paraíso), *Chamaeleon* (Camaleão), *Dourado* (Dourado ou Delfim), *Grus* (Grou), *Hydrus* (pequena serpente aquática), *Indus* (o indiano), *Pavo* (Pavão), *Phoenix* (Fênix), *Triangulum Australe* (Triângulo Austral), *Tucana* (Tucano) e *Volans* (Peixe-Voador).

O astrônomo holandês Johannes Bayer[25] (1572-1625), em 1603, com ajuda dos mapas celestes de Plancius e Tycho, concluiu a sua obra *Uranometria: omnium asterismorum continens schemata, nova methodo delineata, aereis laminis* expressa com um padrão sistemático[26] para nomear estrelas de todas as constelações, usado até dos dias de hoje.

> O atlas de Bayer tinha 51 cartas celestes. As 48 primeiras representavam as 48 constelações clássicas, desenhadas com a precisão de Tycho Brahe. A Carta 49 continha um desenho, menos preciso, das 12 novas constelações do hemisfério sul. As Cartas 50 e 51 eram Synopsis coeli superiores borea e *Synopsis coel iinferioris* austrina, mapas gerais do hemisfério boreal e do hemisfério austral, respectivamente. (CCD-OBA, 2012, p. 31).

No final do século XVII, o astrônomo amador Johannes Höwelcke (1611-1687) nomeou mais nove constelações na obra *Sete Cartas Celestes*, em 1690. As constelações de Höwelcke: Girafa, Cães de Caça, Lagarto, Leão, Menor Lince, Unicórnio, Escudo, Sextante e a Raposa.

---

[24] Fernão de Magalhães foi um navegador português que ficou famoso por ser o primeiro a dar a volta na Terra.

[25] Bayer ainda estabeleceu que as estrelas de cada constelação fossem designadas por letras do alfabeto grego: Alfa (α) para a mais brilhante, Beta (β) para a segunda mais brilhante e assim por diante. Nem sempre esse conceito se aplica.

[26] O padrão sistêmico de Brayler considera que dentro de cada constelação as estrelas são nomeadas pelas letras do alfabeto grego, em ordem de importância, brilho, ou seguindo algum padrão interno que salte aos olhos. Assim, a estrela mais importante de Cygnus é α Cygni; a segunda, β Cygni, e assim por diante. Grosso modo, isso segue uma escala de magnitudes das estrelas - razão pela qual alguns acreditam que esse era o critério principal de Bayer.

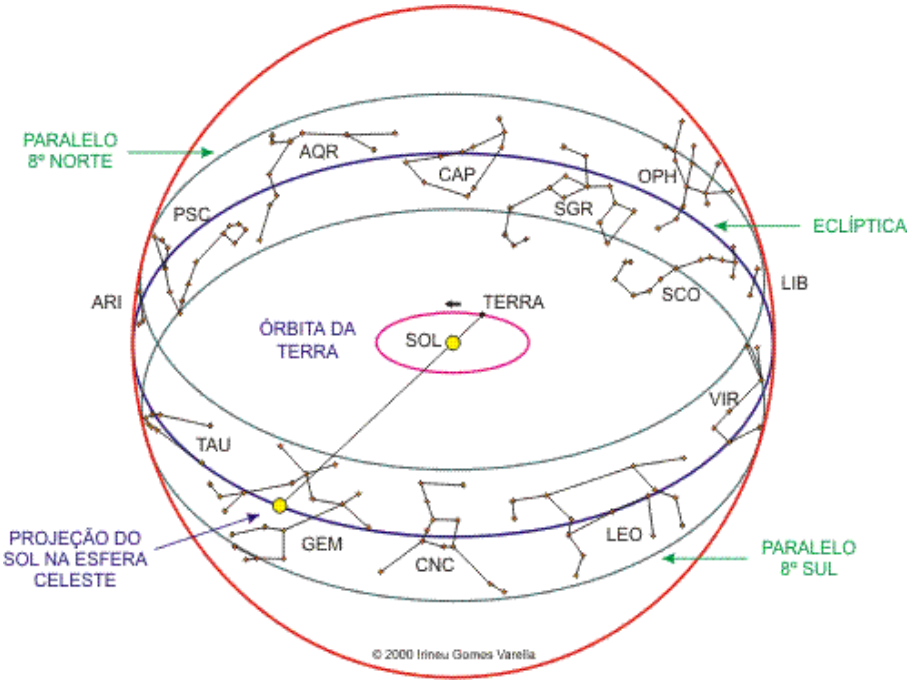
Em 1624, Jacobus Bartschiu (1600 – 1633), astrônomo alemão, publicou em seu livro *Usus Astronomicus Planisphaerii Stellati* a constelação da Pomba. Austin Royer, arquiteto do rei Luís XV, desmembrou a *Crux Austrais* da constelação do Centauro, surgindo então a constelação do Cruzeiro do Sul.

Em 1627, houve uma tentativa frustrada de mapear o céu com imagens bíblicas, tanto nos céus austrais (velho testamento) como boreais (nove testamento), na linha da elíptica foi substituído pelos doze apóstolos de Cristo, por Julius Schiller, jurista de Augsburg, cidade livre do Sacro Império Romano Germânico, em seu trabalho *Coelum Stellatum Christianu*, que foi descontinuado.

O abade francês Nicolas-Louis Lacaille (1713-1762), em sua viagem até o Cabo da Boa Esperança, no sul da África, em 1751, começou estudar o firmamento e introduziu 14 novas constelações (Máquina Pneumática, Buril, Compasso, Forno, Relógio, Mesa, Microscópio, Esquadro, Oitante, Pintor, Bússola, Retículo, Escultor e o Telescópio) e dividiu Argos em quatro constelações menores, sendo elas: Quilha, Popa, Vela e a Bússola, e mapeou 9.776 estrelas do hemisfério sul com uma luneta que aumentava apenas oito vezes.

A União Astronômica Internacional, em 1952, definiu o zodíaco como uma faixa circular de 17 graus de largura, centrada no plano da eclíptica interceptada por 24 asterismos, uns por completo, outros em partes, sendo eles: Peixes, Baleia, Áries, Touro, Boieiro, Órion, Gêmeos, Câncer, Leão, Cobra Fêmea, Sextante, Virgem, Cálice, Corvo, Libra, Centauro, Escorpião, Ofiúco, Cauda da Serpente, Escudo, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Pégaso. Dentre elas, são consideradas constelações zodiacais as seguintes: Áries, Touro, Gêmeos, Câncer, Leão, Virgem, Libra, Escorpião, Ofiúco, Sagitário, Capricórnio, Aquário e Peixes.

Figura 3: 13 constelações zodiacais



Fonte: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/constelacoes-zodiacais.htm

No ano de 1971, no Brasil, a lei nº 8.421, de 11 de maio de 1992 retratou as constelações como símbolos de nossa bandeira e nas armas nacionais:

> Da Bandeira Nacional
>
> Art. 3° A Bandeira Nacional, adotada pelo Decreto n° 4, de 19 de novembro de 1889, com as modificações da Lei n° 5.443, de 28 de maio de 1968, fica alterada na forma do Anexo I desta lei, devendo ser atualizada sempre que ocorrer a criação ou a extinção de Estados.
>
> § 1° As constelações que figuram na Bandeira Nacional correspondem ao aspecto do céu, na cidade do Rio de Janeiro, às 8 horas e 30 minutos do dia 15 de novembro de 1889 (doze horas siderais) e devem ser consideradas como vistas por um observador situado fora da esfera celeste.
>
> § 2° Os novos Estados da Federação serão representados por estrelas que compõem o aspecto celeste referido no parágrafo anterior, de modo a permitir-lhes a inclusão no círculo azul da Bandeira Nacional sem afetar a disposição estética original constante do desenho proposto pelo Decreto n° 4, de 19 de novembro de 1889.
>
> § 3° Serão suprimidas da Bandeira Nacional as estrelas correspondentes aos Estados extintos, permanecendo a designada para representar o novo Estado, resultante de fusão, observado, em qualquer caso, o disposto na parte final do parágrafo anterior.
>
> Das Armas Nacionais

Art. 8°:

I - o escudo redondo será constituído em campo azul-celeste, contendo cinco estrelas de prata, dispostas na forma da constelação Cruzeiro do sul, com a bordadura do campo perfilada de ouro, carregada de estrelas de prata em número igual ao das estrelas existentes na Bandeira Nacional;

No horário registrado nesta lei o Sol estava visível e seu brilho ofusca as constelações do firmamento. As constelações representadas na bandeira devem ser vistas por fora da esfera celeste e espelhadas. As constelações que aparecem nos símbolos nacionais:

I. Cão Maior: representa os estados Mato Grosso, Amapá, Rondônia, Roraima e Tocantins;

II. Cão Menor: esta constelação é representada pela estrela Procyon, uma estrela sozinha, no lado esquerdo e debaixo da faixa “Ordem e Progresso”, representa o estado do Amazonas;

III. Carina: a estrela Canopus representa o estado de Goiás;

IV. Cruzeiro do Sul: representa dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo;

V. Escorpião; que representa todos os estados do nordeste - Piauí, Maranhão, Ceará, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco;

VI. Hidra: aparece por apenas duas estrelas, e representam os estados do Acre e Mato Grosso do Sul;

VII. Octante: esta constelação aparece somente pela estrela sigma octantis, e representa o Distrito Federal. Pode parecer estranho que tenha sido escolhida uma das estrelas menos brilhantes no céu para representar a capital do nosso país. Mas o motivo disso é o seguinte: é a estrela mais próxima do pólo Sul celeste, e por isso, as estrelas das outras constelações giram ao redor da sigma octantis, ou seja, todos os estados do Brasil “giram” ao redor do Distrito Federal;

VIII. Triângulo Austral: representa os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná;

IX. Virgem: a estrela Spica representa o estado do Pará, sendo a única estrela acima da faixa “Ordem e Progresso”.

8.2.2 COMO LER O CÉU ATRAVÉS DAS CONSTELAÇÕES

Como sabemos, existem 88 constelações mapeadas no céu, e que elas surgiram através dos anos com um contexto histórico, transmitindo o conhecimento através de representação de figuras ou símbolos, isto mostra, que o mapa completo do céu possui um significado. Mas, mesmo assim, fica difícil atualmente conseguir localizar no céu as constelações, seja pelo excesso de poluição luminosa que temos nas grandes cidades, seja por não conseguir associar as histórias e mitos fazendo uma relação com os dias atuais. Mas, podemos nos orientar através de alguns

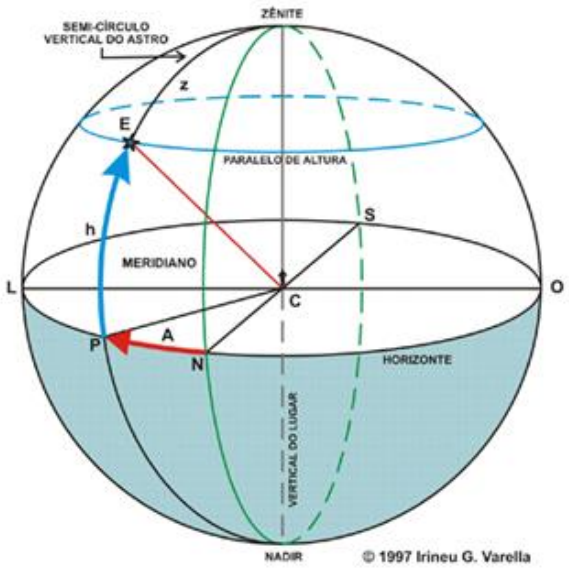
conceitos básicos de orientação, utilizando a Esfera Celeste e um sistema de coordenadas.

Um observador situado em qualquer ponto da superfície terrestre tem seus pés apoiados em um plano tangente à esfera terrestre no ponto em que ele se encontra. Estendido ao infinito, esse plano corta a esfera celeste em formato de círculo. A linha desse círculo imaginário determina o horizonte astronômico. O horizonte astronômico marca o limite do que podemos ver da esfera celeste, e abaixo dessa linha o que não conseguimos ver.

A linha (imaginária) vertical ao plano do horizonte e que passa pela posição do observador, fura a esfera celeste nos pontos zênite (acima da cabeça do observador) e nadir (abaixo dos pés do observador). O observador vê o zênite, mas não o nadir. Essa linha vertical é aquela definida pelo fio de prumo (figura 4). Com o ponto zênite marcado fica fácil determinar o plano meridional, ou seja, o plano que contém a linha norte-sul e que passa pela vertical do lugar, portanto também passa pelo zênite.

O sistema de coordenadas horizontais é um sistema local, próprio do observador, baseado no plano horizontal local, no plano do meridiano local (que passa pelo Norte, zênite e Sul) e em arcos medidos em graus: (a) altura (ou elevação), é o arco entre o objeto e o horizonte local - esse arco é perpendicular ao plano do horizonte; (b) azimute, arco medido sobre o plano horizontal, entre o ponto cardeal Norte e a base do arco que mede a altura - sempre medido no sentido Norte-Leste-Sul-Oeste-Norte. Portanto, a altura varia entre 0° e 90° acima do horizonte ou $0° \leq h \leq 90°$, e o azimute entre 0° e 360° ou $0° \leq a \leq 360°$ (90° no Leste, 180° no Sul, 270° no Oeste e 360° ou 0° no Norte).

Figura 4: Coordenadas horizontais (altura e azimute) de uma estrela na Esfera Celeste.

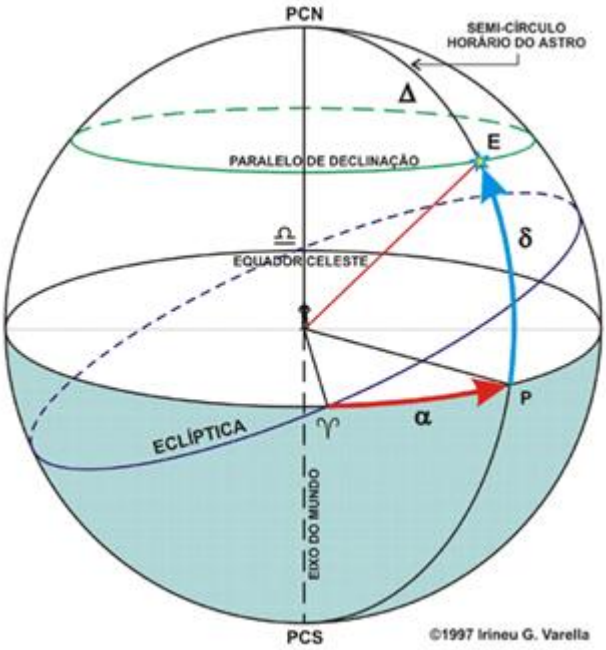


Fonte: http://www.uranometrianova.pro.br

Alguns pontos e coordenadas terrestres são tomados como referências para definir outros correspondentes na esfera celeste, permitindo usar as coordenadas equatoriais ou sistema Uranográfico, para determinar a posição de qualquer astro na esfera celeste em relação ao equador celeste e ao círculo do ponto vernal[27]. Estendido o infinito, o equador terrestre corta a esfera celeste, definindo o equador celeste. Os polos geográficos norte e sul furam a esfera celestes nos polos celestes norte e sul. O sistema de coordenadas baseado no equador celeste é chamado sistema equatorial e suas coordenadas são declinação e ascensão reta (figura 4). A declinação é a distância angular do astro até o plano do equador celeste - é o meridiano do astro; a ascensão reta é a distância angular entre o ponto vernal (também chamado ponto gama) o meridiano do astro; a ascensão reta é medida sobre o equador celeste e na direção Leste.

[27]O Ponto Áries é um ponto do equador, ocupado pelo Sol no equinócio de primavera do hemisfério norte, isto é quando o Sol cruza o equador vindo do hemisfério sul (geralmente em 22 de março de cada ano). É um dos dois pontos de intersecção do equador celeste com o eclíptica. O ponto Áries é também chamado ponto Gama (por ser representado pela letra grega γ) ou ponto Vernal.

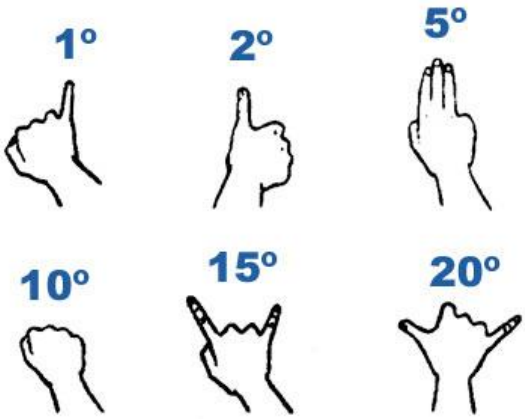
Figura 5: Coordenadas equatoriais (declinação e ascensão reta) de uma estrela na Esfera Celeste.



Fonte: http://www.uranometrianova.pro.br

Caso não se tenha um equipamento de medição com precisão como o sextante ou quadrante, pode-se estimar grosseiramente os ângulos usando a mão. Com o braço esticado podemos ver aproximadamente que a área correspondente na abóbada celeste em graus pelo dedo mínimo vale 1°, o dedão 2°, três dedos centrais juntos 5°, a mão fechada 10°, entre o indicador e o mínimo cerca de 15° e um palmo aberto 20°, conforme figura 6.

Figura 6: Estimando distâncias e tamanhos utilizando a mão.



Fonte: https://www.apolo11.com/distancias_no_ceu.php

O Sol possui um movimento aparente de leste para o oeste, passando por todas as constelações zodiacais no período de 365,25 dias, apresentando assim um céu diferente em cada mês. As estrelas “nascem” quatro minutos mais cedo a cada dia que passa, logo, após um mês as mesmas estrelas teriam “nascido” aproximadamente uma hora mais cedo.

A Terra gira em volta do Sol em uma órbita elíptica de excentricidade 0,0167, com o mesmo período do Sol aparente, ou seja, 365,25 dias. Portanto, ela percorre 360° em 365,25 dias, ou seja, cerca de aproximadamente 1° por dia. Como consequência, o Sol se movimenta diariamente 1° para o leste em relação às estrelas do fundo do céu; depois de três meses, as estrelas e o Sol se esconderam juntos no horizonte oeste (LANGHI, 2016, p. 38). Isto mostra que o céu é dinâmico e o desafio que representou e representa o seu mapeamento.

8.3 CALENDÁRIOS

Com o estudo do tempo desde a Antiguidade, o homem começa a observar certos padrões que eram repetidos com o passar do tempo, e a necessidade de prever os eventos da natureza com mais exatidão acabou por si só motivando a criação de calendários baseados no movimento aparente do Sol e da Lua.

A definição de calendário lunar veio das observações sistemáticas da Lua pelos povos antigos ao vislumbrarem os ciclos completos das fases da Lua ocorridos em um intervalo de tempo de 29 a 30 dias (BOSZKO, 1984, p. 1984). O ciclo médio de tempo entre as fases iguais da Lua equivale a 29,530589 dias. Essas observações proporcionaram a criação do mês lunar que leva em conta apenas os dias inteiros, não correspondendo a uma lunação[28] exata.

Outra maneira de contagem de dias pelas civilizações antigas foi através do movimento aparente do Sol. Através dos ciclos das estações de meses quentes, frios e intermediários, esta contagem passou a ser chamada de ano solar, que corresponde a 365,242199 dias.

[28]Lunação é o ciclo completo entre duas fases iguais da Lua.

Os calendários lunissolares, utilizados pelos sumérios há 5.000 anos, acompanhavam tanto as fases da Lua como os ciclos das estações do ano, baseando seus meses entre 29 e 30 dias, com um período de lunação de 29,5 dias, totalizando assim um ano de 354 dias. Os 11 dias que faltam para completar o ano solar são guardados e serão usados em um mês extra em determinados anos, assim, esses anos possuíam 13 meses (CHERMANN; VIEIRA, 2008).

E não menos relevante temos o calendário Sideral, que acompanha os ciclos celestes que não levam em conta o Sol e/ou a Lua. Esse calendário acompanha uma estrela, ou uma constelação, ou um asterismo; como exemplo, temos as Três Marias na constelação de Orion ao longo de um ano solar.

A civilização egípcia utilizou esse calendário ao acompanhar o movimento aparente da estrela Sírius, que nascia junto com o Sol. Esse fenômeno é chamado de helíaco, e respeita o ciclo sazonal e o movimento de rotação da Terra. O calendário possui 365 dias, sendo 0,242199 dias mais curto quando comparado com o ano sideral. Os egípcios consideravam 12 estações de 30 dias e, ao final do ano, somavam mais 5 dias (BOZKO, 1984, p. 13).

8.3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DOS CALENDÁRIOS

O Homem Pré-Histórico precisava criar um mecanismo de acompanhamento da passagem do tempo, um calendário. O estímulo dessa necessidade é relacionar a passagem dos meses e estações do ano com as épocas de caça, da pesca, do plantio e das colheitas, aumentando assim a capacidade de subsistência humana.

A observação do céu passa a não ter apenas um caráter de orientação e de localização, mas se relaciona com os fenômenos da natureza que interferem diretamente na condição de subsistência do homem. A Humanidade cria então o seu primeiro calendário com algumas estruturas fixas, como, por exemplo, nas construções megalíticas, e outros que poderiam ser transportados com as pessoas, por ter um fácil acesso e por serem leves, feitos de ossos ou de marfim, como o calendário lunar.

Um dos primeiros calendários usados pela Humanidade foi no paleolítico superior[29], que retrata não apenas ao estudo da astronomia, mas também o estudo numérico e o início do pensamento matemático. O arqueólogo americano Alexander Marshack (1918 – 2004), em uma escavação na região da Dordonha Francesa, em Abri Blanchard, encontrou uma escápula com mais de 30.000 anos com 69 marcações que se acredita representar um calendário lunar ou dias decorridos que acompanham as mudanças da fase da lua.

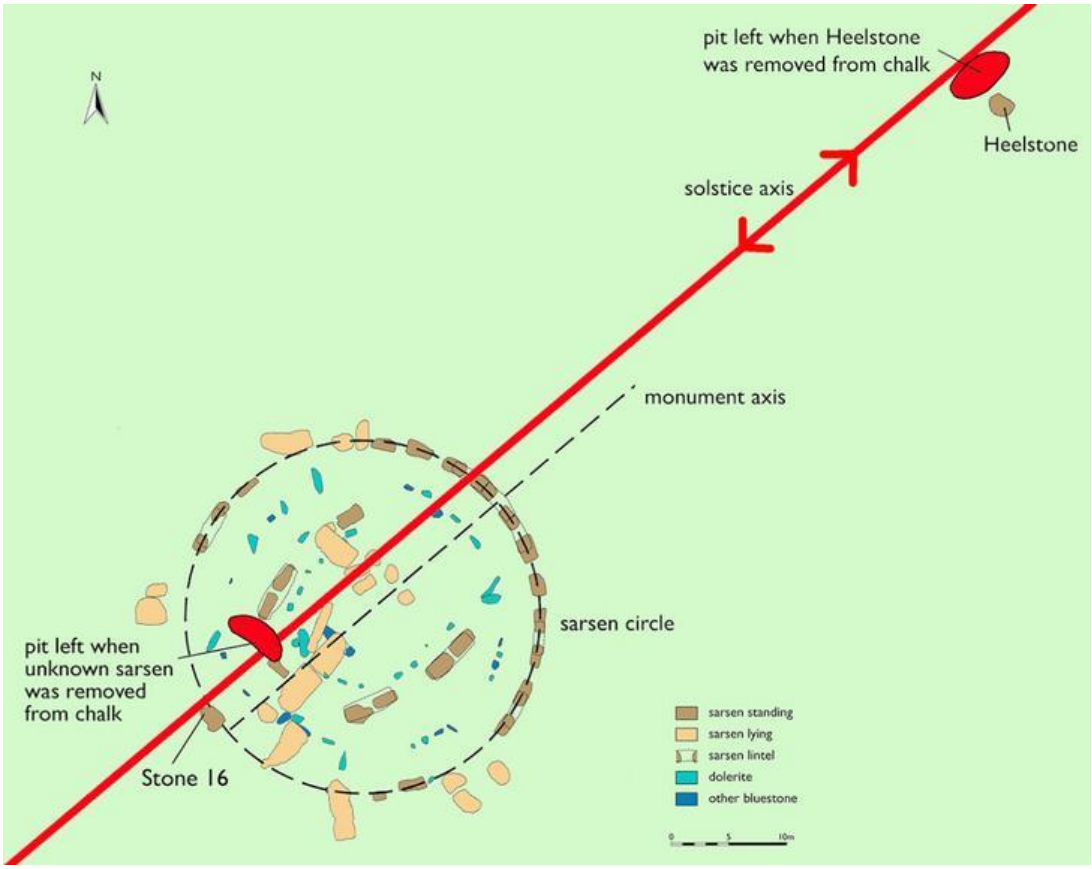
Entre os períodos do Neolítico e da Idade do Bronze, houve a construção do monumento megalítico de Stonehenge, no sul da Inglaterra, construído com 70 peças de arenito de 50 toneladas cada. Essas pedras foram posicionadas em um formato de círculo concêntrico (Fig. 7).

> No século XVIII William Stukley descobriu que o eixo principal daquele monumento achava-se orientado segundo a posição que o Sol nascia no solstício de verão. E no século XX, o astrônomo Gerald Stanley Hawkins (1928-2003) calculou, com o auxílio de um computador, que partindo do centro do círculo, no dia do solstício de verão, os raios do sol nascente alcançariam a "pedra do calcanhar", na periferia do monumento. Alinhamentos suplementares registravam o nascer e poente do Sol e da Lua, em datas importantes. E o mais surpreendente: o Círculo Aubrey, composto por cavidades, constituía um dispositivo para prever os eclipses da Lua (GALDINO, 2011, p. 13).

> Olhando as pedras do local, Gerald Stanley Hawkins deduziu que os antigos astrônomos faziam observações de precisão do Sol e da Lua. Ele também sugeriu que o conjunto dos 56 buracos ao redor de Stonehenge fosse um computador primitivo. O grande astrofísico Fred Hoyle (1915-2001) aprimorou o modelo de Hawkins. Ele mostrou que os antigos astrônomos podiam mover um conjunto de quatro marcadores ao redor dos buracos para calcular os eclipses do Sol e da Lua (COUPER et al, 2009, pg. 18).

[29]O Período Paleolítico Superior coincide aproximadamente com a última glaciação. O homem de Cro-Magnon, que surgiu por volta de 40000 a.C., é o representante característico do período. Essa subespécie do Homo sapiens dividiu-se em várias culturas locais, distribuídas pela Espanha, Sul da França e Europa Centro-Oriental.

Figura 7: A pedra do calcanhar de Stonehenge.



Fonte: https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/historia-hoje/pedras-fundamentais-de-stonehenge-antes-da-humanidade.phtml

Os sumérios criaram o nosso primeiro calendário, baseado na lunação, com 29 dias, 12 horas e 44 minutos, formando 12 meses com 29 ou 30 dias.

Os egípcios Antigos realizavam a contagem do tempo com o máximo de rigor, relacionando em seus calendários as épocas da semeadura (*Pen*), de colheitas (*Shemu*), das inundações do rio Nilo (*Akket*) e consideravam o ano tendo três estações de quatro meses cada.

> A observação anual do atraso do nascer helíaco de *Sothis*, em relação ao calendário, fez com que os egípcios acabassem por descobrir um número bastante aproximado de duração do ano trópico: 365,25 dias ou 365 dias e 6 horas (MOURÃO, 1987, p.136).

Os meses egípcios compreendiam, respectivamente, aos seguintes: *Thoth, Phaophi, Athyr, Choiak, Tybi, Mechir, Phamenoth, Pharmouthi, Pachons, Payni, Epiphi, Mesore.*

O calendário egípcio foi reformulado pelos romanos em 46 a.C., que o batizaram como calendário Juliano em homenagem a seu imperador Júlio César (100 a.C. – 44 a.C.). Esse calendário apresentava como uma de suas características os meses com 30 e 31 dias, com exceção do mês de fevereiro, que possuía apenas 28 dias e que a cada 4 anos tinha um acréscimo de um dia, conhecido como ano bissexto, totalizando então 366 dias. Os respectivos meses no calendário Juliano eram: *Januarius, Februarius, Martius, Aprilis, Maius, Junius, Julius, Sextilis, September, October, November* e *December.*

No ano de 1582, o papa Gregório XIII (1502 – 1585) deu continuidade ao trabalho do papa Pio V (1566 – 1572), que havia solicitado uma reforma no calendário Juliano, que esteve em vigor sem modificações por 1.600 anos. Uma das motivações dessa reforma está associada ao início das estações do ano que no calendário Juliano não correspondiam com as datas previstas para o equinócio e o solstício, bem como não levavam em consideração as fases da Lua e os feriados cristãos, que muitas vezes eram festejadas em dias errados, como é o caso da Páscoa da Ressurreição[30].

> [...] como a santa Páscoa dos cristãos, que contém o momento mais alto da religião e do mistério da nossa redenção, a ser comemorado, de acordo com a lei divina e decreto dos Santos Padres do Concílio de Nicéia, entre o dia 14 da Lua e 21 do primeiro mês; que é realmente aquele que cai no equinócio da primavera, ou o que se segue imediatamente; aqueles Padres consideraram de grande interesse fixar certas datas no calendário, tanto para o equinócio quanto para o 14º da Lua, de modo que, como frequentemente acontecerá antes, nenhuma discórdia ou dissensão poderia existir em sua celebração. (MARINO, 2015, p. 10)

O principal autor dessa reforma foi o matemático e astrônomo Luigi Giglio (1510 – 1576). No ano de 1582, a reforma foi lançada pelo papa Gregório XIII como conclusão de um processo longo e difícil, pois nesta época a Igreja estava em um processo de transição pela Reforma Protestante[31] e pelo debate das teorias de sistemas do mundo, ptolomaico e copernicano. No ano de 1577, foi publicado o estudo sob o título de *Compendium novae rationis restituendi kalendarium* e com

---

[30]Páscoa da Ressurreição é uma festividade religiosa e um feriado que celebra a ressurreição de Jesus, ocorrida no terceiro dia depois da sua crucificação no Calvário, conforme o relato do Novo Testamento. É a principal celebração do ano litúrgico cristão, e também a mais antiga e importante festa cristã.

[31]Reforma Protestante foi um movimento de caráter religioso que marcou a passagem do mundo medieval para o moderno no século XVI liderado por Martinho Lutero.

algumas correções propostas pelo do matemático Christopher Clavius (1538 – 1612). O estudo do novo calendário se baseou na correção do calendário solar, correlacionado com a do calendário lunar, de modo que os dois ciclos, Sol e Lua, estavam de acordo um com o outro. O ano passa a ter uma duração de 365,2425 dias.

Há a necessidade de uma correção nesse calendário que estipula o acréscimo de um dia no mês de fevereiro a cada 4 anos, tal como era no calendário Juliano, com uma exceção nos intervalos de cada 100 anos que não sejam múltiplos de 400.

Para que esse calendário entrasse em vigor, foi necessário suprir os atrasos acumulado até então com a eliminação de 10 dias de atraso no calendário e reportando o equinócio da primavera para o dia 21 de março.

> A grande equação solar foi então operada, o que suprimiu 10 dias de 5 a 14 de outubro de 1582, após quinta-feira, 15 de outubro, na quinta-feira, 4 de outubro, criando uma ruptura no sistema de datação. O calendário juliano parou em 4 de outubro de 1582. (MARINO, 2015, p. 5).

O dia passa a ter 86.400 segundos e a semana um período de 7 dias. Os dias da semana são referências a alguns dos planetas do nosso Sistema Solar, batizados com os nomes de antigos deuses pagãos romanos, e ao Sol. O domingo homenageia o dia do Sol ou dia do Senhor (*Dies Dominica aut Solis dies*), na segunda-feira o dia da Lua (*Lunae dies*), na terça-feira o dia de Marte (*Martis dies*), na quarta-feira o dia de Mercúrio (*Mercurii dies*), na quinta-feira o dia de Júpiter (*Jovis dies*), na sexta-feira o dia de Vênus (*Veneris dies*) e sábado o dia de Saturno (*Saturni dies*). No dia 15 de outubro de 1582, o calendário gregoriano passa a entrar em vigor e está sendo utilizado até os dias atuais.

8.4 SISTEMA SOLAR

A contribuição dos pitagóricos para a Astronomia “não ficou limitada apenas nos movimentos aparente dos planetas, sugeriram que não só a Terra se move, mas também todo o Universo” (GLEISER, 1997, p. 57). Por volta de 450 a.C., o filósofo pré-socrático pitagórico Filolau de Crotona (470–385 a.C.), em seu livro “*Da natureza das coisas (peri physeos)*”, foi o primeiro a propor um sistema no qual a Terra gira em torno de um fogo central, não era o Sol e que não podia ser visto, porque ficava

sempre do lado oposto ao lado habitado da Terra. Este fogo central é o responsável ao vigor e a energia do cosmo, gerando inclusive a energia do Sol. "A primeira coisa harmoniosa ajustada, o centro da esfera, é chamada de Hésia, a lareira" (ESTOBEU, ECLOGAR, I .21.8)[32]."

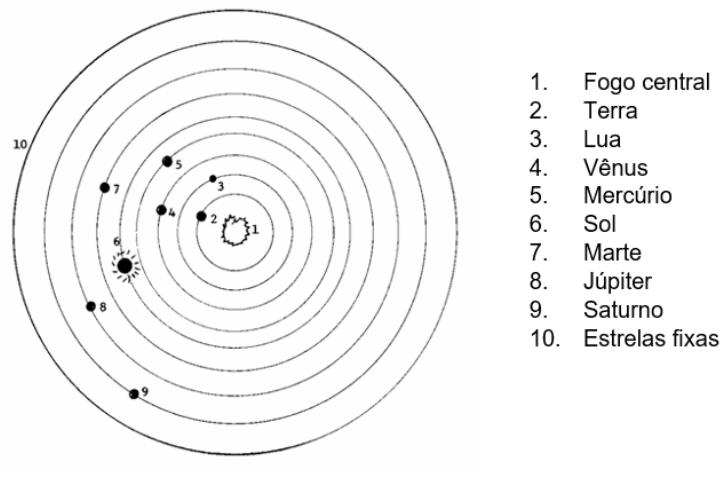
Nesta época,

> os gregos já conheciam algumas esferas celestes: Sol, Mercúrio, Vênus, Terra, Lua, Marte, Júpiter, Saturno e Urano e consideravam uma décima[33] esfera chamada de *antichton*, a anti-Terra[34], todas se movendo em órbitas circulares em torno do fogo central (PIRES, 2011, p. 333), [sendo esse considerado invisível]

Representando o centro do Universo esférico, o Sol é iluminado pela luz do fogo central, iluminando todo o universo visível.

> "O Sol (visível) era um reflexo do fogo central (invisível), e cada uma dessas esferas giravam de oeste para leste, completando uma revolução no período correspondente ao lado do astro que a mesma representava." (BASSALO, 1994, P. 39).

Figura 8: Sistema astronômico de Filolau.



Fonte: http://www.gea.org.br/historia/2004apostilaestrelasgalaxiascosmologia.htm.

[32] Tradução de C. Kahn. In: KAHN, C. Pitágoras e os Pitagóricos: uma breve história. Trad. De Borges, L. C. São Paulo: Loyola, 2007, p. 46.
[33] O Sistema Planetário de Filolau foi composto por dez corpos celestes, uma analogia ao número 10 que é considerado um número místico/divino para os pitagóricos, no qual, denomina-se a perfeição.
[34]Entre o fogo central e a Terra existia um outro planeta, invisível, que Filolau chamou de anti-Terra.

Filolau relacionou na sua teoria os eclipses lunares, sendo mais habituais que os eclipses solares, pois concebe a sombra da Terra projetada na Lua e a sombra do planeta anti-Terra**.**

Platão (428 - 347 a.C.), discípulo de Sócrates, encorajou seus pupilos a estudar o céu e os movimentos celestes. As suas contribuições para a cosmologia são: a representação da forma esférica e a equidade da velocidade angular dos corpos celestes. Propôs aos seus alunos um desafio de como descrever uma hipótese sobre as irregularidades e detalhes dos movimentos planetários, este desafio ficou conhecido com a expressão "*salvar os fenômenos*". Através de modelos matemáticos explicou os fenômenos observados no céu, como é relatado por Simplicios da Cilícia (490-560 a.C.), em *In Aristotellis quartor libros de Coelo*:

> Platão admite, em princípio, que os corpos celestes se movimentam com um movimento circular, uniforme e constantemente regular [35]; ele coloca então este problema aos matemáticos: quais são os movimentos circulares, uniformes e perfeitamente regulares que convém tomar como hipótese, a fim de poder salvar as aparências apresentadas pelos planetas. (DUHEM, 1984, pg. 7).

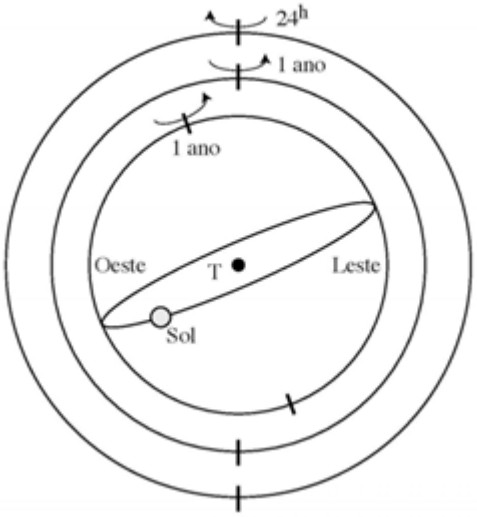
O filósofo e matemático Eudoxo de Cnido (408-347 a.C.) estudou em Atenas com Platão, e propôs uma solução ao desafio. O seu modelo demonstra não só o seu domínio da geometria, "mas baseava em uma série de esferas concêntricas, com a Terra imóvel no centro, uma espécie de Universo em forma de cebola*"* (GLEISER, 1997, p. 70), conhecido como esferas homocêntricas. Eudoxo contava com um total de 27 esferas imaginárias para descrever os movimentos dos objetos celestes, sendo distribuídas quatro esferas para cada planeta, três esferas para o Sol, três esferas para a Lua e uma esfera para as estrelas.

A esfera mais externa (a das estrelas) era responsável pela rotação diária do céu, completando um giro de 24 horas. A próxima esfera controlaria a rotação do planeta através do zodíaco e cada planeta tem a sua própria velocidade e período de rotação. Duas esferas internas giram com velocidades iguais, mas com sentidos contrários em torno de eixos diferentes.

---

[35] Quer dizer, sempre no mesmo sentido.

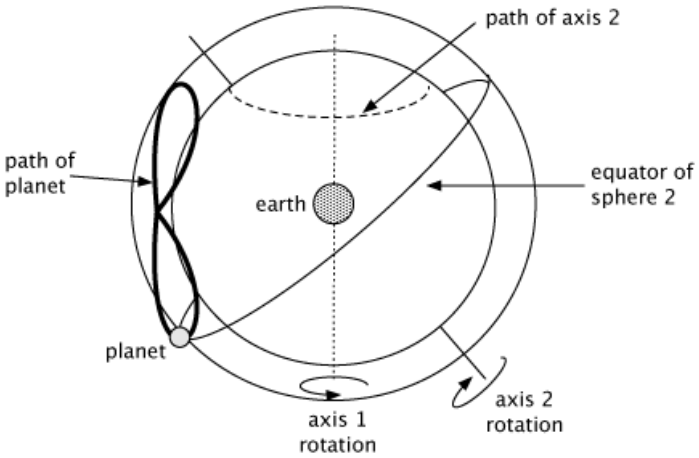
Figura 9: Modelo de Eudoxo.



Fonte: Universidade de São Paulo (USP) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) extraído da obra Astronomia de Posição - Gastão Bierrenbach Lima Neto.

Eudoxo constatou que as combinações dos movimentos das suas esferas inferiores geravam uma figura com rotação própria na forma de oito, descrevendo aproximadamente um movimento retrógrado[36]. Esta teoria explica as estações dos anos, mas no caso de Marte as esferas homogêneas apresentavam divergências nas observações. Esse modelo pode ser considerado como o marco para a astronomia de posição.

Figura 10: O planeta fazendo uma volta em forma de oito.

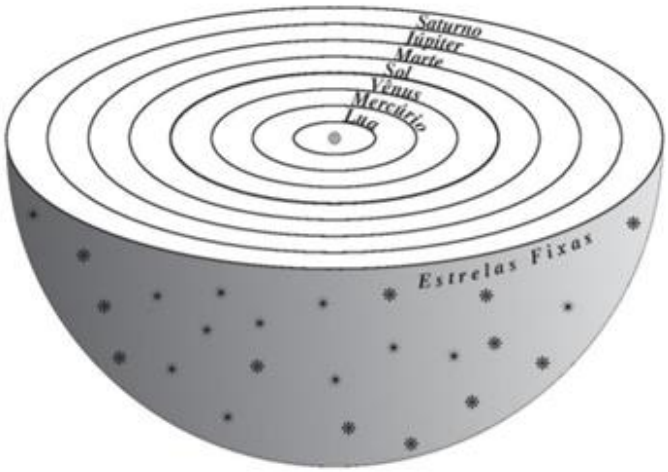


Fonte: http://www.themcclungs.net/astronomy/people/eudoxus.html.

[36] Todo movimento que se efetua no sentido oposto ao movimento direto (q.v.). (MOURÃO, 1987, p. 552)

O modelo foi modificado duas vezes. A primeira vez por Calipo, seu discípulo, com a adição de sete esferas para melhorar a explicação do movimento retrógrado, sem mudar a estrutura básica.

Figura 11: Universo de Aristóteles



Fonte: Universidade de São Paulo (USP) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) extraído da obra Astronomia de Posição - Gastão Bierrenbach Lima Neto

A segunda modificação foi realizada por Aristóteles, que estava insatisfeito com Eudoxo, construindo um modelo com esferas reais e não imaginárias. “O movimento dos objetos celestes era causado pelo contato direto com as esferas, para poder descrever o seu movimento celeste” (GLEISER, 1997, p. 72). Aristóteles utiliza em seu modelo quarenta e nove esferas, sendo seis do modelo de Eudoxo, descrevendo o movimento do Sol e da Lua, vinte e três esferas de Calipo, relativo aos planetas; e acrescenta, exceto para a Lua, esferas compensadoras, conforme a tabela 2, restituintes de movimento, pois, por serem concêntricas e o movimento ser transmitido da periferia para o centro, acarretam as esferas internas serem mais rápidas. “É necessário a existência de esferas intercaladas, com movimento inverso, para corrigir essa influência, sendo a quantidade destas esferas para cada astro igual a do astro menos uma.” (BARROS-PEREIRA, 2011, p. 4).

Os modelos astronômicos continuam se aperfeiçoando e culminando na obra *Almagesto,* de Ptolomeu, onde adota o modelo geocêntrico, pois a Terra, embora

imóvel, não é o centro de todos os movimentos dos orbes[37]. Este livro simboliza a maior conquista da astronomia antiga, pois explica matematicamente, não somente os movimentos do Sol e da Lua, como também todos os movimentos celestes.

Tabela 2: Números de esferas dos sistemas de Eudoxo, Calipo e Aristóteles.

	Eudoxo	Calipo	Restituintes	Aristóteles
Lua	3	5	-	3
Sol	3	5	2	5
Mercúrio	4	5	4	9
Vênus	4	5	4	9
Marte	4	5	4	9
Júpiter	4	4	3	7
Saturno	4	4	3	7
Total	26	33	20	49

O modelo ptolomaico apresenta os seguintes aspectos:

> os planetas tinham órbitas circulares de um ponto ideal ou deferente[38], um segundo movimento em torno dela chamado de epiciclo[39] . A combinação da órbita com o epiciclo provocava os movimentos observados dos planetas tais como aqueles chamados de retrógrados (HORVATH, 2008, p. 42).

Consequentemente, sendo o maior sucesso entre as teorias e as observações realizadas com o auxílio dos movimentos circulares.

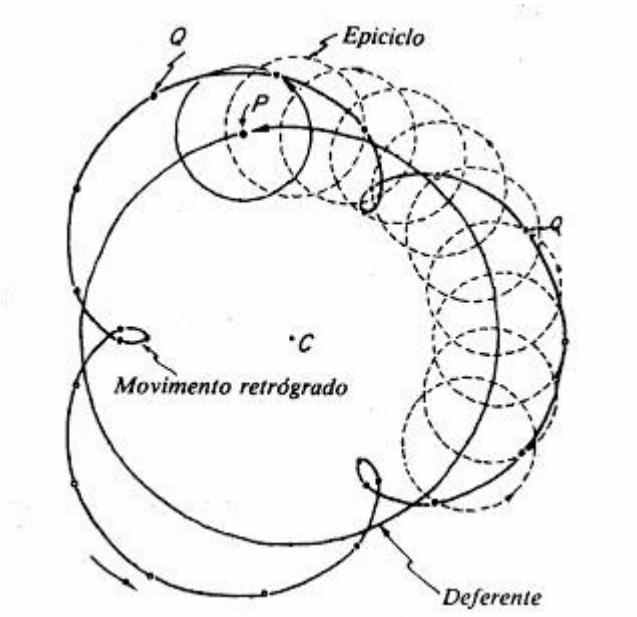
---

[37]Um corpo esférico, especialmente uma esfera celeste, como a Lua, um planeta, ou um satélite artificial com esse formato.

[38] Deferente no sistema geocêntrico de Ptolomeu, órbita circular, com a Terra fixa em seu centro, e ao longo da qual um planeta fictício realiza uma revolução aparente, enquanto o planeta real revoluciona em outra órbita (epiciclo), também circular, centrada sobre o planeta fictício; círculo deferente (MOURÃO, 1987, p. 224).

[39] Epiciclos: No sistema cosmológico de Ptolomeu, círculo cujo centro descrevia um outro círculo (deferente, excêntrico) sobre o qual cada planeta, a Lua, o Sol (e, às vezes, o centro de um outro epiciclo) se deslocava com um movimento uniforme em torno da Terra. (MOURÃO, 1987, p. 266).

Figura 12: Representação dos movimentos: deferente e epiciclo



Fonte: https://sites.google.com/site/cngdownloads/astronomia/ptolomeu

Como o Sol não retrocede em seu movimento, não precisa de um grande epiciclo, descrevendo dessa forma um círculo excêntrico.

> Os planetas tampouco parecem descrever círculos iguais e paralelo ao plano da eclíptica. Eles têm, portanto, um movimento real que se combina com o movimento aparente que o nosso espírito lhe atribuiu. Copérnico admite que cada um deles descreve um círculo em torno do Sol; o movimento da Terra, que, além disso, nós transferimos para eles por meio do pensamento, produz então as mesmas aparências que existiriam se cada planeta girasse em um ano em epiciclo igual à órbita terrestre arrastada sobre a órbita verdadeira do planeta - que parece desempenhar, assim, o papel do deferente de Apolonius [...] o sistema do mundo aparece pela primeira vez e seu harmonioso conjunto (BERTHAND, 2008, p. 29).

No caso da Lua, a sua distância fica mais próxima da Terra nos quartos crescente e minguante e mais distante na Lua nova e cheia. A Lua deslocava sobre um epiciclo que se move em um círculo excêntrico, sendo constante a sua velocidade angular do epiciclo em relação à Terra e não em relação ao centro.

Para explicar os movimentos dos planetas com o movimento retrógrado é necessário um modelo com epiciclos.

> Ptolomeu usa o movimento do epiciclo sobre o deferente, que permite "salvar as aparências", corrigindo a irregularidade apresentada pelo Sol - e, também, pelos planetas- ao não percorrer arcos de circunferência iguais e tempos iguais, constatada observacionalmente, pela composição de movimentos

> circulares e uniformes em relação ao centro do epiciclo com o centro do círculo deferente (TOSSATO, 1997. P. 23).

Para evidenciar algumas irregularidades no modelo de Ptolomeu - como os períodos estacionários, o movimento em sentido oposto ao normal e a variações de velocidade e de luminosidade - o astrônomo e matemático polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), frequentemente chamado como astrônomo moderno, realizou estudos para um novo modelo para explicar os movimentos planetário de maneira mais simples. A hipótese do modelo heliocêntrico é comentada por Copérnico no seu estudo *Commentariolus*, tendo uma grande contribuição à astronomia.

O modelo heliocêntrico inicialmente foi proposto por volta de III a. C pelo matemático e astrônomo Aristarco de Samos (310 a.C. - 290 a.C.). A obra *Commentariolus* descreve seus estudos sobre as medidas do Sol serem muito maiores que as da Terra, corroborando com a ideia de a Terra girar em torno do Sol, segundo o registro de Arquimedes:

> Aristarco de Samos produziu um livro contendo certas hipóteses, no qual as premissas conduzem à conclusão de que o universo é muito maior do que dizemos. suas hipóteses são de que as estrelas fixas e Sol permanecem imóveis, que a Terra se move em torno do Sol na circunferência de um círculo, com o Sol, o seu centro […]. (Zabo, 2017, p. 140).

Sobre os movimentos celestes de Copérnico, algumas exigências no seu modelo foram descritas no *Commentariolus*:

a) Não existe um centro único de todos os orbes celestes.
b) O centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar.
c) Todos os orbes giram em torno do Sol, como se ele estivesse no meio de todos; portanto, o centro do mundo está perto do Sol.
d) A razão para a distância do Sol à Terra e a altura do firmamento é menor que a razão entre o raio da Terra e a sua distância ao Sol, e com muito mais razão esta é insensível confrontada com a altura do firmamento.
e) Qualquer movimento aparente no firmamento não pertence a ele, mas à Terra. Assim, a Terra, com os elementos adjacentes, gira em torno dos seus pólos invariáveis em um movimento diário, ficando permanentemente imóveis o firmamento e o último céu.

f) Qualquer movimento aparente do Sol não é causado por ele, mas pela Terra e pelo nosso orbe, com o qual giramos em torno do Sol como qualquer outro planeta. Assim, a Terra é transportada por vários movimentos.

g) Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos planetas não pertencem a eles, mas à Terra. Apenas o movimento desta é suficiente para explicar muitas irregularidades aparente do céu.

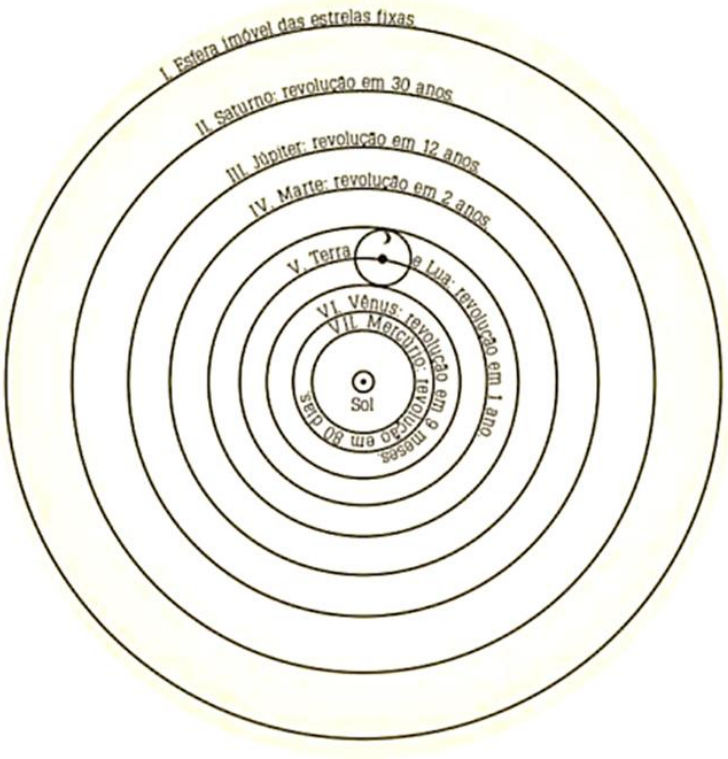
Os orbes celestes se encaixam na seguinte ordem: às estrelas fixas no orbe mais afastado, imóvel e que contém todas as coisas, abaixo dele Saturno, Júpiter, Marte, Terra, Vênus e Mercúrio, apresentando menores velocidades angulares aos planetas mais distantes. O orbe da Lua gira em torno do centro da Terra, como um epiciclo, conforme figura 13.

Em sua obra "*De revolutionibus orbium caelesti*"[40], publicada no ano da sua morte, Copérnico descreve que: a Terra viaja regularmente para leste na sua órbita uma vez por ano, simultaneamente em seu eixo uma vez em cada 23 horas e 56 minutos e a esfera de estrelas está estacionária.

> Como a órbita da Terra é muito menor do que a esfera de estrelas, a rotação axial da Terra explicará precisamente os círculos diurnos do Sol, da Lua e dos planetas, assim como o das estrelas, porque em qualquer posição da órbita da Terra todos estes corpos devem ser vistos sobre a esfera de estrelas e devem parecer mover-se com ela, enquanto a Terra gira. (KHUN, 2017, p. 178).

[40]*Revolutionibus orbium caelestium libri* VI (Revolução dos Orbes Celestes em 6 volumes) foi editado em 1543, postumamente, no ano de sua morte. Com tal expediente, Copérnico evitou o confronto com a Inquisição. No entanto, um prefácio (não autorizado) foi inserido, advertindo o leitor de que o conteúdo é um método de cálculo de posições de planetas, e não uma realidade objetiva. Em seu tratado, Copérnico realiza uma sistematização quantitativa da teoria heliocêntrica. (http://plato.if.usp.br/1-2003/fmt0405d/apostila/renasc7/node3.html)

Figura 13: A ordem dos planetas segundo Copérnico.

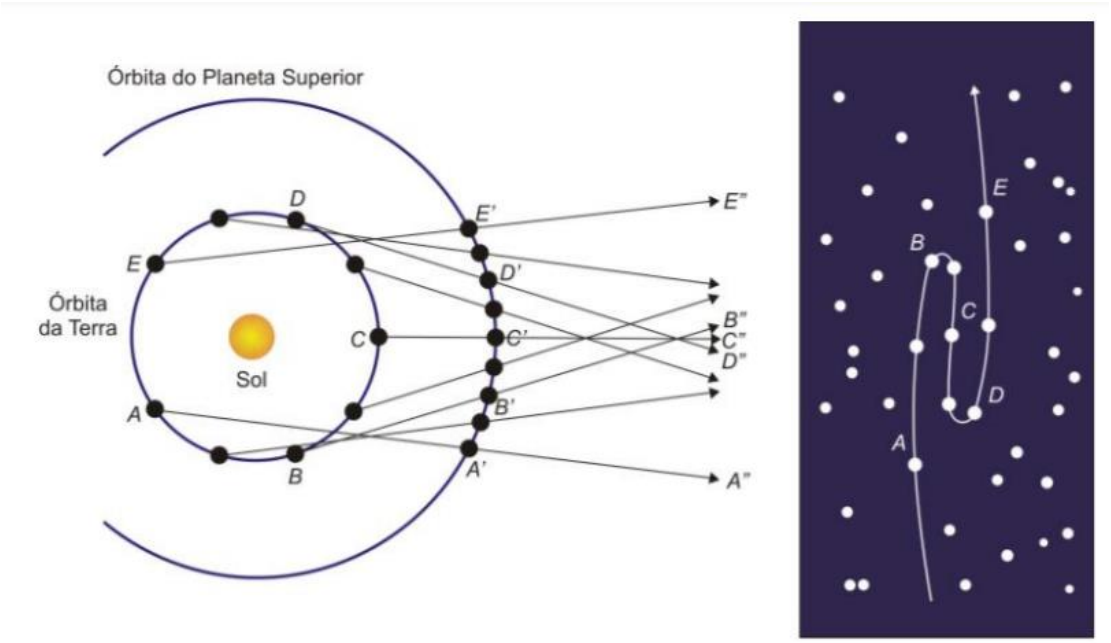


Fonte: http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula5-122.pdf.

No modelo copernicano, os planetas vistos da Terra movem-se de leste para o oeste na maior parte do tempo. Para compreender o movimento retrógrado dos planetas, como é representado na figura 14, é necessário que a Terra ultrapasse os planetas superiores, com um movimento orbital mais rápido, ou quando os planetas inferiores ultrapassem a Terra, ou seja, quando a Terra está mais próxima ao planeta observado. Copérnico (2014, p. 431) menciona na sua obra:

> Há dois movimentos em longitudes nos planetas completamente diferentes. Um é provocado pelo movimento da Terra atrás mencionado e o outro é o próprio de cada um. Decidimos chamar, com toda a propriedade, ao primeiro, um movimento paralático, pois ele é dá origem às estações, progressões e regressões em todos eles não porque o planeta, que sempre se move para a frente, com seu movimento próprio, assim ande errante, mas porque uma espécie de paralaxe é produzida pelo movimento da Terra, [...].

Figura 14: Movimento retrógrado de um planeta superior.



Fonte:http://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/Aula5-122.pdf

Na segunda metade do século XVI, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) foi um astrônomo e teólogo cosmológico, tendo como base o modelo ptolomaico. Tycho concordava com o modelo copernicano, mas ele não conseguiu medir a paralaxe decorrente do movimento da Terra em torno do Sol, como prevê o geocentrismo de Ptolomeu. Isso foi interpretado por ele como uma evidência de que era o Sol que girava em torno da Terra e não o contrário. Por isso, seu modelo é geo-heliocêntrico.

Tycho, por ser um astrônomo observacional, é uma grande contribuição nas mudanças técnicas de observação astronômicas e nos padrões de exatidão exigidos nos dados astronômicos. Suas observações eram a olho nu, uma vez que o telescópio foi inventado por meados do século XVII por Galileu Galilei, com o auxílio de instrumentos novos e maiores (quadrante, equante, sextante [41] e a esfera equatorial[42]), que foram detalhados em sua obra *Astronomiae instaurate mecânica.*

[41] Instrumento criado pelo próprio Tycho Brahe, que determina as posições dos astros no céu . Contém um arco de 60º com uma alidade (dispositivo mecânico para obter ângulos – afastamentos angulares – através de alinhamentos ópticos), com duas pínulas que apontam o astro, montado sobre uma coluna (TOSSATO).

[42] A esfera equatorial, de maneira a visualizar com mais precisão os aspectos da projeção do equador da Terra.

> Os mais importantes são o quadrante, que é um instrumento de visada já conhecido na antiguidade. Seu objetivo é determinar a altura de um astro celeste. Constitui-se de um quarto de círculo, dividido em graus. Colocando uma das bordas do quadrante na linha do horizonte, obtém-se o grau de altura do astro. Um fio de prumo indica o ângulo igual à altura do astro sobre o horizonte (TOSSATO).

Para resolver problemas dos dados observacionais, Brahe construiu o observatório patrocinado pelo rei da Dinamarca, Frederic II (1534-1588), na ilha báltica de Hveen, onde realizava observações regulares com grande habilidade, estabelecendo novas técnicas para a tabulação de dados exatos sobre a informação de planetas e das estrelas. Apresentou uma exatidão de 1” de arco para a posição de estrelas e para a posição planetário de 4’ de arco, “mas ainda importante do que a exatidão das observações individuais de Brahe era a solidez e o alcance de todo o conjunto de dados que ele juntou” (KHUN, 2017, p. 216).

Propôs uma substituição do sistema ptolomaico para o ticônico, onde a Terra está mais uma vez no centro geométrico de uma esfera estelar rotativa, e a Lua e o Sol movem-se nas suas velhas órbitas ptolomaicas – centradas na Terra. Os outros planetas estão, no entanto, fixos em epiciclos cujo centro é o Sol e o seu movimento é de leste para oeste. Este modelo é geo-heliocêntrico.

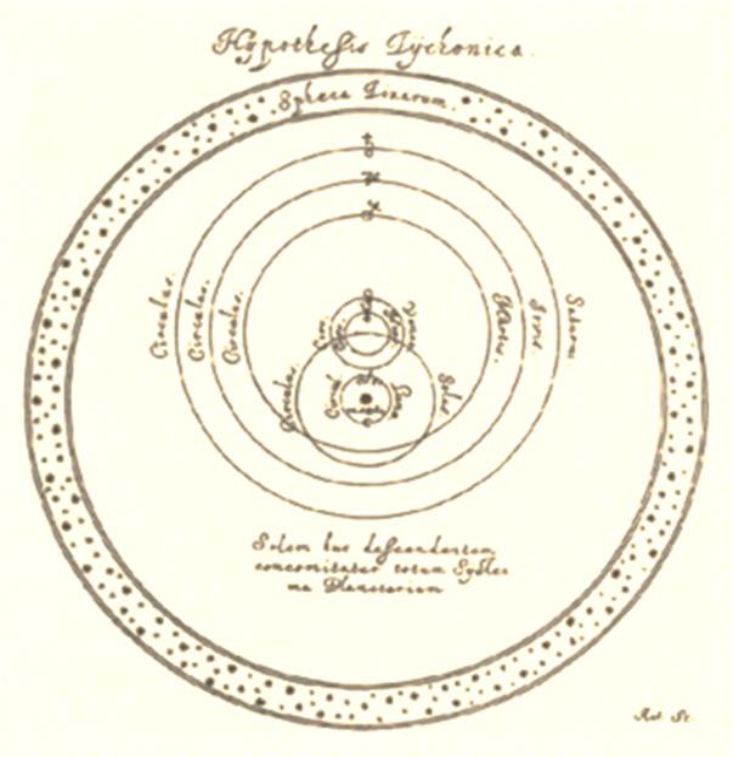
Um ano antes de sua morte, em Praga, na corte do imperador Rodolfo, da Boêmia, Tycho convida o jovem matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630) para trabalhar nas análises de seus dados colhidos durante os vinte anos de observação.

Kepler, ao analisar por cerca de dez anos os registros minuciosos de Tycho das condições do céu, forneceu embasamento para encontrar a verdade nos movimentos celestes.

Como os novos cálculos das órbitas de Marte e da Terra davam um erro de 8’ de arco, o dobro das observações de Tycho que tinham uma exatidão de 4’ de arco, Kepler concluiu que nenhum sistema baseado em círculos compostos resolveria o problema da órbita de Marte. Tentou outras formas geométricas, sem sucesso, e observou:

> [...] as discrepâncias variavam numa forma matemática que lhe era familiar, ao investigar essa regularidade, descobriu que à teoria da observação podiam ser conciliadas se os planetas se movem em orbitas elípticas com velocidades variáveis. (KHUN, 2017, p. 227).

Figura 15: Modelo ticônico



Fonte:https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Tychonico

Em seu livro *Sobre o Movimento de Marte,* publicado em 1609, consegue confirmar os movimentos dos planetas em um universo copernicano. Como a maior quantidade de dados era de Marte, conseguiu traçar as posições da Terra no período de um ano sideral de Marte, verificando que a Terra possui uma trajetória de um círculo excêntrico e que o Sol está um pouco afastado do centro. Seus estudos levaram a enunciar três leis fundamentais para a Astronomia:

a) Lei das órbitas elípticas (1609): a órbita de cada planeta é uma elipse com o Sol em um dos seus focos. Como consequência a distância da órbita ser elíptica, a distância do Sol ao planeta varia ao longo de sua órbita.
b) Lei das áreas (1609): a reta unindo o planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais. Quanto mais próximo o planeta estiver do Sol,

maior será a sua velocidade, isto demonstra que a velocidade orbital não é uniforme, mas varia de forma regular.

c) Lei dos períodos (1618): o quadrado do período orbital dos planetas é diretamente proporcional ao cubo da distância média ao Sol, ou $(T_1/T_2)^2 = (R_1/R_2)^3$. Planetas com órbitas maiores se movem com velocidades angulares menores em torno do Sol, isso implica que a força entre o Sol e o planeta decresce com a distância do Sol.

Por volta da década de 1610, Galileu Galilei (1564-1642), pai da moderna física experimental e da astronomia telescópica, construiu o seu primeiro telescópio com o aperfeiçoamento do instrumento do fabricante de lentes o holandês Hans Lippershey (1570-1619), que em “meados do ano de 1609, espalhou-se por Veneza a notícia de que certos instrumentos, fabricados na Holanda por Lippershey que permitia perceber distintamente os objetos afastados” (BERTRAND, 2008, p. 118), conhecido como lente espiã. Ao apontar o seu telescópio para o céu, os objetos pareciam estar agora a um terço da distância e nove vezes maiores que ao vê-los só com o olho nu.

Galileu realizou várias descobertas astronômicas, como, dentre os exemplos: que a Via Láctea possuía várias estrelas, os quatro satélites de Júpiter (Io, Europa, Ganimedes e Calisto), Vênus passa por ciclos de fases, os relevos da superfície da Lua e as manchas do Sol, pequenas estruturas nebulosas como as nebulosas. Essas descobertas corroboraram nas evidências do sistema heliocêntrico de Copérnico.

Os conceitos e embasamentos dos estudiosos citados até agora foram de suma importância para Isaac Newton no desenvolvimento da teoria da Gravitação Universal, como é descrito em seu livro *Principia*. Os fenômenos naturais relatados neste livro são: o movimento aparente da Lua, dos cometas, dos planetas, o efeito das marés e o movimento dos corpos celestes baseado no princípio da gravitação universal.

> [...] através de observações astronômicas que todos os corpos ao redor da Terra gravitam em direção à Terra, sendo isto em proporção à quantidade de matéria que cada um contém; que a Lua gravita da mesma forma em direção à Terra de acordo com a quantidade de sua matéria. (NEWTON, 2017, p. 187).

No seu Livro III, em 1687, escreve as seguintes proposições:

I. Que as forças com que os planetas que circundam Júpiter são continuamente desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas próprias órbitas tendem ao centro de Júpiter e são inversamente proporcionais aos quadrados das distâncias dos lugares destes planetas em relação a este centro.

II. Que as forças com que os planetas primários são continuamente desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas próprias órbitas tendem ao Sol e são inversamente proporcionais ao quadrado das distâncias dos lugares destes planetas ao centro do Sol.

III. Quer a força com que a Lua é mantida em sua órbita tende para a Terra e é inversamente proporcional ao quadrado da distância de seu lugar ao centro da Terra.

IV. Que a Lua gravita em direção á Terra e que é desviada continuamente de um movimento retilíneo e mantida em sua órbita pela força da gravidade.

V. Que os planetas que circundam Júpiter gravitam em direção a Júpiter, os que circundam Saturno em direção a Saturno, os que circundam o Sol em direção ao Sol, sendo desviados dos movimentos retilíneos e mantidos em suas órbitas pelas forças de suas gravidades.

VI. Que todos os corpos gravitam em direção a todos os planetas e que os pesos dos corpos em direção a qualquer um dos planetas, a distâncias iguais do centro do planeta, são proporcionais às quantidades de matéria que eles contêm.

VII. Que há um poder da gravidade pertencente a todos os corpos, proporcional às várias quantidades de matéria que eles contêm.

VIII. Se em suas esferas gravitando uma em direção à outra, a matéria é semelhante em todos os lugares circundantes e equidistantes dos centros, e o peso de cada esfera em direção à outra será inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros.

IX. Que a força da gravidade, considerada para baixo a partir da superfície dos planetas, descreve aproximadamente na proporção das distâncias ao centro dos planetas.

X. Que os movimentos dos planetas nos céus podem persistir por um tempo extremamente longo.

XI. O centro de gravidade comum da Terra, do Sol, e de todos os planetas, está imóvel.

XII. Que Sol é agitado por um movimento contínuo, mas nunca se afasta muito do centro comum de gravidade de todos os planetas.

XIII. Os planetas movem-se em elipse que têm seu foco comum no centro do Sol e, a partir de raios traçados até este centro, descrevem áreas proporcionais ao tempo de percurso.

XIV. Os afélios e nós das órbitas dos planetas são fixos.

XV. Achar os diâmetros principais das órbitas dos planetas.

XVI. Achar a excentricidade e afélios dos planetas.

XVII. Que os movimentos diurnos dos planetas são uniformes e que a libração da Lua surge de seu movimento diurno.

> XVIII. Que os eixos dos planetas são menores do que os diâmetros traçados perpendicularmente aos eixos.
>
> XIX. Achar a proporção do eixo de um planeta para os diâmetros perpendiculares a ele.
>
> XX. Achar e comparar entre si os pesos dos corpos em regiões diferentes de nossa Terra.
>
> XXI. Que os pontos equinociais retrocedem, e que o eixo da Terra, por uma nutação em cada revolução anual, oscila duas vezes em direção a eclíptica, retornando as mesmas vezes para sua posição anterior.
>
> XXII. Que todos os movimentos da Lua e todas as desigualdades destes movimentos seguem os princípios que estabelecemos.
>
> XXIII. Derivar os movimentos desiguais dos satélites de Júpiter e de Saturno a partir dos movimentos de nossa Lua.
>
> XXIV. Que o fluxo e refluxo do mar surge das ações do Sol e da Lua.
>
> XXV. Descobrir as forças com que o Sol perturba os movimentos da Lua.
>
> XXVI. Descobrir o aumento horário da área que a Lua descreve numa órbita circular, a partir de um raio traçado até a Terra.
>
> XXVII.A partir do movimento horário da Lua descobrir sua distância da Terra.
>
> XXVIII. Descobrir a variação da Lua.
>
> XXIX. Descobrir o movimento horário dos nós da Lua numa órbita circular.
>
> XXX. Descobrir o movimento horário dos nós da Lua numa órbita elíptica.
>
> XXXI. Descobrir o movimento médio dos nós da Lua.

Com o estudo destas proposições e com a sua terceira lei do movimento, "*para toda ação existe uma reação de mesma intensidade e sentido contrário ao movimento*", Newton avança no estudo do problema dos corpos deixado por seus antecessores e reelaborou as condições dos movimentos planetários regidas pelas leis de Kepler.

Descreve ainda que o centro do nosso sistema não é a Terra e nem o Sol, reformulando o sistema heliocêntrico para um centro imóvel que tendem as forças que movem os planetas, Newton pode estabelecer na Proposição XIII as órbitas elípticas e a leis das áreas para o movimento planetário.

> [...] o centro comum de gravidade da Terra, do Sol e de todos os planetas deve ser considerado como o centro do mundo. Pois como a Terra, Sol e todos os planetas gravitam em direção um do outro, como a Terra, o Sol e todos os planetas gravitam em direção um ao outro, estando, portanto, de acordo com seus poderes de gravidade, em agitação contínua, como requerem as Leis de Movimentos, é evidente que seus centros móveis não podem ser tomados como o centro imóveis do mundo. Se fosse ser colocado

> no centro um corpo em direção ao qual mais gravitassem os outros corpos (de acordo com a opinião comum), este privilégio deveria ser dado ao Sol. Mas como o próprio Sol é móvel, e para ser escolhido um ponto fixo em relação ao qual o Sol é móvel, é para ser escolhido um ponto fixo em relação ao qual o Sol se afaste o mínimo e a partir do qual ele se afastaria ainda menos se o corpo ao Sol fosse mais denso e maior, portanto menos apto a ser movido. (NEWTON. 2017, p. 209).

9. CONTEÚDOS DO CURSO DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

O estudo da termodinâmica é abordado no primeiro semestre do segundo ano do Ensino Médio, segundo o Currículo do Estado de São Paulo, com o enfoque nos processos de trocas de calor no cotidiano para compreender o comportamento da matéria através da variação do gradiente com o estudo da dilatação térmica, fenômenos atmosféricos e as leis da termodinâmica. No segundo semestre o estudo é destinado à radiação eletromagnética para a compreensão da natureza e do comportamento da luz.

9.1. CONTEXTO HISTÓRICO DA LUZ

Na Grécia Antiga, por volta de 295 a.C., Euclides de Alexandria, no seu tratado *Optica,* discorreu sobre a geometria da visão, sendo a primeira elaboração em torno da óptica geométrica, com grande contribuição para a introdução elementar à Astronomia. Dentro desse estudo, Euclides descreve a luz como raios que partiam dos olhos até o objeto na forma de cone visual. Foi uma das teorias difundidas na Idade Média e no Renascimento, utilizando a ótica geométrica e perspectiva ao tomar o olho humano como o ponto de linhas de visão, onde o olho emite os raios visuais (ápice do cone) que atinge o objeto (base do cone).

A “geometria do cone euclidiano funciona para uma concepção de visão ativa” (TOSSATO, 2005, p.425). Deste modo, Euclides notara que a luz viaja em linha reta e descreve a lei da reflexão[43]. Em sua obra, ele postula sete propriedades para compreender os fenômenos ópticos na linguagem matemática:

1. Os raios retilíneos procedentes do olho divergem indefinidamente;

[43]O fenômeno da reflexão é descrito por duas leis - as leis da reflexão. A primeira lei: O plano de incidência coincide com o plano de reflexão. A segunda lei: O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

2. A figura contida por um grupo de raios visuais é um cone, do qual o vértice localiza-se no olho e a base na superfície do objeto visto;
3. As coisas que são vistas sob os raios visuais diminuem e as coisas que não são vistas sob os raios visuais não diminuem;
4. As coisas vistas sob um ângulo grande parecem largas e aquelas sob um ângulo pequeno parecem menores, e aquelas sob ângulos iguais parecem iguais;
5. As coisas vistas sob um ângulo visual amplo parecem amplas e as coisas vistas sob um ângulo visual reduzido parecem reduzidas;
6. Similarmente, as coisas vistas sob raios mais afastados para a direita parecem mais afastadas para a direita e coisas vistas sob raios mais afastados para a esquerda parecem mais afastadas para a esquerda;
7. As coisas vistas sob ângulos maiores são vistas mais claramente.

O filósofo romano Tito Lucrécio Caro (99 - 55 a.C) defendia a ideia de que a luz era composta por pequenas partículas (fótons), que seria a primeira ideia da teoria corpuscular da luz: "A luz e o calor do Sol, estes são compostos de pequenos átomos os quais, quando são emanados, não perdem tempo em atravessar o espaço interno de ar na direção imposta pelo emanador" (PEREIRA, 2016, p. 10).

A proposta de Lucrécio não foi bem aceita, a lei de propagação retilínea e a lei da reflexão foram justificadas posteriormente pelo matemático grego Heron de Alexandria (10-75 d.C.), a partir da ideia de que o caminho percorrido pela luz é o mais curto possível quando refletido por um espelho plano.

A óptica de Cláudio Ptolomeu teve o enfoque nas questões precisas do funcionamento da visão, fenômenos da refração[44] mas infelizmente não conseguiu uma formulação matemática satisfatória. Ele coletou dados experimentais da refração e do ângulo de incidência e desvio da refração da luz, entre vários meios, e sugeriu que esses ângulos eram proporcionais.

O físico e matemático Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haitham (965-1040), conhecido como o segundo Ptolomeu e pai da óptica moderna na Europa Ocidental, aperfeiçoou

[44] Refração: Mudança brusca ou progressiva na direção de propagação de uma onda eletromagnética, provocada pela variação no espaço do índice de refração do meio atravessado. (MOURÃO, 1987, p.676).

a lei da refração, estabelecendo que as direções de incidência e de reflexão se encontram no mesmo plano normal à superfície, para ângulos pequenos. Na sua obra *O Livro de Óptica*, *Kitab al-Manazir,* descreve o funcionamento da câmera escura pela propagação retilínea da luz com uma forma precisa de explicar o funcionamento do olho humano, explicando ainda o aumento aparente da Sol e da Lua quando perto do horizonte, através dos estudos da refração atmosférica.

Com o conhecimento da refração herdados dos gregos, o fabricante alemão de lentes, Hans Hans Lippershey (1570-1619) foi um dos primeiros a projetar uma luneta e a construir o telescópio, na Holanda, em 1608, com uma ocular côncava, dando um grande avanço nas pesquisas astronômicas. Galileu Galilei, em 1609, construiu seu próprio telescópio refrator[45], baseado no projeto de Lippershey e com um poder de ampliação de imagem de aproximadamente três vezes, conseguindo ver os acidentes geográficos da superfície lunar, estudou as fases de Vênus, parecidas com as da Lua, analisou os movimentos dos satélites de Júpiter e a rotação do Sol.

Em 1611, Kepler demonstra a lei de refração em pequenos ângulos com elaboração de fórmulas matemáticas da propagação dos raios, como é apresentado no livro *Dioptre*, que estabelece que os ângulos de incidência e refração são iguais, para sistemas de lentes finas. Em 1621, Willebrord Snell (1591-1626) introduziu a lei da refração (lei dos senos) para sistemas ópticos mais complexos que não eram tratados nos estudos de Kepler. A luz passa a ser tratada como onda segundo Sérgio Carlos Zilio (2009, p. 3) pela lei de Snell:

> A lei de Snell foi deduzida pela primeira vez em 1637, por René Descartes (1596-1650), que lançou mão de uma formulação matemática baseada em ondas de pressão num meio elástico. Aparentemente, esta foi a primeira vez em que a luz foi tratada como onda.

Ainda no século XVII, Pierre de Fermat (1601-1665), em 1657, deduziu a lei de Snell, utilizando o princípio do tempo mínimo e não mais pela distância mínima, como desenvolvido por Heron. Com este princípio, existe a possibilidade de estudar a trajetória curva da luz em meios não homogêneos, como exemplo as turbulências atmosféricas, o efeito miragem, as comunicações ópticas e os efeitos auto-induzidos.

---

[45] Telescópio refrator: Tipo de telescópio astronômico cuja objetiva é constituída por uma lente ou um sistema de lentes; luneta. Também se diz simplesmente refrator. (MOURÃO, 1987, p.780)

Tais estudos, ainda no século XVII, estão vinculados na construção de modelos de mecânica no campo da óptica, e os estudos do físico, matemático e astrônomo Christian Huygens (1629-1695), no ano de 1690, publicados no livro chamado *Tratado da Luz*, explicam, na sua primeira parte, as causas da reflexão e refração da luz. O seu estudo, ao analisar a luz, é comparado com os estudos da ondulatória, sendo a luz vista como pulsos independentes que se propagavam em meio especial chamado de *éter luminífero.* Em seu modelo explica-se algumas propriedades da luz: propagação retilínea, reflexão regular e difusa, refração baseadas na em uma "construção geométrica que permite dizer onde uma determinada frente de onda estará em um instante de tempo qualquer no futuro, se for conhecida a sua posição no presente" (HALLIDAY, 2014, p. 12). Esse princípio é enunciado por Huygens como:

> Todos os pontos em uma frente de onda podem ser considerados como fontes pontuais para a produção de ondas esféricas secundárias. Após um tempo t, a nova posição de uma frente de onda é a superfície tangente a essas ondas esféricas secundárias (HALLIDAY, 2014, p. 12).

Nos estudos da propagação da luz à longas distâncias, as ondas luminosas devem ter independência luminosa, e um raio luminoso não pode destruir outro raio luminoso ao se chocarem, como definido por Huygens, "raios visuais, provindos de uma infinidade de lugares, cruzam-se sem em nada atrapalharem-se uns aos outros" (HUYGENS, 1996, p. 11).

Huygens, em sua obra Tratado da Luz, compara a velocidade do som e da luz e argumenta que não se trata do transporte de um corpo com tal velocidade, mas do movimento sucessivo que passa de um aos outros; a velocidade da luz deveria manter-se constante idealizando um éter duro e de boa elasticidade.

> Creio que a melhor explicação para esse movimento é a suposição de que os corpos luminosos líquidos, como a chama - e aparentemente o Sol e as estrelas - são compostos por partículas que nadam em uma matéria muito mais sutil, que as agita com uma grande rapidez, e as faz chocaram-se contra as partículas do éter […] a agitação das partículas que geram a luz deve ser muito mais rápida e brusca do que a que causa o som dos corpos, pois não vemos que o tremor de um corpo que soa seja capaz de fazer nascer a luz, assim como o movimento da mão no ar não é capaz de produzir som (HUYGENS, 1996, p.17)

A velocidade da luz também foi estudada pelo astrônomo dinamarquês Ole Christensen Romer (1644-1710), através das observações astronômicas nos diferentes tempos entre os eclipses dos satélites de Júpiter, quando a Terra se

encontrava no mesmo lado do Sol que o citado planeta, por volta de 1676. O astrônomo deduziu que a velocidade da luz é finita, e obteve o resultado de 214.300.000 m/s. Essa pouca exatidão deve-se pela falta de dados precisos da época entre a distância da Terra até Júpiter.

Ainda no século XVII, Isaac Newton teve como base os estudos da refração e incidência, através da demonstração do movimento da luz do filósofo, matemático e físico René Descartes (1596-1650), e pelas teorias dos filósofos naturais Robert Boyle (1627-1691) e Walter Charleton (1619-1707) sobre a ideia grega do atomismo, onde a luz é composta por partículas discretas denominadas corpúsculos, descrevendo uma linha reta e com velocidade ilimitada (esta foi considerada até Huygens formular sua teoria). Newton publica então o primeiro artigo de sua carreira sobre o estudo da dispersão luz e suas cores, argumentando que a luz branca era uma mistura de diferentes tipos de raios que eram refratados em ângulos ligeiramente diferentes com cor espectral distintas, usando tanto a teoria corpuscular como a ondulatória para explicar a formação dos anéis coloridos, como publicado em seu livro *Opticks,* em 1704.

Uma experiência realizada em 1801, pelo físico britânico Thomas Young (1773-1829), corrobora com a teoria ondulatória de Huygens, onde a luz apresenta característica exclusivamente ondulatória através dos estudos do fenômeno de difração e da interferência.

> Uma série de bandas claras e escuras alternadas numa tela onde a luz tinha passado por duas fendas finas e diferentes. A interferência foi interpretada como as somas e diferenças da intensidade numa tela que são explicadas naturalmente como as somas e diferenças das ondas não coincidem em sua fase. (HORVATH, 2008, p. 91).

Em 1821, Augustin-Jean Fresnel (1788-1827) começou a estudar as propriedades dinâmicas do éter luminífero e, para isso, começou a examinar a propagação da luz em corpos cristalinos, deduziu as leis que regem a intensidade e a polarização de raios produzidos por reflexão e refração em superfícies espelhantes e refratoras, respectivamente, fosse tratada como uma onda puramente transversal, também calculou os coeficientes de reflexão para cada uma das componentes, chegando ao que hoje é conhecido como as equações de Fresnel.

> "*Permanece para mim a ser explicado, como pode que as moléculas* [do éter] *não sofram oscilações significativas que não aquelas na própria superfície das ondas, perpendiculares aos raios. Bastaria para isso supor uma lei de repulsão entre as moléculas* [do éter] *tal que a força que se opõe à aproximação mútua de duas lâminas de fluido é muito maior que aquela que se opõe ao deslizamento de uma com relação à outra.*" (Fresnel, 1821, p. 633).

10. CONTEÚDOS DO CURSO DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

No Currículo Paulista etapa do Ensino Médio, o estudo da Física com o objeto de conhecimento Matéria e Radiação visa aproximar os estudantes aos conhecimentos desenvolvimentos do século XIX nas relações e interações entre matéria e energia que estão presentes em fenômenos naturais e nos processos tecnológicos.

10.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA ESPECTROSCOPIA

No ano de 1814, o físico alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826) publica um artigo sobre seus estudos das observações do espectro solar, onde relata a presença de linhas escuras. Essas linhas foram nomeadas por letras, sendo a letra A para o vermelho escuro, D para o amarelo claro e o H para o violeta. No ano de 1819, o citado físico relacionou estas linhas pelo comprimento de onda da luz com o auxílio de uma rede de difração. As 600 linhas estudadas por Fraunhofer puderam caracterizar a composição dos elementos químicos na atmosfera do Sol e de outros objetos relacionados com a assinatura espectral das transições eletrônicas características de um elemento químico, por volta de 1823.

Em 1856, o químico alemão Robert Wilhelm Bunsen (1811 - 1899) inventou o bico de gás (bico de Bunsen), que tinha chama incolor, de maneira que, quando um elemento químico era colocado sobre a chama, as cores emitidas eram as da substância, e não da chama.

O Bunsen juntamente com o físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), em seus trabalhos começaram a estabelecer uma relação entre o padrão espectral, os comprimentos de ondas observados nos elementos químicos. Na confecção do seu espectroscópio utilizaram um conjunto de quatro prisma, um atrás do outro, em uma mesa de ferro fundido. No experimento há uma fenda que pode ser alargada por meio de um parafuso. Nesta fenda foi colocado um prisma, para deixar os espectros das

substâncias sobrepostas. Os raios luminosos que atravessam a fenda são paralelamente processados pela lente localizada ao final tubo, passam pelos quatro prismas, tem suas partes constituintes divididas, incidem no telescópio, chegam a onde o olho está colocado

Observaram ainda que os gases quentes não emitem um espectro contínuo (sem linhas) e que cada elemento químico emite linhas brilhantes específicas. Ao analisar as linhas do espectro do Sol com a do sódio, Kirchhoff constatou que elas eram formadas por um gás ou sólido quente envolto por um gás mais frio, sendo estas camadas as responsáveis pela produção das linhas escuras do espectro solar.

Figura 16: Espectroscópio de Bunsen- Kirchhoff

Fonte: Acervo do museu da Universidade de Lisboa.

Com estes estudos, Kirchhoff formulou as três leis da espectroscopia (figura 17):

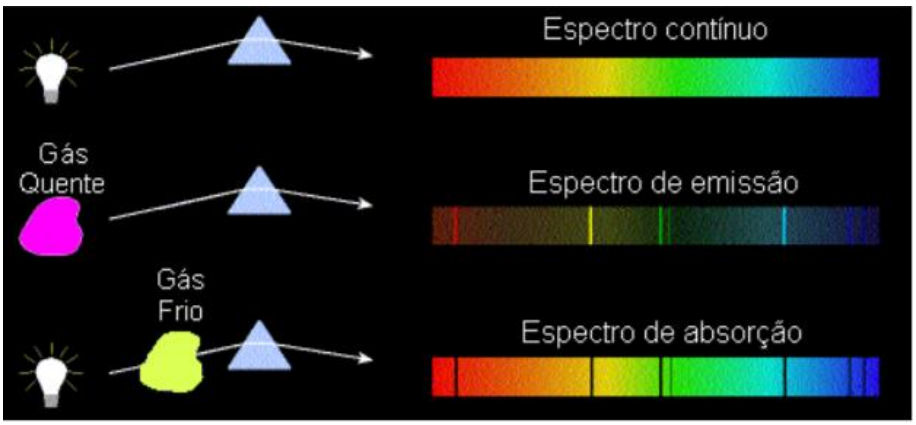
a) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.
b) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.
c) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

Kirchhopff esclarecer alguns aspectos referentes à formação das linhas, segundo Pirolo em 2010:

> Eu encerro essa seção com as seguintes observações: A posição das linhas brilhantes, ou, para falar mais precisamente, a máxima de luz no espectro de um vapor incandescente, não depende da temperatura, da presença de outros vapores ou de qualquer outra condição exceto da constituição química do vapor. Para validar essa conclusão, Bunsen e eu temos comprovado com nossos próprios experimentos feitos para um objetivo especial, e eu tenho confirmado por muitas observações feitas com um instrumento extraordinariamente delicado já descrito. A aparência do espectro de algum vapor pode, todavia, ser muito diferente sob diferentes circunstâncias. Até a alteração de massa de um gás incandescente é suficiente para efetuar as

mudanças nas características do espectro. Se a espessura de um filme de vapor, cuja luz está sendo examinada, for aumentada, a intensidade luminosa de todas as linhas aumenta, mas em diferentes razões. Por virtude de um teorema, o qual será considerado nesta seção, a intensidade das linhas brilhantes aumenta mais lentamente que aquelas linhas menos visíveis. A impressão que a linha produz no olho depende da largura e do brilho. Por isso, pode acontecer que uma linha com menos brilho, apesar de brilhar mais do que uma segunda, seja menos visível quando a massa do gás incandescente é pequena, mas torna-se mais distintamente vista do que a segunda linha quando a espessura do vapor é aumentada. Realmente se a luminosidade de um espectro inteiro for reduzida até que somente a mais impressionante das linhas seja vista, o espectro parecerá totalmente mudado quando a massa do vapor for alterada. Mudanças de temperatura aparecem para produzir um efeito similar na alteração da massa de um vapor incandescente. Se a temperatura for aumentada, não há desvio da máxima de luz observada, mas a intensidade das linhas aumenta diferentemente, aquelas nas quais são mais claramente vistas a uma alta temperatura não são mais visíveis que a baixa temperatura .

Figura 17: Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção.



Fonte: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula17-132.pdf

As linhas escuras não significam ausência de luz, somente o contraste de menos luz. O gás mais frio absorve mais radiação do que emite e, portanto, gera linhas escuras. O problema é complexo pois depende de se o gás está em equilíbrio ou não. Se estiver em equilíbrio, isto e, nem aquecendo nem esfriando, um gás absorve a radiação vinda em sua direção e a reemite em todas as direções, causando um decréscimo de uma direção da fonte. Se não estiver em equilíbrio, o gás aquece. (OLIVEIRA, 2013, p.220).

Nas estrelas, em geral, as linhas espectrais [46] dependem dos elementos químicos existentes em sua atmosfera, podendo ser classificados por espectro contínuo: gás de alta densidade, sólidos e líquidos. Sendo categorizados em:

a) Espectro contínuo: gás de alta densidade, sólidos e líquidos.
b) Espectro de emissão: gás de baixa densidade excitado por uma fonte de energia.
c) Espectro de absorção: gás de baixa densidade à frente de uma fonte de energia.

> Kirchhoff analisando a luz do Sol através de uma chama de sódio, as linhas D do Sol ficavam ainda mais fortes e escuras. Ele então substituiu o Sol por um sólido quente. A luz do sólido que passava pela chama apresentava as mesmas linhas escuras do Sol, na posição das linhas do sódio. Ele então concluiu que o Sol era um gás ou sólido quente, envolto por um gás mais frio. Estas camadas mais frias é que produziam as linhas escuras do Sol. Comparando o espectro, ele descobriu linhas de Mg, Ca, Cr, Co, Zi, Ba e Ni no Sol (MULLER)[47].

No ano de 1862, os astrônomos Anders Jonas Angström (sueco, 1814-1874) e Sir Joseph Norman Lockyer (Inglês,1836-1920), identificaram no espectro solar as linhas do Hidrogênio e do Hélio, respectivamente.

Ao estudarem os espectros das estrelas em 1863, o astrônomo britânico Sir William Huggins (1824-1910) e o jesuíta Irmão Angelo Secchi (1818-1878), do observatório do Vaticano, notaram que os espectros estelares não eram todos iguais; só alguns se pareciam com o do Sol, no ano de 1867 conseguiram classificar as estrelas por sua distribuição de linhas espectrais, ou seja, pelos componentes químicos de suas atmosferas.

O espectro do Sol foi fotografado pela primeira vez em 1842 pelo físico francês Antoine-Henri Becquerel. No ano de 1872 o médico e astrônomo amador Henry Draper (1837-1882) obteve a primeira foto de um espectro estelar, no caso da estrela

---

[46] Linhas espectrais é a radiação monocromática ou praticamente monocromática no espectro de emissão ou de absorção de uma substância (MOURÃO, 1987, p. 668), sendo o resultado de uma transição quântica que pode ser observado macroscopicamente..

[47] Alexei Machado Müller, Maria de Fátima Oliveira Saraiva & Kepler de Souza Oliveira Filho. Aula 7: espectroscopia, p. 4.

Vega, e organizou um catálogo com dados da astrometria[48] e de espectroscopia de 225.300 estrelas, conhecido como Catálogo Henry Draper (HD).

Entre 1884 e 1885, o suíço e matemático Johann Jakob Balmer (1825-1898) descobriu uma fórmula para calcular a posição de dezenove linhas de Fraunhofer, todas na região do espectro visível, relacionadas ao átomo de hidrogênio, hoje denominadas série de Balmer.

No ano de 1868, William Huggins analisou um espectro da nebulosa planetária[49] *Olho de Gato*, descoberta em 1786 pelo astrônomo William Herschel (1738-1822), e constatou que a nebulosa apresentava linhas brilhantes ao invés de linhas escuras, sendo elas produzidas por gases de baixa pressão.

Em 1890, o físico Johannes Robert Rydberg (1854-1919) expressou a fórmula de Balmer em termos do número de onda (inverso do comprimento de onda) e observou ainda que as posições das raias espectrais de alguns elementos (Na, K, Mg, Ca, Zn) apresentavam em seus cálculos um fator numérico constante, hoje conhecido como *constante de Rydberg*.

No ano de 1906, o físico norte-americano Theodore Lyman (1874-1954) com o estudo do espectro do ultravioleta do hidrogênio gasoso excitado, observou que a radiação emitida pelo átomo de hidrogênio não é contínua.

Entre os anos de 1918 e 1924, a astrônoma norte-americana Annie Jump Cannon (1863-1941), analisou 225.000 estrelas e classificou seus espectros de acordo com a linhas espectrais de Balmer, dividindo as estrelas em um sistema de classificação espectral, de classes O, B, A, F, G, K, M. Descobriu ainda 300 estrelas variáveis, cinco novas[50] e uma estrela binária[51].

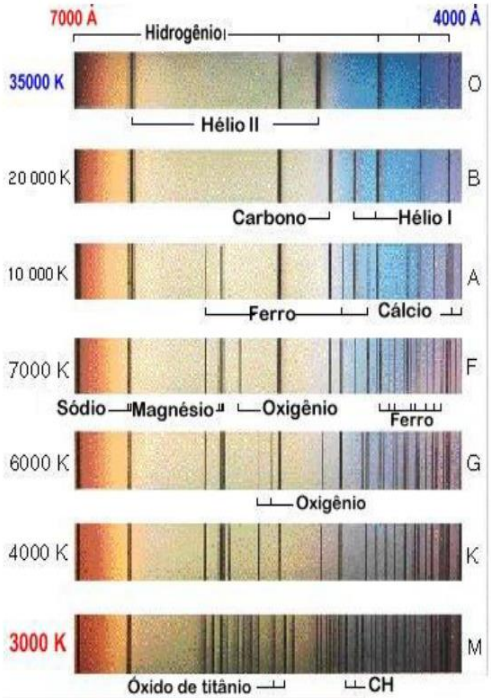
---

[48] Astrometria ou astronomia de posição é o ramo da Astronomia que lida com a medida precisa da posição das estrelas e de outros corpos celestes, assim como de suas distâncias e seus movimentos.

[49] Nebulosa planetária: Nebulosa brilhante, com o aspecto de um vasto envoltório gasoso, em torno de uma estrela muito quente, e em cujo espectro se encontram raias interditadas (MOURÃO, 1987, pg. 561)

[50] Estrela que se tornou bruscamente muito luminosa. As novas aparecem subitamente. Brilham intensamente por alguns dias, enfraquecendo lenta e gradualmente até atingir o seu brilho primitivo. Em virtude da sua aparição brusca, elas foram denominadas de estrelas novas ou simplesmente novas (MOURÃO, 1987, p. 573).

Figura 18: Espectro de estrelas de diferentes temperaturas, na região entre 7.000 Angstrons e 4.000 Angstrons.



Fonte: http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm

Cada linha escura da figura 18 está associada à presença de um elemento químico na atmosfera da estrela. A composição química das estrelas em geral corresponde a 90% de Hidrogênio, aproximadamente 9% de Hélio e o restante é de outros elementos químicos. O aparecimento ou não dessas linhas de absorção vai depender da temperatura da estrela. As linhas de Balmer ficam fracas em estrelas muito quentes ou muito frias, mesmo que todas tenham o Hidrogênio em abundância, conforme exemplo da tabela 3:

[51]Grupo de duas estrelas muito próximas, ligadas gravitacionalmente entre si, e que, à vista desarmada ou com pequeno aumento, não são distintas (MOURÃO, 1987, p. 284).

Tabela 3: Classificação das estrelas.

Espectral	Cor	Temperatura superficial (K)	Características espectrais	Exemplos
O	azulada	50.000-30.000	linhas do HeII (Hélio uma vez ionizado)	Mintaka (δOri)): O9
B	branco-azulada	30.000-10.000	linhas do Hélio I (Hélio neutro)	Rigel (βOri): B8 Spica (αVir): B1
A	branca	10.000-7.500	Linhas intensas de HI (Hidrogênio neutro)	Sírius αCanisMaj): A1V Veja (αLyr): A0
F	branco-amarelada	7.500-6.000	Linhas do HI e algumas linhas metálicas (CaII e FeII)	Canopus (αCar): F0 Procyon (αCan Min): F5
G	amarelada	6.000-5.000	linhas do CaII muito fortes e linhas do FeII (Cálcio uma vez ionizado e Ferro uma vez ionizado)	Sol:G2V Capela (αAur): G1
K	alaranjada	5.000-3.700	linhas de metais neutro e ionizados: CaII, CaI, FeII, FeI	Aldebarã (αTau): K5 Arcturus (αBoo): k2
M	avermelhada	3.700-2.500	Linhas moleculares muito fortes, especialmente TiO	Betelguese (αOri): M2 Antares (αSco): M1

10.2. RADIAÇÃO TÉRMICA

Radiação térmica é a radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura. O corpo emite mais radiação para o ambiente ao seu redor do que ele recebe se a sua temperatura for maior que a do meio; neste caso, o corpo esfria porque cede parte de sua energia para o meio, que por sua vez se aquece. Se o meio for mais quente que o corpo, o processo é inverso, ou seja, o meio perde energia ao aquecer o corpo. O equilíbrio térmico ocorre quando as taxas de emissão e absorção do corpo e do meio forem iguais.

Radiação térmica é a radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura. O corpo emite mais radiação para o ambiente ao seu redor do que ele recebe se a sua temperatura for maior que a do meio; neste caso, o corpo esfria porque cede parte de sua energia para o meio, que por sua vez se aquece. Se o meio for mais quente que o corpo, o processo é inverso, ou seja, o meio perde energia ao aquecer o corpo. O equilíbrio térmico ocorre quando as taxas de emissão e absorção do corpo e do meio forem iguais.

Quando a radiação incide sobre um corpo opaco[52], uma parte da radiação é refletida e outra absorvida; a parte absorvida aumentará a energia cinética[53] dos átomos constituintes do corpo, fazendo-os oscilar mais intensamente. Quando os elétrons são acelerados acabam emitindo radiação eletromagnética na forma de calor, com um intervalo de comprimento de onda $0{,}1\ \mu m < \lambda < 100\ \mu m$ do espectro eletromagnético[54], como demonstrado na figura 19.

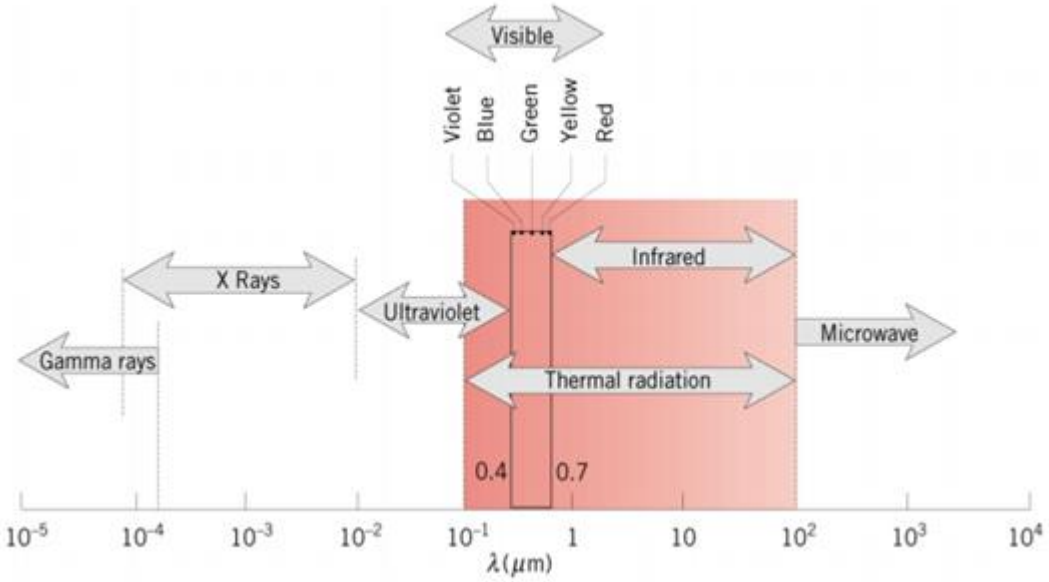
---

[52]Corpos opacos são meios que não permitem a passagem de luz sendo parte refletida parte absorvida (esta se transforma em energia térmica).

[53]A energia cinética em um objeto é a energia que ele possui devido ao seu movimento. Isto é definido como o trabalho necessário para acelerar um corpo de massa em repouso para que este adquira velocidade. Tendo ganho essa energia durante a aceleração, o corpo mantém essa energia cinética a menos que a sua velocidade mude

[54]O espectro eletromagnético é o intervalo completo de todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética.

Figura 19: O espectro eletromagnético



Fonte: http://www.fem.unicamp.br/~franklin/EM524/aula_em524_pdf/aula-26.pdf

No ano de 1862, o físico Kirchhoff *mostrou que:*

> Existe uma classe de corpos cujo espectro energético depende apenas da frequência e da temperatura. Esse corpo ideal é chamado de corpo negro, que seria um corpo que absorve toda radiação nele incidente...Um corpo negro perfeito é uma idealização, sendo que, na prática, o que mais se aproxima dessa definição é uma cavidade isotérmica com uma pequena abertura, através da qual a radiação pode penetrar ou escapar (PERUZZO et. al, 2013, p. 166, 117).

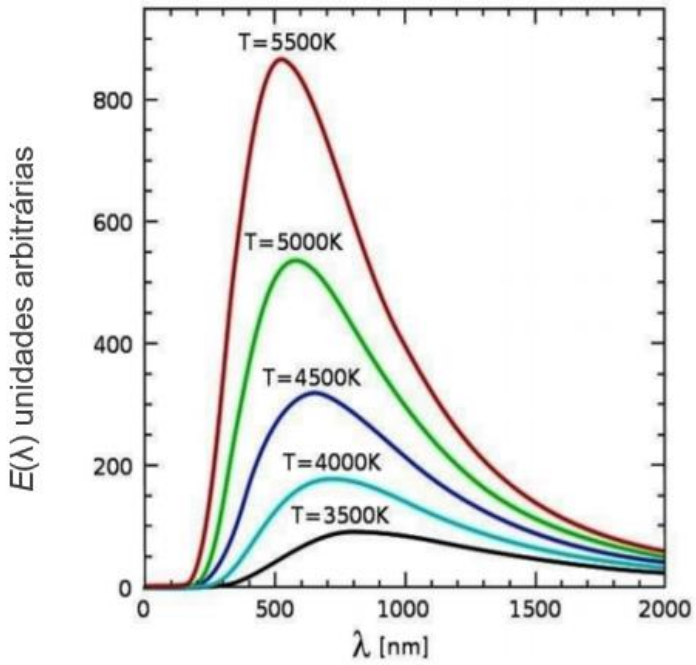
Portanto, um corpo negro, além de ser um absorsor perfeito também é um emissor perfeito.

Analisando dados experimentais e teóricos, os físicos Josef Stefan (1835-1893) e Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906) descobriram uma relação entre a intensidade da radiação eletromagnética (potência por unidade de área) com a temperatura absoluta, não importando as características do material. Considerando um intervalo de comprimentos de ondas entre λ e λ+dλ, a energia total radiada por unidade de área da superfície de um corpo negro e por unidade de tempo (E) é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta (T) do corpo. Expressa em formulação matemática, esta lei, conhecida por Lei de Stephan-Boltzmann, é a seguinte:

$$E = \sigma T^4 \tag{4}$$

onde T é a temperatura em kelvin e σ= 5,67x10^{-8} W/m^{2}K^4 . é a constante de Stefan-Boltzmann. Repare que *E* independe do comprimento de onda, por isso é chamada energia bolométrica. Isso significa que $E = \sum_{\lambda}^{\lambda+d\lambda} E(\lambda)$, ou seja E é o somatório de todos os *E*(λ) - energia concentrada em cada comprimento de onda. Na figura 20, *E* representa a energia concentrada na área delimitada pelas curvas de temperaturas específicas.

Figura 20: Radiância espectral de um corpo negro em função do comprimento de onda.



Fonte: https://sites.ifi.unicamp.br/graduacao/files/2013/12/F-589_20162S_16.09.30_Aula06.pdf- Adaptado

Uma propriedade observada experimentalmente, é que o comprimento de onda máximo ($\lambda_{máx}$) para o qual a radiação é máxima é proporcional ao inverso da temperatura.

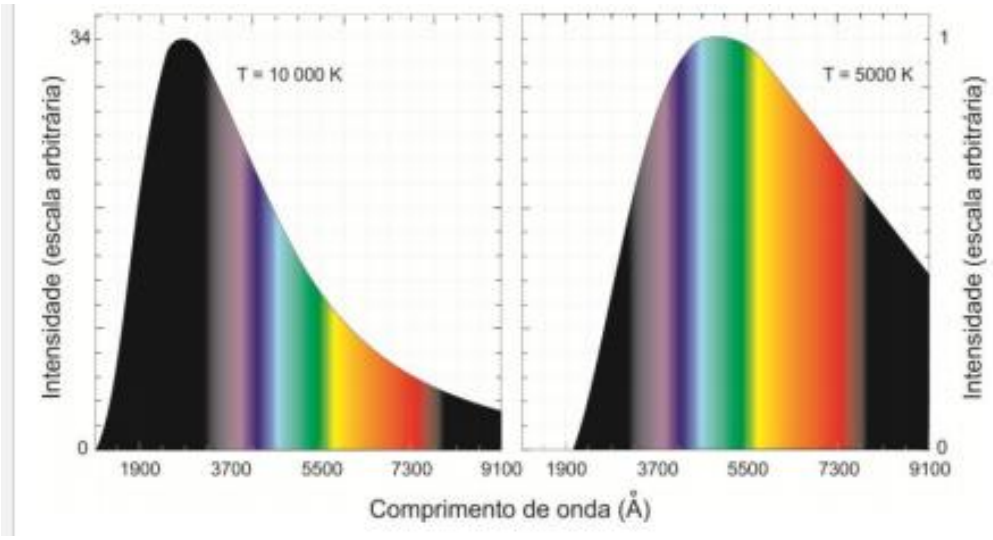
$$\lambda_{máx} \propto \frac{1}{T} \tag{5}$$

A figura 21 mostra que o espectro se desloca para maiores frequências à medida que T aumenta. Esse resultado é conhecido como lei de deslocamento de Wein[55].

$$\lambda_{máx}T = 2{,}898\ x\ 10^{-3}(mK) \qquad (6)$$

onde $\lambda_{máx}$é o comprimento de onda do máximo para uma determinada temperatura. Quando T cresce, $\lambda_{máx}$ se desloca para comprimentos de onda maiores.

Figura 21: Espectro de um corpo negro em diferentes temperaturas



Fonte:http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf, p. 212.

10.3. ESPECTRO DO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO

O espectro de linhas de energia de um elemento consiste em fótons (luz) com energias específicas emitidos pelo átomo deste elemento. Ao emitir um fóton, o átomo perde uma quantidade de energia equivalente à energia do fóton emitido. Cada átomo apresenta um conjunto possível de níveis de energia interna, não podendo ter nenhuma energia com valor intermediário entre dois níveis consecutivos de energia.

Segundo o físico Niels Henrik David Bohr (1885-1962), um átomo pode sofrer uma transição de um nível energia mais alto para um nível mais baixo, emitindo um fóton com energia igual à diferença de energia, ou seja:

[55]Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864-1928), físico alemão, Prêmio Nobel de Física em 1911, por suas descobertas sobre as leis da radiação térmica.

$$E_{fot} = \frac{h_c}{\lambda} = E_i - E_f \,, \tag{7}$$

onde E_{fot} é a energia do fóton emitido, h_c (=6,6207.10^{-34}m².kg/s) é a constante de Planck, c (=299.792.458 m/s) é a velocidade da luz no vácuo, E_i éa energia inicial do átomo antes da transição e E_f é a energia final do átomo depois da transição.

O átomo de hidrogênio emite uma série de linhas. A linha visível com maior comprimento de onda, ou menor frequência, está na região vermelha e é chamada de linha H_α, corresponde ao comprimento de onda λ = 656,279 nm na série de Balmer[56]; -1 a linha seguinte, na região entre o azul e o verde, é chamada H_β ,com o comprimento de onda λ = 486,135 nm, e assim por diante, como é demonstrado na figura 22. Na figura 23, é demonstrado a emissão do átomo do Hidrogênio dentro do espectro visível.

Figura 22: Transições do elétron no elemento Hidrogênio na série de Balmer.

Transição de *n*	3 → 2	4 → 2	5 → 2	6 → 2	7 → 2	8 → 2	9 → 2	∞ → 2
Nome	H-α / Ba-α	H-β / Ba-β	H-γ / Ba-γ	H-δ / Ba-δ	H-ε / Ba-ε	H-ζ / Ba-ζ	H-η / Ba-η	Pausa para balmer
Comprimento de onda (nm, ar)	656,279 [2]	486,135 [2]	434,0472 [2]	410,1734 [2]	397,0075 [2]	388,9064 [2]	383,5397 [2]	364,6
Diferença de energia (eV)	1,89	2,55	2,86	3,03	3,13	3,19	3,23	3,40
Cor	vermelho	Aqua	Azul	Tolet	(Ultravioleta)	(Ultravioleta)	(Ultravioleta)	(Ultravioleta)

Em 1885, o físico Johann Jakob Balmer expressou os comprimentos de onda de uma série de linhas (conhecida como série de Balmer) através desta equação:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \tag{8}$$

[56] A série de Balmer ou linhas de Balmer em física atômica, é a designação de um de seis diferentes tipos de séries descrevendo as emissões do átomo do hidrogênio na linha espectral, onde estas linhas apresentam o resultado da transição entre os níveis de energia de uma determinada amostra, ela emite ou absorve radiação eletromagnética.

onde, λ é o comprimento de onda, R é a constante chamada de constante de Rydberg, cujo valor é 1,097 *x* $10^7\ m^{-1}$ e *n* pode ter valores inteiros 3,4,5…

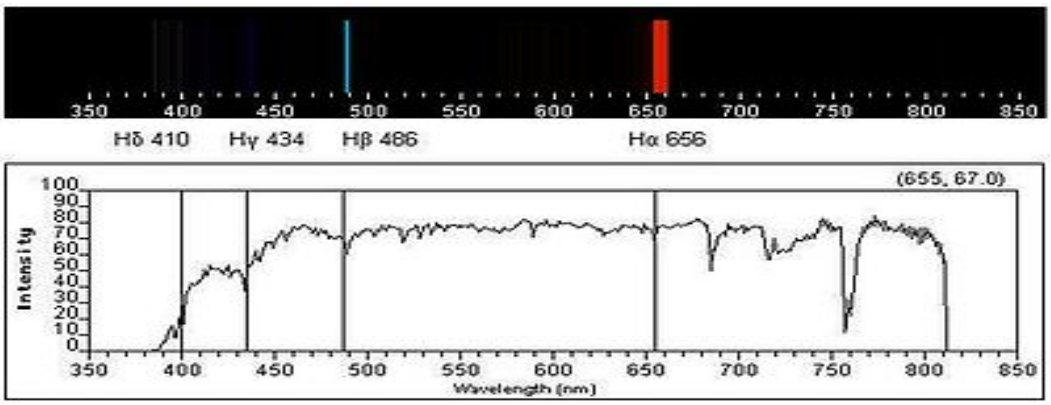
A série de Balmer possui uma relação direta com a hipótese de Bohr sobre os níveis de energia. Multiplicando ambos os lados da equação (8) por hce lembrando que a energia associada a uma linha, isto é, a energia do fóton, é dada por $E_{fot} = hc/\lambda$ (veja a equação 6), chegaremos à seguinte expressão:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hcR\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) = \left(\frac{hcR}{2^2} - \frac{hcR}{n^2}\right) \qquad (9)$$

As energias dos níveis são negativas porque escolhemos para o nível zero da energia potencial o estado no qual a distância entre o elétron e o núcleo é infinita, ou seja, quando elétron está no infinito. Podemos interpretar a energia negativa como sendo de ligação, ou seja, para arrancar o elétron do átomo é preciso fornecer energia equivalente àquela do nível (n) em que o elétron está, e que é dada por:

$$E_n = -\frac{hcR}{n^2} \qquad (n = 1,2,3, \ldots.) \qquad (10)$$

Figura 23: Espectro de emissão do átomo de hidrogênio na série de Balmer dentro do espectro do visível.



Fonte: https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/S%C3%A9rie_de_Balmer.

A fórmula empírica que descreve com precisão as séries de linhas foi apresentada por Johannes Robert Rydberg e Walther Heinrich Wilhelm Ritz (1878 – 1909)ficou conhecida por Princípio de Combinação Rydberg-Ritz (equação 11).

Segundo essa fórmula, uma linha é especificada por dois números inteiros: (a) *m*, que pode tomar os valores *m*=1, *m*=2, *m*=3..., especifica a serie à qual a linha pertence; (b) *n*, que pode tomar os valores *n*=*m*+1, *n*=*m*+2, *n*=*m*+3..., especifica uma linha dentro da série. O comprimento de onda da linha (*m*, *n*) é dado por:

$$\frac{1}{\lambda_{nm}} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \tag{11}$$

A tabela 4 mostra as séries, os níveis de energia correspondentes e os comprimentos de onda equivalentes.

Tabela 4: Níveis de energia do átomo do hidrogênio.

Séries	Níveis de energia	Energia do nível em elétron-Volt (eV)	Comprimento de onda equivalente em Angstrőm (Å)
Lyman	1	-13,6	911,6
Balmer	2	-3,4	3.646, 6
Paschen	3	-1,51	8.210,9
Brackett	4	-0,85	14.586
Pfund	5	-0,54	22.960

1 eV = $1{,}6022\times10^{-19}$ joule; 1 Å = 1×10^{-10} m

As séries espectrais do hidrogênio com as suas respectivas características:

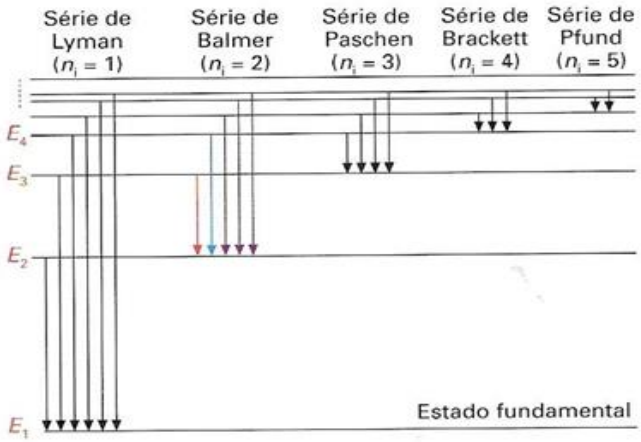
a) Série de Lyman é formada por um conjunto de radiações ultravioleta correspondentes às transições eletrônicas de níveis superiores para o nível 1 e com limite do comprimento de onda de 911,6 Å;
b) Série de Balmer é formada por um conjunto de radiações da luz visível e correspondentes às transições eletrônicas de níveis superiores para o nível 2 e com limite do comprimento de onda de 3.646, 6 Å;
c) Série de Paschen é formada por um conjunto de radiações infravermelho correspondentes às transições eletrônicas de níveis

superiores para o nível 3 e com limite do comprimento de onda de 8.210,9 Å;

d) Série de Brackett é formada por um conjunto de radiações infravermelho correspondente às transições eletrônicas de níveis superiores para o nível 4 e com limite do comprimento de onda de 14.586 Å;

e) Série de Pfund é formada por um conjunto de radiações infravermelho correspondente às transições eletrônicas de níveis superiores para o nível 5 e com limite do comprimento de onda de 22.960 Å.

Figura 24: Diagrama dos níveis de energia do hidrogênio, mostrando algumas transições correspondentes às diferentes séries.



Fonte: https://notapositiva.com/atomo-de-hidrogenio-e-estrutura-atomica/.

11. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos conhecimentos prévios do Ensino Fundamental II, foi realizado um questionário prévio para determinar o nível de conhecimento dos alunos e assim traçar a melhor metodologia de ensino para o desenvolvido das habilidades necessárias a serem trabalhadas com o seguinte conteúdo: Sistema Solar, constituintes do Universo e Universo, evolução, hipóteses e modelos.

Quanto aos conteúdos, estes podem ser trabalhados tanto nas aulas da BNCC como nas aulas de Prática de Ciências, sendo comprovado entre os conhecimentos prévios com os índices de acertos nas avaliações que ao analisar e observar ficam mais apurados, contribuindo para a sua capacidade de compreensão e excelência acadêmica.

11.1. PRIMEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

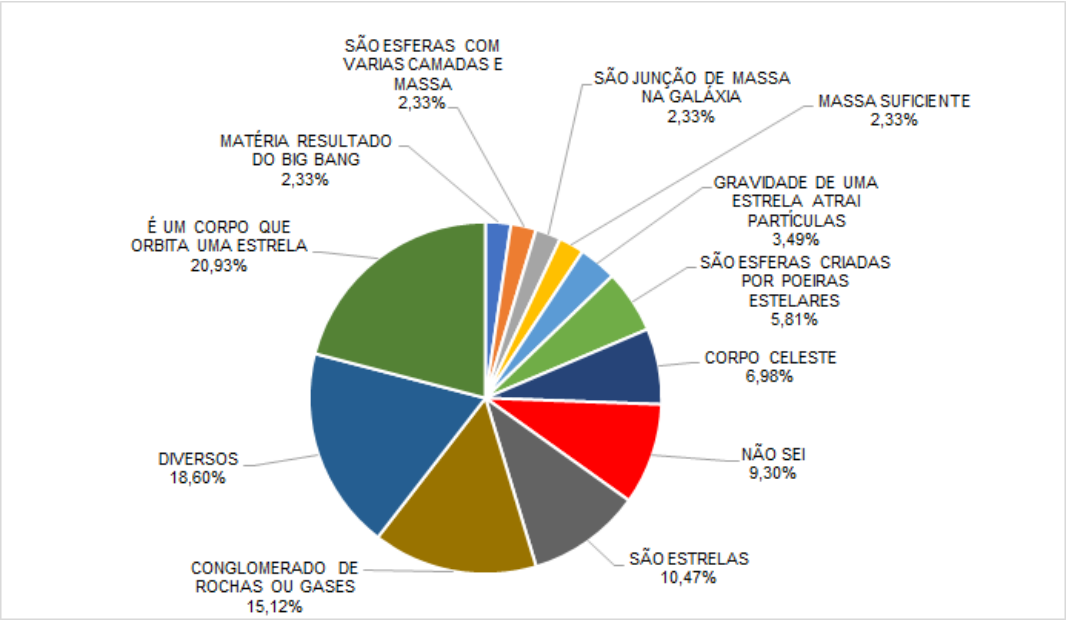
11.1.1. SISTEMA SOLAR E SISTEMA PLANETÁRIO

Trabalhando os conceitos prévios do 8° ano com o tema “Terra e Universo - Nosso planeta e sua vizinhança cósmica”, pude constatar ao aplicar nas turmas Da 1ª série do Ensino Médio um questionário de conhecimentos prévios com perguntas abertas nas aulas da BNCC no início do 2° semestre os dados abaixo, tendo a participação de 86 alunos nessa amostragem:

Uma das perguntas abordadas foi “o que é um planeta”, os alunos em sua maioria responderam, como é demonstrado na figura 25, que é:

a) 20,93% corpo que orbita uma estrela;
b) 15,12% uma esfera formada por rocha ou gases;
c) 10,47% uma estrela;
d) 9,30% não souberam responder.

Figura 25: Resultado do conhecimento prévio dos alunos Da 1ª série sobre o que são planetas?



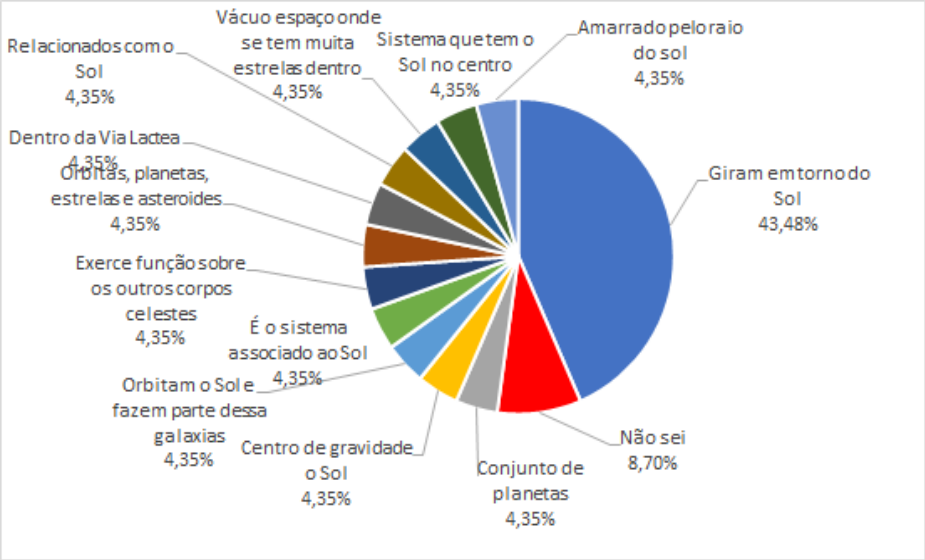
Fonte: arquivo pessoal.

Durante o mês de agosto foi desenvolvido nas aulas teóricas da BNCC o conteúdo sobre o Sistema Solar, desde a sua formação até as características físicas

de cada planeta. Em uma amostragem de 23 alunos da 1 série, antes da abordagem do assunto, foi constatado, conforme figura 26, que:

a) 43,48% conseguem explicar “o que é o Sistema Solar?”;
b) 4,35% responderam que é um conjunto de planetas;
c) 8,70% não sabem definir.

Figura 26: Conhecimentos prévio sobre o Sistema Solar.

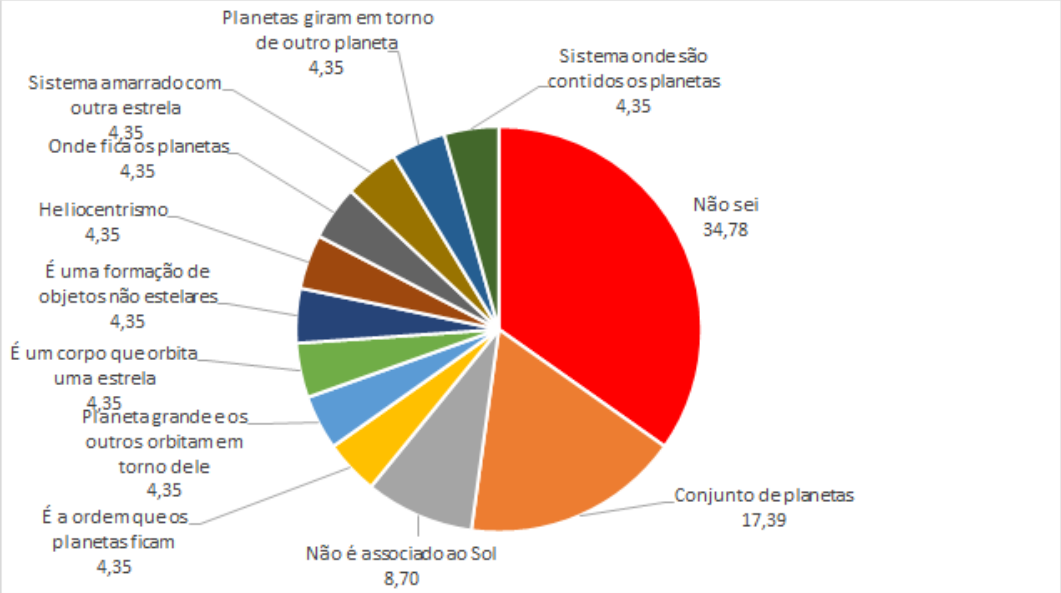


Fonte: arquivo pessoal.

Com a mesma amostragem de 23 alunos para a pergunta “o que é um sistema planetário?”, as respostas foram classificadas, conforme a figura 27, com:

a) 8,70% é um sistema que não está associado ao Sol e sim a uma outra estrela;
b) 17,39% é um conjunto de planetas;
c) 34,78% não souberam definir.

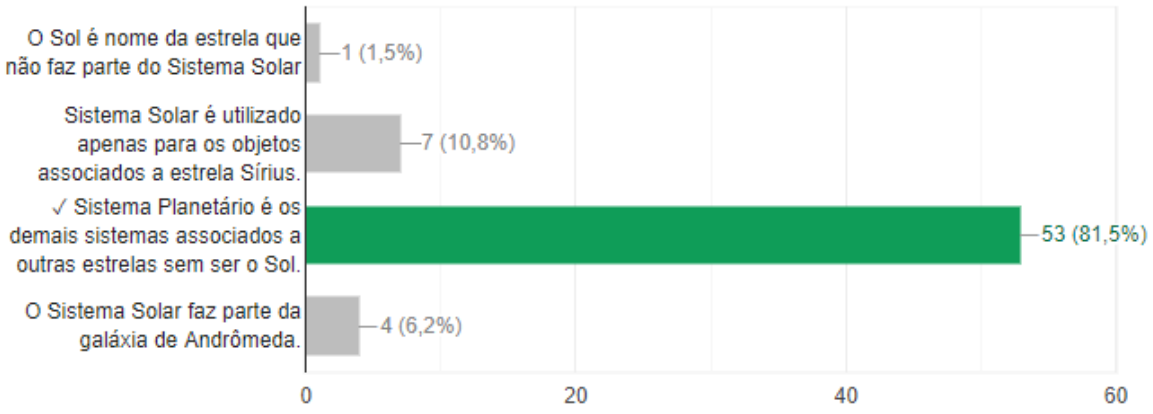
Figura 27: Conhecimentos prévios sobre Sistema Planetário.



Fonte: arquivo pessoal.

Na primeira semana de setembro foi aplicado uma avaliação on-line na sala de informática da escola, e os alunos puderam realizar a avaliação em duplas, totalizando a participação de 116 discentes (86 alunos da 1° série e 30 alunos da Eletiva). Com o objetivo de testar-lhes a compreensão nas características básicas de um sistema planetário, com base no trabalho realizado anteriormente nas aulas da BNCC, obtive um total de 81,50% das respostas corretas sobre o que é um sistema planetário, conforme figura 28. Tendo um aumento significativo entre o conhecimento prévio e o assimilado neste ano de 2019 de 8,70% para 81,50%.

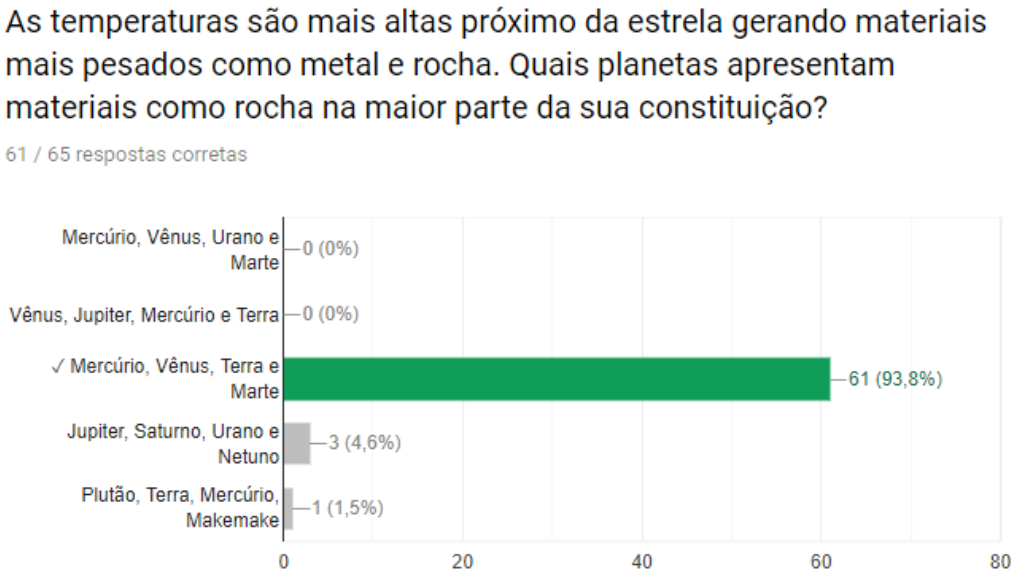
Figura 28: Compreensão sobre o sistema planetário.



Fonte: arquivo pessoal.

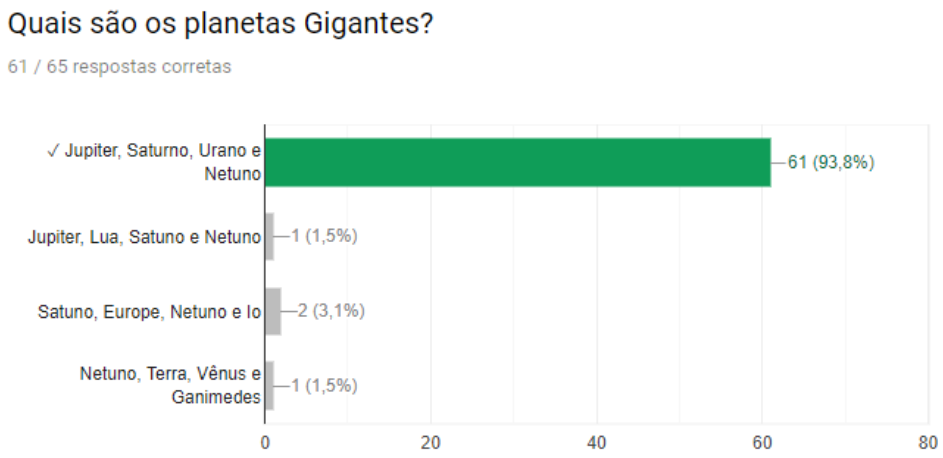
Na mesma avaliação foram analisadas as características físicas dos planetas, satélites e planetas anões do nosso Sistema Solar. No questionário prévio, conforme figura 26, os alunos demonstravam um conhecimento de que os planetas são esferas compostas por rochas ou gases (15,20%); são esferas criadas por poeiras estelares (5,81%). O foco das aulas teóricas ficou na formação, constituição e na classificação dos planetas, planetas-anões e satélites. Na avaliação on-line, 93,8% dos alunos conseguiram classificar os planetas rochosos e os planetas gasosos, conforme está apresentado nas figuras 29 e 30.

Figura 29: Características dos planetas rochosos.



Fonte: arquivo pessoal.

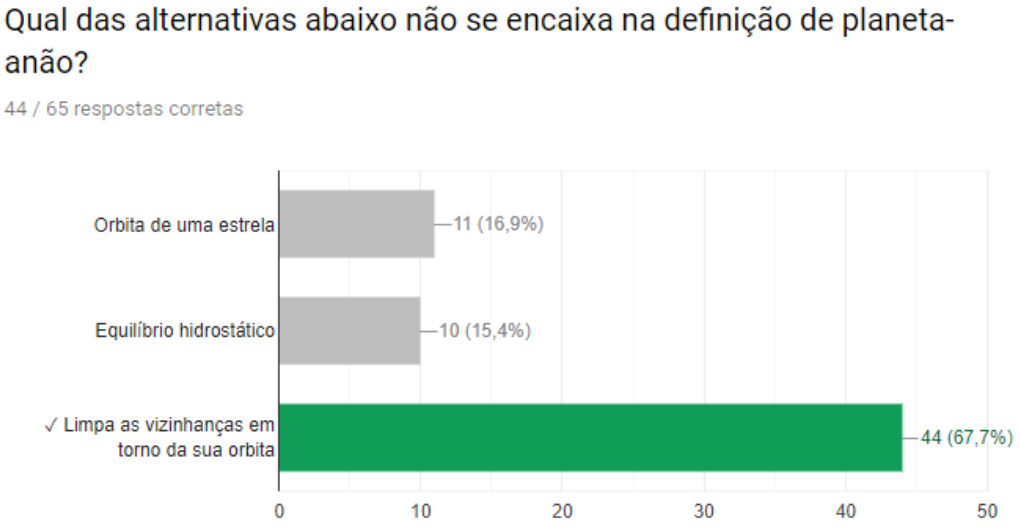
Figura 30: Características dos planetas gigantes/telúricos.



Fonte: arquivo pessoal.

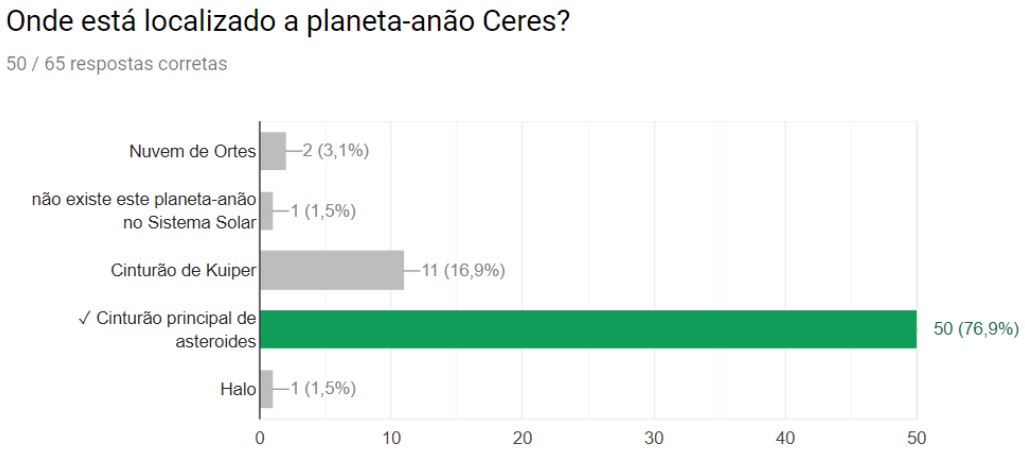
A dificuldade encontrada na definição do planeta-anão pelos alunos foi a definição de não ter a vizinhança da sua órbita limpa e não assimilaram, neste primeiro momento, que Ceres encontra-se no Cinturão Principal de Asteroides. Por exemplo, houve uma diferença entre as respostas de definição de planeta-anão e a localização do planeta-anão Ceres, conforme demonstram as figuras 31 e 32.

Figura 31: Definição de planeta-anão.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 32: Localização do planeta Ceres



Fonte: arquivo pessoal.

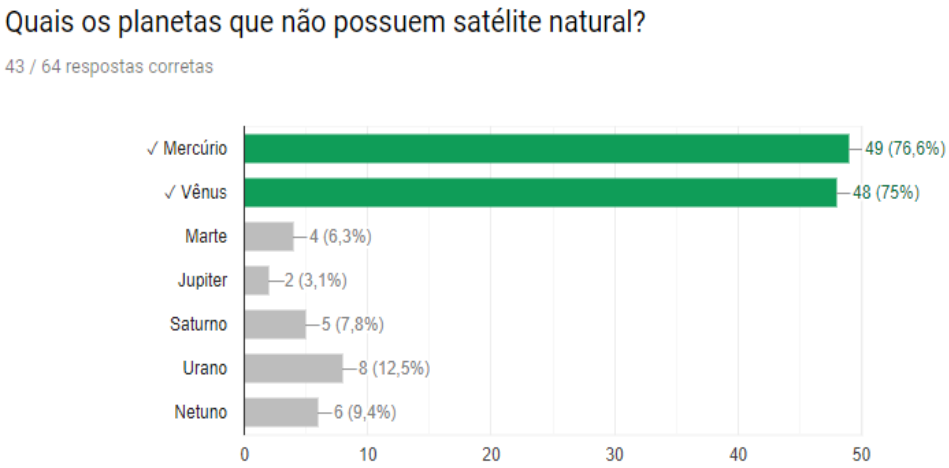
Para fixar ainda mais a compreensão, elaborei, nas aulas Práticas de Ciências, no final do 3° bimestre, um plano de aula intitulado “Representação do Sistema Solar em escala”. Para o tamanho dos planetas, consideramos o diâmetro do Sol 80 cm como referência e 2 cm a distância entre o Sol e Mercúrio. Os alunos da 1° série puderam perceber, além do comparativo das distâncias dos planetas com os respectivos tamanhos, as órbitas limpas dos planetas, o Cinturão de Asteróide e o Cinturão de Kuiper. Conforme relato da aluna Letícia, da 1ª série, sobre a confecção do Sistema Solar em escala: “*achei diferente, poderíamos ter feito os planetas de qualquer forma só para representar, aí você me ensinou como poderia fazer as contas para ver as distâncias certinhas… não sabia que existiam dois Cinturões*”.

Figura 33: Sistema Solar em escala pelos alunos da EE Francisco Voccio.

Fonte: arquivo pessoal.

Ainda na avaliação on-line, com a pergunta sobre satélites naturais, apenas 75% dos respondentes acertaram que os planetas Mercúrio e Vênus não possuem satélites Naturais, demonstrado no gráfico da figura 34.

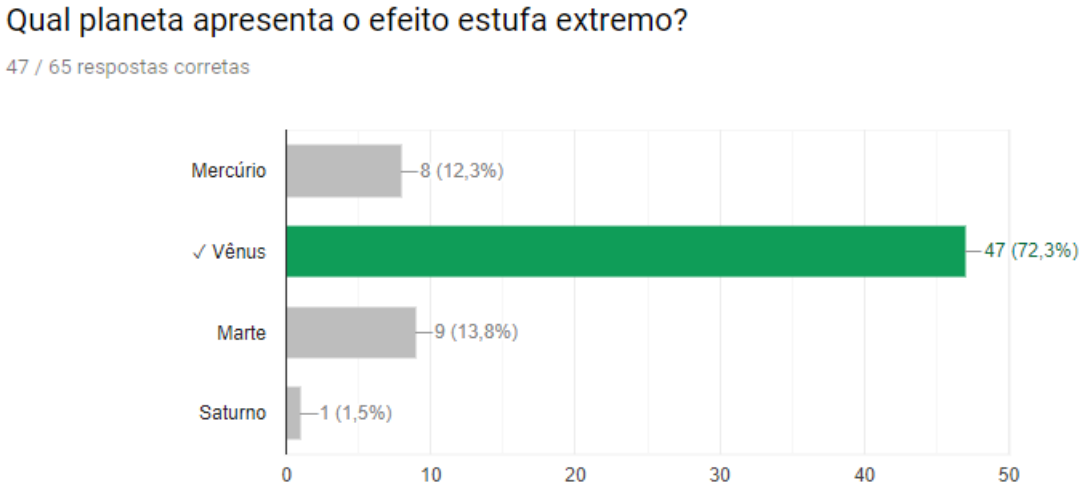
Figura 34: Planetas que não possuem satélites naturais.



Fonte: arquivo pessoal.

Acerca do efeito estufa, que é um tema abordado somente nas aulas de Biologia, onde na Física é trabalhado somente na segunda série do Ensino Médio, consegui um retorno positivo de 72,30% das respostas, ao explanar o efeito estufa no planeta Vênus, conforme figura 35, ressaltando o conceito que é um efeito natural do próprio planeta.

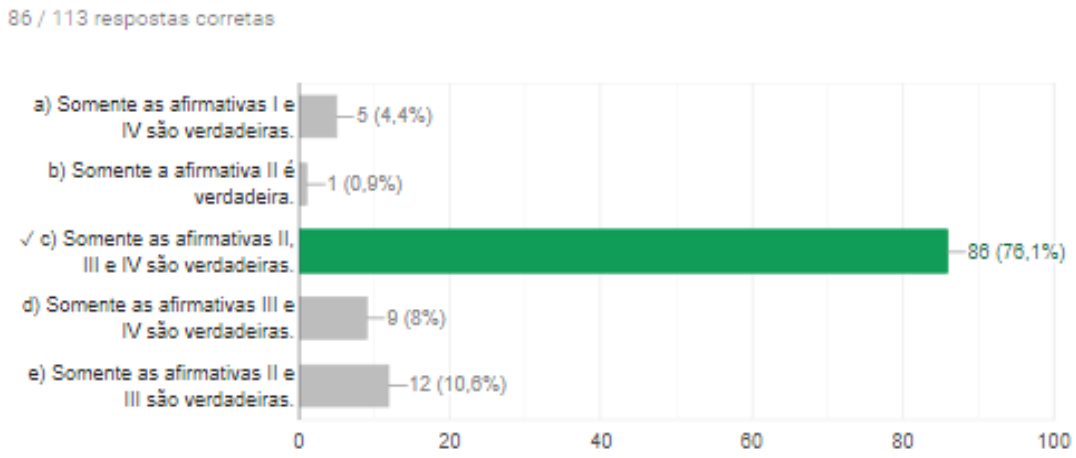
Figura 35: Planeta que apresenta o efeito estufa ao extremo.



Fonte: arquivo pessoal.

Analisando as características dos modelos do Sistema Solar desde os estudos do modelo geocêntrico de Ptolomeu até o modelo heliocêntrico de Copérnico e as Leis de Kepler, a assimilação dos alunos, em uma avaliação de 117 participantes da 1ª série nas aulas da BNCC, foram de: 76,1% relacionaram o sistema de Ptolomeu, as órbitas circulares de Copérnico e a trajetória elíptica para os planetas e Sol no foco da elipse e a ideia de Kepler onde os planetas giravam em torno do Sol, descrevendo trajetórias elípticas, e o Sol estava situado em um dos focos dessas elipses.

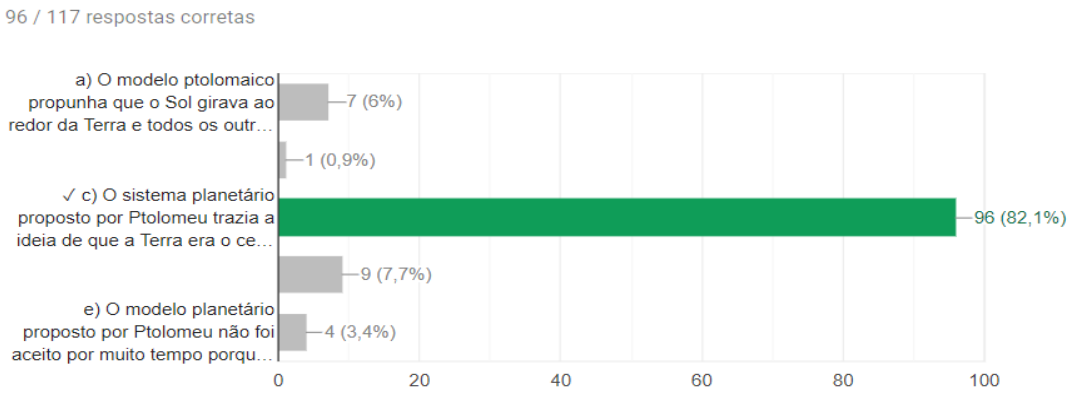
Figura 36: Modelos dos Sistema Solar.



Fonte: arquivo pessoal.

No modelo Ptolomaico, conforme figura 37 podemos demonstrar que 82,1% dos alunos consideraram o sistema planetário proposto por Ptolomeu trazia a ideia de que a Terra era o centro do Universo e os demais astros giravam ao seu redor.

Figura 37: Modelo de Ptolomeu.



Fonte: arquivo pessoal.

11.1.2. CONSTELAÇÕES

Após ter sido trabalhado o conteúdo sobre constelações na BNCC, no terceiro bimestre, nas aulas de Prática de Ciências nas 1ª séries da EE Francisco Voccio, foram aplicadas duas sequências didáticas: *Identificação da constelação no céu* e *Montando constelações*. A primeira sequência didática teve uma proposta de observar o céu através das constelações de Leão, Escorpião, Cão Maior e o Cruzeiro

do Sul, comparando as estrelas destas constelações com o desenho fornecido pelo *Stellarium*.

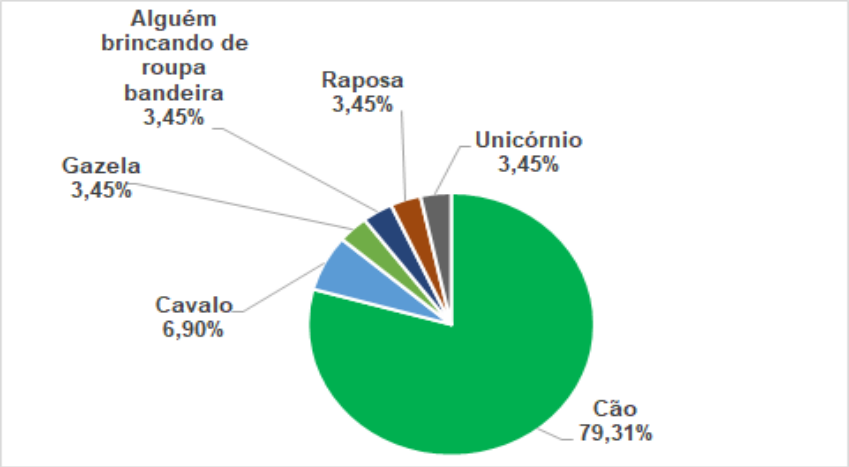
Em um primeiro momento, os alunos acharam difícil sem a ilustração, por serem pontos aleatórios na folha de papel, ao ligarem os pontos das estrelas e, consequentemente, formar o desenho característico da constelação, acreditaram que:

a) A maioria das imagens não pareciam o que estão representando;
b) A partir de agora, ao admirar as estrelas, a busca é por traçar uma constelação;
c) É difícil encontrar a constelação no céu;
d) Tem pretensão de analisar as constelações no céu e tentar encontrá-las;
e) Se olhar para o céu será possível identificar só algumas constelações;
f) Não é fácil localizar as constelações pela falta de imaginação.

No segundo momento da aula perguntei quais imagens viram nas figuras desenhadas, e:

a) 79,31% dos alunos conseguiram observar a imagem do Cão Maior;
b) 6,90% relacionaram a um cavalo;
c) e com a mesma porcentagem de 3,45% imaginaram uma para raposa, alguém brincando com uma bandeira, um unicórnio ou uma gazela.

Figura 38: Cão Maior.

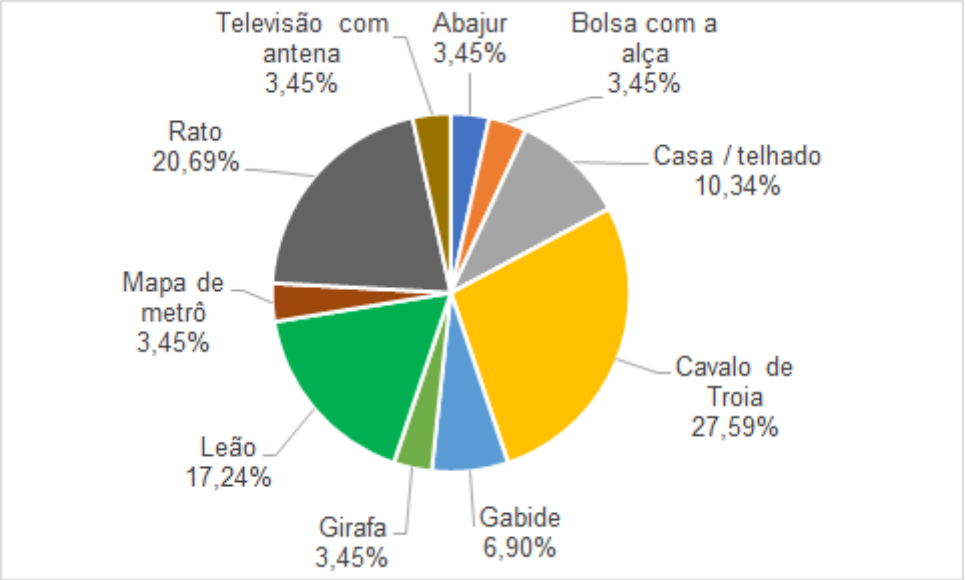


Fonte: arquivo pessoal.

Para a constelação de Leão, apenas:

a) 27,9% relacionaram a imagem com o Cavalo de Tróia;
b) 17,14% conseguiram ver o leão;
c) 10,34% identificaram com uma casa com telhado.

Figura 39: Leão

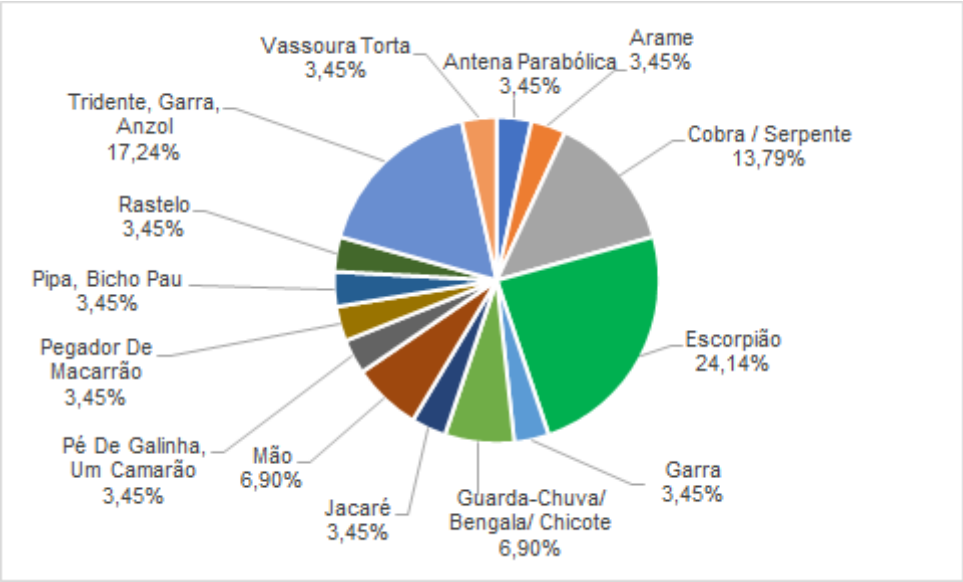


Fonte: arquivo pessoal.

Para a constelação de Escorpião, o resultado foi:

a) 24,14% dos alunos conseguiram ver a imagem;
b) 17,24% com um tridente, garra ou anzol ao mesmo tempo;
c) 13,79% relacionaram com uma cobra;
d) 6,9% para um guarda-chuva ou bengala.

Figura 40: Escorpião

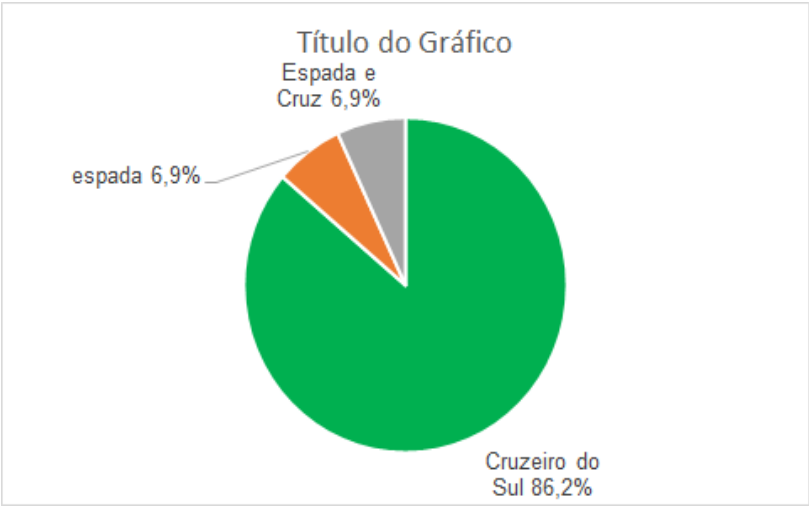


Fonte: arquivo pessoal.

A constelação em que os alunos conseguiram fazer a melhor relação foi a constelação do Cruzeiro do Sul, facilmente relacionaram a cruz, com:

a) 86,20% das respostas corretas;
b) 6,90% pensaram que a imagem representa uma espada de ponta cabeça;
c) 6,90% uma cruz e espada ao mesmo tempo.

Figura 41: Cruzeiro do Sul



Fonte: arquivo pessoal.

Analisando a segunda sequência didática foi orientada à elaboração de um móbile com as constelações acima já trabalhadas, conforme figura 42. Para

determinar as distâncias de cada uma das estrelas, foi utilizado o programa *Stellarium* para auxiliar no sistema de coordenadas. Nesta atividade os alunos conseguiram perceber a relação entre as diferentes distâncias de cada estrela que formam a constelação escolhida.

Figura 42: Confecção do móbile das constelações.

Fonte: arquivo pessoal.

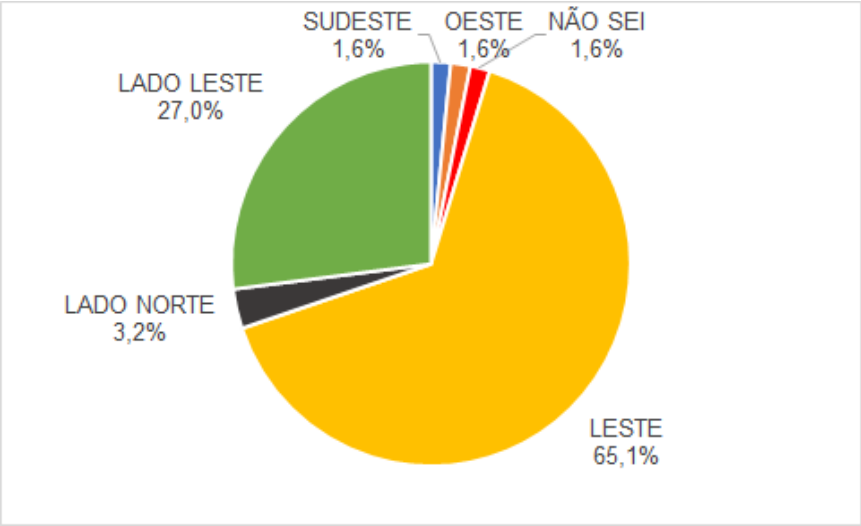
11.1.3. MOVIMENTO CÍCLICO DO SOL

Nas aulas da Eletiva, do primeiro semestre de 2019 onde ocorre a reenturmação com alunos de todos as séries do Ensino Médio, totalizando 30 alunos, com o tema Aprendendo a Ler o Céu através da astronomia, destacou o enfoque do curso na observação do movimento do céu através do movimento cíclico do Sol. Dentre as atividades propostas destaca-se: a determinação da rosa dos ventos no pátio da escola; localização da cidade de São Paulo através da latitude e longitude em uma esfera; determinação do dia e noite; e a estações do ano.

No segundo bimestre foi levantado um conhecimento prévio de onde nasce o Sol, e os alunos afirmaram, de acordo com a figura 43, que:

a) 65,1% leste;
b) no lado leste 27%;
c) lado norte 3,2%;
d) com 1,6% respectivamente o oeste, o sudeste e não sei.

Figura 43: Onde nasce o Sol?



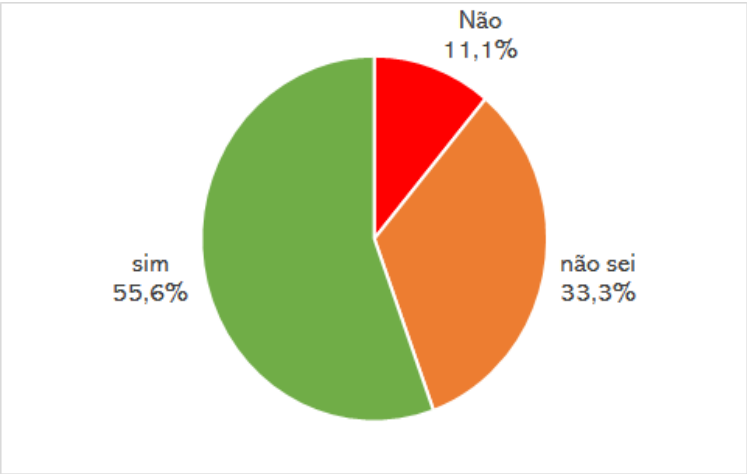
Fonte: arquivo pessoal.

No pressuposto se existe alguma região do planeta que em certas épocas do ano tenha apenas dia, como mostrado na figura 44, o resultado foi:

a) 55,6% dos alunos disseram sim;
b) 33,3% disseram não sei;
c) 11,1% disseram não.

Para conseguir sanar a defasagem e fazer as devidas correções do conteúdo, foi desenvolvida uma sequência didática com o intuito de fazer o discente observar o movimento cíclico do Sol, na determinação das rosas dos ventos e com o auxílio do *Stellarium*,. Foi possível observar o movimento cíclico do Sol em diversas localidades do nosso planeta, bem como, determinar o período de claridade.

Figura 44: Regiões dos planetas em que tenham apenas período de claridade.



Fonte: arquivo pessoal.

Para o estudo do movimento cíclico do Sol, foi aplicada uma sequência didática de determinação dos pontos cardeais. Usando um gnômon, os alunos da Eletiva, durante o intervalo de uma semana, realizam a determinação dos pontos cardeais, obtendo as medidas da sombra no intervalo de uma em uma hora, começando às 9h e terminando às 15h. Assim que determinamos o ponto cardeal geográfico Sul, os alunos desenharam as Rosas dos Ventos no chão do pátio da escola, figura 45.

Figura 45: Determinação dos pontos cardeais e a confecção das Rosas dos Ventos.

Fonte: arquivo pessoal

Conseguindo determinar a posição do ponto geográfico Norte e o Sul, os alunos conseguiram trabalhar com o relógio de sol, determinar o horário solar e fazer as devidas correções através da equação do tempo (HL = HV - ET - Δ φ). Essa aula ocorreu no dia 09/09/2019.

Tabela 5: Aula prática com leitura de um Relógio de Sol.

	valores
Horário de referência	7h47min
HV	7h45min
ET	- 3 minutos
Δ φ	- 2 minutos
HL	7h50min
Erro	4,2%

A principal dificuldade com esta prática foi a existência de nuvens constantes na região da zona norte de São Paulo, uma vez que a escola está localizada nas proximidades da Serra da Cantareira. Tive que alterar várias vezes esta aula prática sobre a determinação do horário comercial com o solar, e no final da atividade houve um erro de 4,2%, sendo possíveis erros de leitura: o relógio de sol não estava corretamente posicionado; imprecisão na leitura na divisão dos minutos; os alunos não estão acostumados com relógios analógicos.

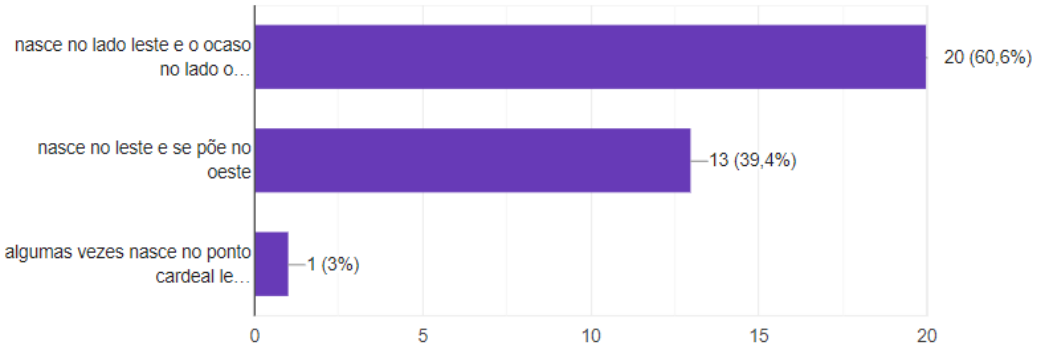
Figura 46: Leitura com o Relógio de Sol

Fonte: arquivo pessoal

Após ter trabalhado a sequência didática *Stellarium* - pontos cardeais, latitudes e movimento cíclico do Sol, os alunos responderam a um questionário. O resultado para as posições do nascer, o ocaso do Sol e sua localização em qual região da Terra, conforme demonstrado na figura 47, teve resultados assertivos de 60,6% para o lado leste e 39,4% determinaram na posição leste.

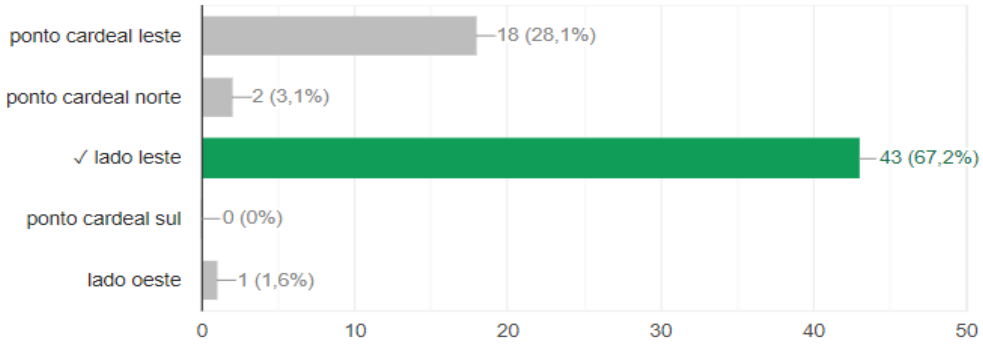
Na avaliação on-line com 116 alunos, a resposta para o lado leste ficou em 67,2% e 28,2% para o ponto cardeal leste, de acordo com a figura 48. Em ambos os casos houve uma melhora, comparando os dados do questionário prévio 27% para o lado leste e 65,1% para Leste, como demonstra na figura 47.

Figura 47: As posições do nascer e o ocaso (poente) do Sol são localizadas em qual região da Terra?



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 48: A posição do nascer do Sol durante o ano na Terra está localizada?



Fonte: arquivo pessoal.

Na finalização da atividade com o *Stellarium,* os alunos concluíram que:

a) o movimento cíclico do Sol pode variar muito, pois alguns meses do ano determinado país pode ter apenas período de claridade ou apenas período de escuridão;
b) dependo do horário o Sol fica em diferentes posições, sempre no sentido leste para o oeste;
c) o Sol sempre nasce no lado leste e se põe no lado oeste.

11.2. SEGUNDA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

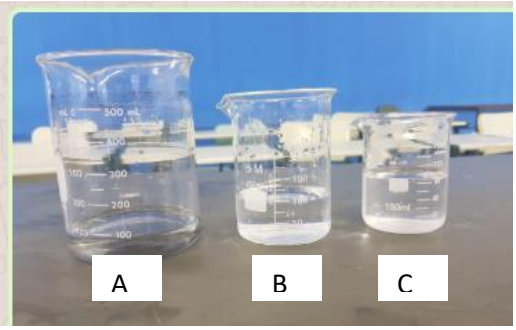
11.2.1. LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA

11.2.1.1. Verificação experimental da dependência do volume com a área e a altura e associar essas relações com área e tempo no caso de incidência de luz.

O objetivo desta atividade é associar a dependência da potência luminosa com a área da superfície iluminada e o tempo de exposição com a dependência do volume de líquido em um frasco com área da base do frasco e a altura do líquido.

Foram alocados três tipos de béqueres com tamanhos diferentes e com um volume de 100 ml de água, dispostos a cada um metro, Em ordem crescente, do menor para o maior.

Figura 49: Béqueres diferentes e com 100 ml de água.



Fonte: arquivo pessoal.

Em uma análise observacional com oito alunos, sete disseram que apenas o béquer menor apresentava um volume maior que os demais. Apenas um aluno acertou ao falar que todos possuíam o mesmo volume.,

Figura 50: Disposição dos béqueres a cada um metro.

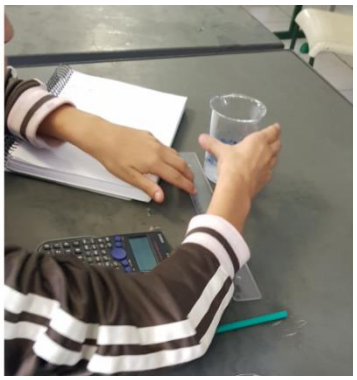
Fonte: arquivo pessoal

Para verificar qual observação estava correta, os alunos mediram os três béqueres como é mostrado na tabela 6.

Tabela 6: medidas de volumes.

béquer	DIÂMETRO	RAIO	ALTURA	VOLUME	ERRO (%)
	(cm)	(cm)	(cm)	(ml)	
1	9,5	4,75	1,5	106,2694	6,27
2	6,8	3,4	2,8	101,6355	1,64
3	5,7	2,85	4,2	107,1195	7,12

Figura 51: Determinando o volume



Fonte: arquivo pessoal.

O erro amostral deve-se à imprecisão das medidas, provocada pela espessura do vidro; para evitar tal erro é importante colocar anilina na água. Os alunos perceberam que aumentando a área da base a altura diminui, mas o volume permaneceu o mesmo.

11.2.1.2. <u>Verificação experimental da dependência da iluminação de uma área com a distância da fonte luminosa, baseada em estimativa sensorial e com auxílio do sensor LDR.</u>

O LDR (Light Dependent Resistor) é construído a partir de material semicondutor, sulfeto de cádmio (CdS) ou seleneto de cádmio (CdSe), com elevada resistência elétrica. O sensor mede a intensidade de luz que incide sobre o

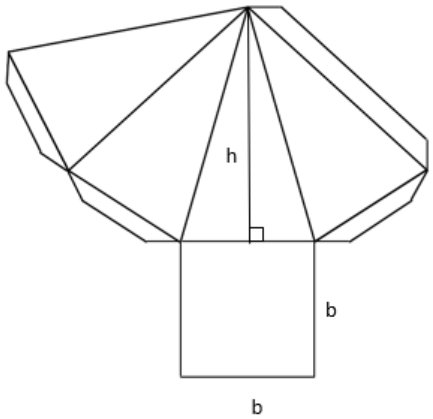
semicondutor, os fótons incidentes sobre o semicondutor libertam elétrons para a banda condutora que irão melhorar a sua condutividade e assim diminuir a resistência do material por meio do aumento da condutividade e a tensão aumenta de acordo com a luminosidade incidente no sensor. O sensor opera melhor na faixa da luz visível, principalmente na faixa correspondente ao verde-amarelo.

Com o sensor LDR pode-se realizar a automação residencial ou industrial através de: porta automática, alarme contra ladrão, controle de iluminação em um recinto, irrigação do jardim, contagem industrial.

Para confirmar a lei do inverso do quadrado foram desenvolvidas duas atividades envolvendo três pirâmides isósceles de ângulos sólidos idênticos e sensor LDR. Para tanto, deve-se:

a) Construir três pirâmides isósceles de base quadrada com as seguintes medidas: lados das bases (b) com 5, 10 e 15 cm e as alturas (h) com 7, 14 e 21 cm, respectivamente, em papel quadriculado, conforme o esquema de planificação da figura 52.

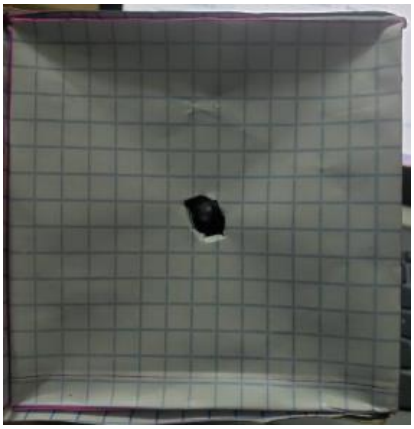
Figura 52: Planificação de um triângulo isósceles.



Fonte: arquivo pessoal.

b) No centro da base de cada pirâmide colocar sensor LDR para medir a intensidade de energia luminosa da fonte de luz.

Figura 53: Base da pirâmide.



Fonte: arquivo pessoal

c) Determinar a área de cada base no papel quadriculado com os respectivos medidas:

Tabela 7: Área das bases da pirâmide

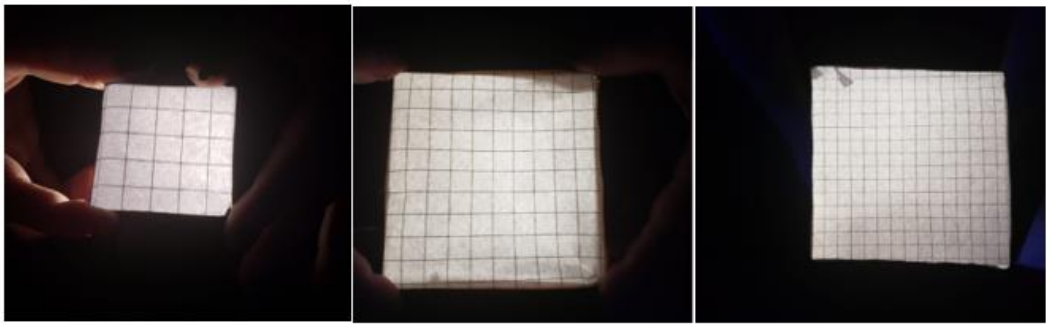
Pirâmide	Base quadrada (cm)	Altura (h) (cm)	Área da base (cm^2)
1	5	7	25
2	10	14	100
3	15	21	255

d) No topo da pirâmide colocar a lanterna do celular.

e) Ligar a fonte luminosa

f) Fazer uma análise visual na base das pirâmides em relação a intensidade luminosa

Figura 54: Base das quatro pirâmides iluminadas.



Pirâmide 1 Pirâmide 2 Pirâmide 3

Fonte: arquivo pessoal

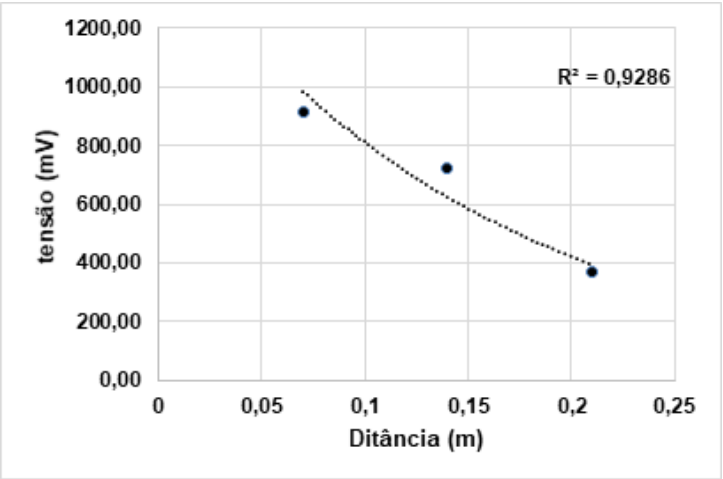
A pirâmide 1 apresenta uma base mais clara e a pirâmide 3 apresenta uma base mais escura.

g) Construir o gráfico com os resultados obtidos pelo LDR nas três pirâmides.

Tabela 8: Resultados da média das leituras de tensão do sensor LDR.

Pirâmide	Altura (h)(m)	tensão (mV)
1	0,07	914,33
2	0,14	721,67
3	0,21	367,80

Figura 55: Fluxo de luz pela lei do inverso ao quadrado.

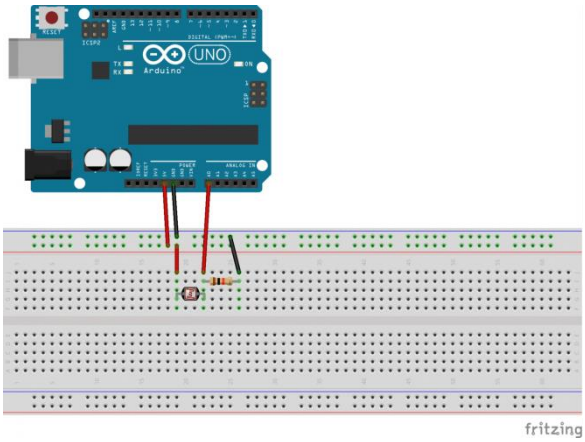


Fonte: arquivo pessoal.

Existe uma correlação nos dados de 92,862%. A fonte luminosa foi posicionada em alturas diferentes nas pirâmides isósceles, como a tensão aferida pelo LDR mostra uma relação da intensidade luminosa e essa cai pelo inverso do quadrado da distância é validado a Lei do Inverso do Quadrado da Distância.

11.2.1.2.1. Código do sensor LDR do arduino Uno e esquema de montagem.

Figura 56: Montagem do Arduíno Uno com o LDR.



Fonte: https://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/arduino-light-sensitive-resistor.

Código do sensor LDR para o Arduino Uno:

// sensor de luz LDR

```
int LDR; // declara a variável
void setup() {
pinMode( A0, INPUT);
Serial.begin(9600); // taxa de transmissão por segundo
}
void loop() {
LDR = analogRead(A0);
Serial.print("valor lido no LDR:\t"); // joga a informação na tela do valor lido
Serial.println(LDR); // ln é para ir a uma nova linha, formando colunas para facilitar a leitura
  delay(250);
}
```

11.2.1.2.2. Medidas descritivas dos dados dos da condutância do sensor LDR

Saía dos dados do sensor LDR para as quatro pirâmides analisadas com as respectivas médias, representando a medida de tendência central, sendo obtida por meio da divisão da soma de todos os valores pelo número de valores do conjunto de dados (equação X).

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} \qquad \text{(x)}$$

O desvio padrão informa quão próximo os valores coletados pelo sensor LDR estão agrupados em torno da média aritmética, conforme a equação (XX)

$$s^2 = \frac{\Sigma(x - \bar{x})^2}{n-1} \qquad \text{(xx)}$$

Tabela 9: Saída dos dados da tensão do LDR.

Tomada	Pirâmide 1 Tensão (mV)	Pirâmide 2 Tensão (mV)	Pirâmide 3 Tensão (mV)
1	920	666	318
2	916	648	338

3	917	650	353
4	915	686	340
5	916	704	357
6	919	730	404
7	915	708	390
8	915	710	396
9	916	752	400
10	911	754	398
11	910	759	394
12	912	762	378
13	911	769	370
14	911	778	354
15	911	749	327
Média	914,33	721,67	367,80
Desvio padrão	3,20	43,70	28,90
1º quartil (25 %)	911,00	695,00	346,50
2º quartil (50 %)	915,00	730,00	370,00
3º quartil (75 %)	916,00	756,50	395,00
Mediana	915,00	730,00	370,00

Os gráficos boxplot fornecem uma análise visual da:

a) Posição: Em relação à posição dos dados, observa-se a linha central do retângulo (a mediana ou segundo quartil).
b) Dispersão – A dispersão dos dados pode ser representada pelo intervalo interquartílico que é a diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil (tamanho da caixa) e é calculada da seguinte maneira: valor máximo – valor mínimo.
c) Simetria – Um conjunto de dados que tem uma distribuição simétrica, terá a

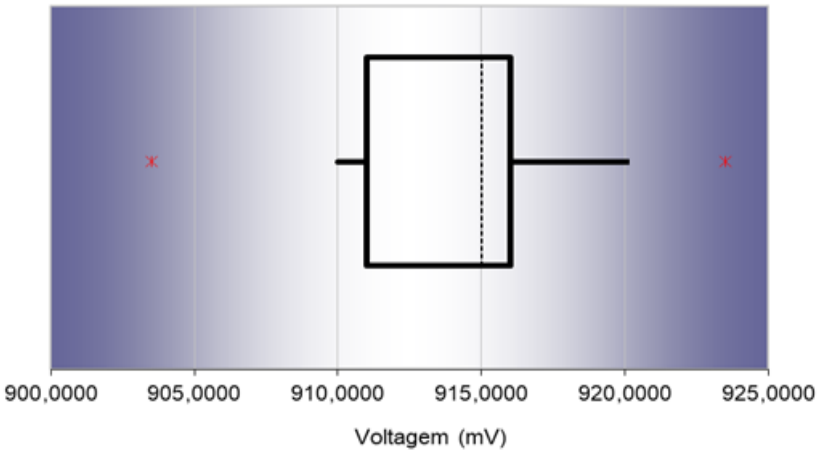
linha da mediana no centro do retângulo.

d) Caudas – As linhas que vão do retângulo até aos outliers podem fornecer o comprimento das caudas da distribuição.

e) Outliers – Já os outliers indicam possíveis valores discrepantes. isto é, “valores demasiadamente pequenos nos dados colhidos, ou demasiadamente grandes, em relação à maior parte dos valores de conjunto de dados” (MANN, 2016, p. 72) colhidos pelo sensor LDR.

A análise dos dados da pirâmide 1 (figura 57) revela o seguinte: a média da tensão do LDR é 914,33 mV, o 1° quartil (25%) com 911 mV, 2° quartil (50%) com 915 mV e o 3° quartil (75%) com 916 mV. O limite superior do gráfico boxplot com 923,5 mVc om o limite inferior com 903,5 mV, com moda de 911 mV e sem *outlier***.**

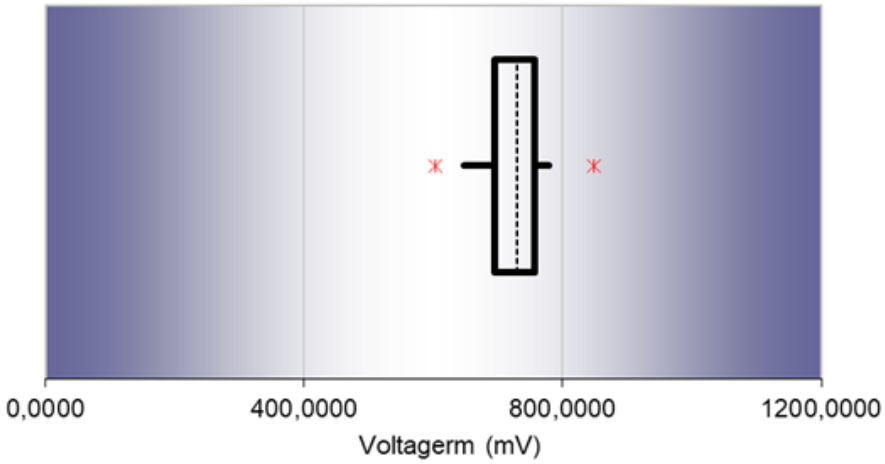
Figura 57: Estatística descritiva – boxplot - pirâmide 1



Fonte: arquivo pessoal.

A análise dos dados da pirâmide 2 (figura 58) revela o seguinte: a média da tensão do LDR é 721,67 mV,o 1° quartil (25%) com 695mV, 2° quartil (50%) com 730 mV e o 3° quartil (75%) com 756mV. O limite superior do gráfico boxplot com 848,75 mV com o limite inferior com 602,75 mV e sem *outlier.*

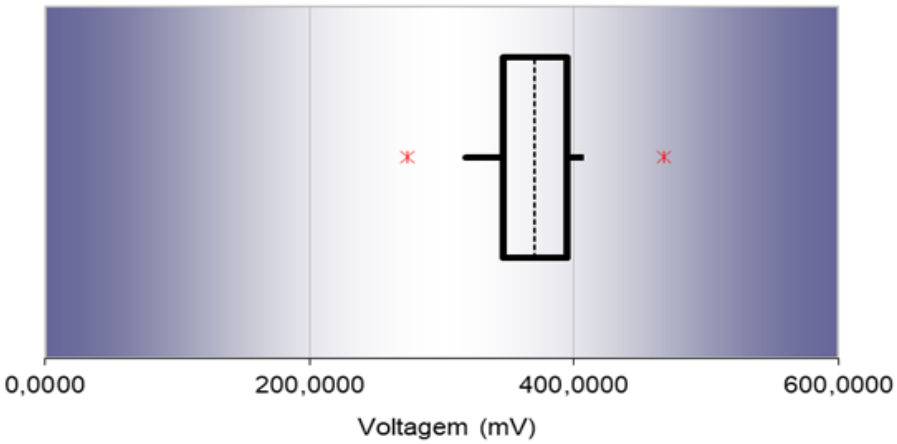
Figura 58: Estatística descritiva – boxplot - pirâmide 2



Fonte: arquivo pessoal.

A análise dos dados da pirâmide 3 (figura 59) revela o seguinte: a média da tensão do LDR é 367,80 mV, o 1° quartil (25%) com 346,50mV, o 2° quartil (50%) com 370,00mV e o 3° quartil (75%) com 395,00 mV. O limite superior do gráfico boxplot com 467,75mV com o limite inferior com 273,75mV e sem *outlier*.

Figura 59: Estatística descritiva – boxplot - pirâmide 3



Fonte: arquivo pessoal.

11.2.1.3 - <u>Verificação do fluxo de luz que chega nos planetas com a aplicação da lei do inverso do quadrado da distância.</u>

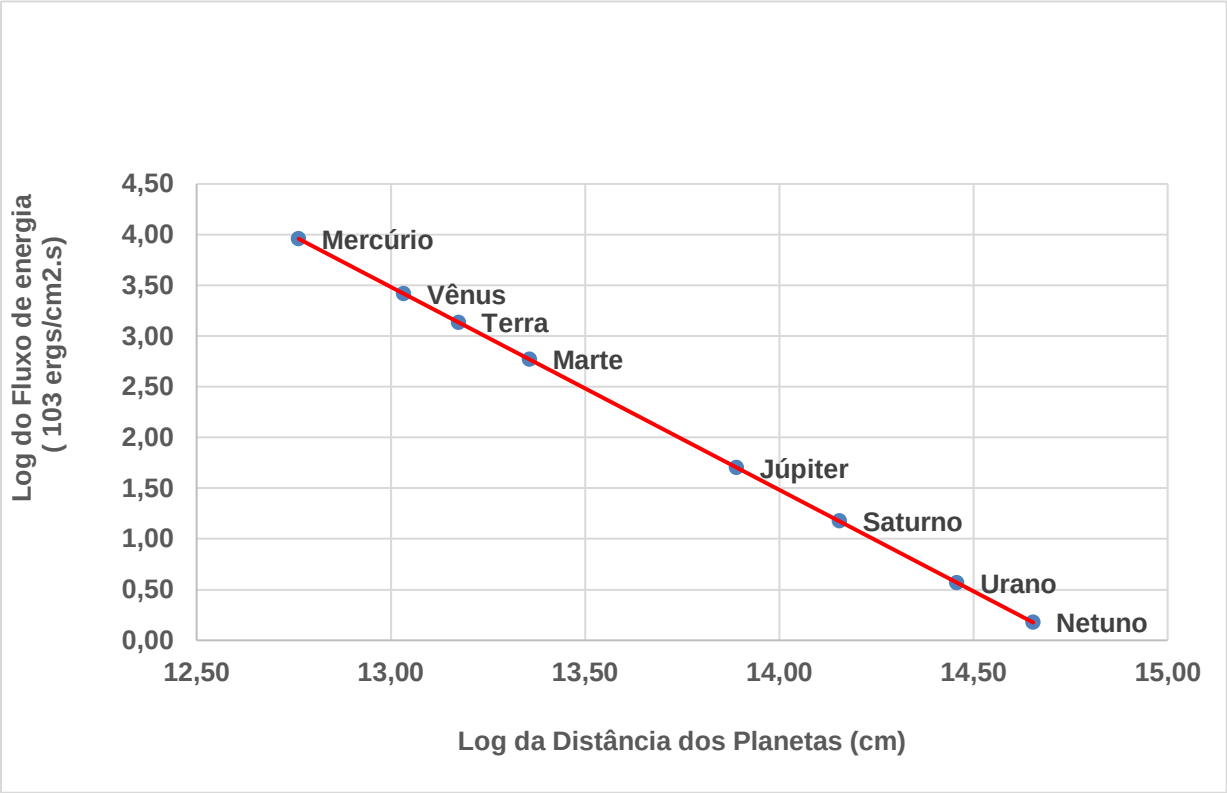
Observe a atividade:

1. Calcule o fluxo de luz solar que chega em cada planeta, considerando a luminosidade intrínseca do Sol (L) equivalente à $3{,}83 \times 10^{33}$ ergs/s e sendo "R" a distância heliocêntrica do planeta encontrada em bibliografia. Após preencher a tabela do fluxo luminoso, esboce o gráfico do fluxo luminoso em relação a cada planeta.

Tabela 10: Fluxo luminoso

Planeta	Distância em relação ao SOL (R)	R^2	Fluxo luminoso	Fluxo Luminoso
	cm	cm^2	$Fr=l/4\pi r^2$ F = L / ($4\pi R^2$)	$ergs/cm^2.s$
Mercúrio	$5{,}79*10^{12}$	$3{,}35.\ 10^{25}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 3{,}35.\ 10^{25})$	$9{,}09.10^{6}$
Vênus	$1{,}08*10^{13}$	$1{,}17*10^{26}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 1{,}17*10^{26})$	$2{,}61*10^{6}$
Terra	$1{,}50*10^{13}$	$2{,}24*10^{26}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 2{,}24*10^{26})$	$1{,}36*10^{6}$
Marte	$2{,}28*10^{13}$	$5{,}19*10^{26}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 5{,}19*10^{26})$	$5{,}87*10^{5}$
Júpiter	$7{,}78*10^{13}$	$6{,}06.10^{27}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 6{,}06.10^{27})$	$5{,}03*10^{4}$
Saturno	$1{,}43*10^{14}$	$2{,}04*10^{28}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 2{,}04*10^{28})$	$1{,}50*10^{4}$
Urano	$2{,}87*10^{14}$	$8{,}23*10^{28}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 8{,}23*10^{28})$	$3{,}70*10^{3}$
Netuno	$4{,}50*10^{14}$	$2{,}02*10^{29}$	F= $3{,}83.10^{33}/(4\pi.\ 2{,}02*10^{29})$	$1{,}51*10^{3}$

Figura 60: Fluxo luminoso em relação às distâncias de cada planeta do Sistema Solar.



Fonte: arquivo pessoal.

A figura 60, ilustra a variação do fluxo solar nas posições médias dos planetas em relação ao Sol (distância heliocêntrica). O fluxo de energia solar decai com o inverso do quadrado da distância. A distância heliocêntrica do planeta Mercúrio é aproximadamente 2,584 vezes menor que a da Terra, e ele recebe 6,677 ($2{,}584^2$) vezes mais energia solar do que a Terra. Netuno está cerca de 30,109 vezes mais distante do Sol do que a Terra, logo recebe um fluxo de energia solar aproximadamente 906,55 ($30{,}109^2$) vezes menor do que a Terra.

11.3. TERCEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

11.3.1. ESPECTROSCOPIA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS QUE COMPÕEM UMA ESTRELA

Em sala de aula, a abordagem foi do estudo dos espectros dos elementos químicos, com o intuito de mostrar como se identificam os elementos químicos constituintes do Sol e das estrelas em geral.

Em um primeiro momento, foram identificados os elementos químicos presentes nos espectros de emissão e absorção contidos em um impresso, conforme mostra a figura 37. Posteriormente, foi feita a identificação de quais elementos químicos pertenciam ao Sol.

Figura 61: Identificação dos elementos químicos através de espectros de emissão e absorção.

Fonte: arquivo pessoal

Após averiguaram que o Sol possui hidrogênio, hélio e carbono, usando o Caderno do Aluno e os impressos, os alunos passaram a identificar outros elementos químicos ou íons presentes no Sol.

Infelizmente, nesta última atividade de determinação de características espectrais e classificação de espectros, não houve tempo hábil de trabalhar adequadamente a proposta pelas demandas internas da escola. Onde as aulas da disciplina de Física foram destinadas às atividades de interação entre os alunos com o incentivo de desenvolver o protagonismo juvenil, sendo elas: campeonato de futebol organizado pela área de Linguagens e suas Tecnologias e dinâmicas sobre a Consciência Negra desenvolvidas na área de Ciências Humanas e suas Tecnologias, durante o quarto bimestre os alunos tiveram que sair da sala para organizar essas atividades.

Os alunos conseguiram de maneira rasa através das imagens do Atlas Stantard Spectral a determinação dos elementos químicos e moléculas nos diversos tipos de estrelas, mas não houve um aprofundamento comparativo entre as estrelas ao relacionar às temperaturas com as moléculas e elementos químicos na interpretação gráfica.

12. TABELAS

Tabela 11: Resultado do conhecimento prévio sobre o que são planetas

Respostas	N.A.	%
É um corpo que orbita uma estrela.	18	20,93
São esferas, ou melhor, corpos celestes, sendo formado de rochas ou gases/ é uma poeira que forma uma massa de bola/ conglomerado de rochas ou gases.	13	15,12
São estrelas.	9	10,47
Não sei.	8	9,30
Corpo celeste.	6	6,98
São esferas criadas por poeiras estelares com grandes quantidades.	5	5,81
Por causa da gravidade de uma estrela que está no centro, ela atrai partículas e elas colidem e vão formando rochas e se juntando fixando cada vez maiores e assim formando planetas.	3	3,49
São planetas do sistema solar com massa suficiente do corpo celeste.	2	2,33
São junção de massa na galáxia.	2	2,33
São esferas que contém várias camadas e massa, fusão de camadas e elementos que formam um planeta.	2	2,33
Matéria resultado do big bang.	2	2,33
Conjunto de elementos químicos.	1	1,16

Corpos celestes que orbitam o sistema solar, não produzem luz, tem calor próprio e gravidade também.	1	1,16
É um corpo que pode abrigar diversos elementos, por exemplo poeira, e pode ser oval com diversos tamanhos.	1	1,16
É um espaço muito grande, com gravidade, nem tanta natureza e objetos.	1	1,16
É um conjunto de massa e gases que obtêm um núcleo.	1	1,16
Um corpo celeste que fica girando em torno de uma satélite natural, como a Lua e o Sol, obtendo a presença de gases que indicam se são sólidos ou gasosos.	1	1,16
Esferas que possuem massa, etc.	1	1,16
Acho que são lugares que contém um tipo pelo menos de gás, como na terra que tem o gás oxigênio.	1	1,16
Corpo celeste capaz de suportar transformações.	1	1,16
Corpos celestes que orbitam um planeta.	1	1,16
Planeta é um corpo celeste que orbita uma estrela ou uma remanescente de estrela.	1	1,16
É a fusão de uma estrela com partículas unidas pela gravidade.	1	1,16
Planetas são corpos que rodeiam o sistema planetário e tem certa distância do Sol.	1	1,16
Resultado do choque de poeira intergaláctica.	1	1,16
São astros que contém algum dos elementos: ar, água, fogo e terra.	1	1,16
São bolas lá no espaço.	1	1,16
Total de respondentes	86	100,00

Tabela 12: Conhecimentos prévios sobre o Sistema Solar.

Respostas	N.A.	%
Planetas que giram em torno do Sol.	10	43,48
Não sei	2	8,70
Conjunto de planetas.	1	4,35
É o conjunto de planetas que tem como centro de gravidade o Sol.	1	4,35
É o conjunto de todos os planetas conhecidos e que orbitam o Sol e fazem parte dessa galáxia.	1	4,35
É o sistema associado ao Sol.	1	4,35
É o sistema onde o Sol auxilia e exerce função sobre os outros corpos celestes.	1	4,35
É um conjunto de órbitas, planetas, estrelas e asteróides.	1	4,35
É um conjunto planetário dentro da Via Láctea.	1	4,35
É um conjunto relacionado com o Sol.	1	4,35
É um vácuo no espaço, onde se tem muitas estrelas dentro, e dentro dessas estrelas têm a maior de todas e mais quente de outras estrelas celestiais que são os planetas que rodeiam elas.	1	4,35
Sistema que tem o Sol no centro.	1	4,35
Utilizados apenas para objetos amarrado pelo raio do sol.	1	4,35
Total de respondentes	23	100,00

Tabela 13: Conhecimentos prévios sobre o Sistema Planetário.

Respostas	**N.A.**	**%**
Não sei.	8	34,78
Conjunto de planetas.	4	17,39
É o sistema que não é associado ao Sol.	2	8,70
É a ordem que os planetas ficam em sua formação.		4,35
É quando há um planeta grande e os outros orbitam em torno dele.	1	4,35
É um corpo que orbita uma estrela.	1	4,35
É uma formação de objetos não estelares, tipo satélites, meteoritos etc.	1	4,35
Heliocentrismo.	1	4,35
Onde ficam os planetas.	1	4,35
Para demais sistema amarrado com outra estrela denominado.	1	4,35
Sistema onde os planetas giram em torno de outro planeta.	1	4,35
Sistema onde são contidos os planetas.	1	4,35
Total de respondentes	23	100,00

Tabela 14: Qual conclusão poderíamos ter sobre o movimento cíclico do Sol?

Respostas sobre o movimento cíclico **do Sol**
Algumas épocas ele nasce dependendo da região e da estação.
Dependendo do horário, fica em diferentes posições, sempre no sentido leste para o oeste.

É possível concluir que a localização determina se haverá dia, noite ou ambos. E que o movimento do Sol não é exato no lado leste dependendo da época do ano, nem no lado oeste ao se pôr.
Ele se movimenta de acordo com o seu cronograma.
Em determinada posição da Terra, não existe dia ou, às vezes, noite.
Em determinada região da Terra, não existe noite ou dia.
Nem sempre o Sol nasce no lado leste.
O altera dependendo a estação do ano.
O movimento do Sol pode variar muito, pois alguns meses do ano, em determinados países, podemos ter apenas dia ou apenas noite.
O Sol nunca nasce e morre na mesma posição, tem região do mundo que ficará dia por meses e em outros períodos ficam apenas de noite.
O planeta gira em torno do Sol, fazendo que não pegue luz no norte e sul.
O Sol é o centro do universo, e todos dos planetas o orbitam.
O Sol faz o movimento de leste para o Oeste.
O Sol não nasce certo no leste, e quando isso acontece não temos dia, pois ele não faz toda a volta.
O Sol não nasce exatamente no leste, assim como não se põe exatamente no oeste.
O Sol não nasce no mesmo lugar, em certas regiões e em certos meses o sol não nasce.
O Sol não nasce sempre no mesmo lugar.
O Sol não nasce sempre no mesmo lugar e vice-versa.
O Sol não nasce sempre no mesmo lugar, nem se põe no mesmo lugar, em outras regiões tem só noite e só dia.
O Sol nasce do lado leste e acaba no lado oeste, e o Sol muda de altura em cada época do ano.
O Sol nasce do lado leste e que alguns países não têm a noite ou o dia.
O Sol nem sempre nasce no ponto cardeal leste, em certas regiões do globo em alguns meses só tem noite ou só dia.
O Sol nunca nasce e se põe no mesmo ponto. Em alguns lugares a terra tem dias e noites mais estendidas.

O Sol sempre irá nascer do lado leste e se põe no lado oeste.
O Sol tem um movimento cíclico na diagonal ao leste e oeste, mas não tem um padrão no seu movimento.
No dia que é só noite, o Sol não aparece completamente, e no período que há só ia o céu não escuro completamente.
Podemos concluir que o movimento do Sol não é exato no lado leste dependendo da estação do ano e, ao se pôr no lado oeste, dependendo da localização no planeta, não há dia e nem noite.
Podemos concluir que o Sol é diferente em certas datas e lugares do mundo. Certos lugares não têm dia e outros têm.
Que o movimento que o Sol faz é diferente em algumas datas e lugares do mundo. Alguns lugares do mundo não têm dia e outros têm.

13. CONCLUSÃO

Este trabalho será destinado ao aprimoramento do ensino da ciência no curso de Física do Ensino Médio com o resgate histórico dos personagens que dedicaram o seu tempo ao estudo dos fenômenos naturais.

No decorrer desta pesquisa conscientizei-me da importância temporal das pesquisas científicas, ou seja. da história da evolução do conhecimento humano na astronomia e nas formulações de modelos teóricos que explicassem os fenômenos observados. Essa riqueza precisa ser transmitida aos alunos, para que eles compreendam que não existe isolamento na ciência, que todo o conhecimento científico é construído com base nos trabalhos dos antecessores e que a pesquisa científica está ao alcance de todos. Assim, é possível trabalhar com os alunos aspectos históricos do desenvolvimento científico relacionado ao assunto que é abordado no componente, previsto no programa de Física do Ensino Médio.

O uso da Astronomia no estudo da Física é uma estratégia excelente porque o Universo desperta um interesse natural nas pessoas. Paul Caro, cientista e delegado para os Assuntos Científicos da Cidade das Ciências e da Indústria de La Villette (França), assim se manifestou:

> Uma das áreas mais fáceis de divulgar é a astrofísica, porque tem belas imagens do céu e a origem da Universo é muito interessante. A história da criação é uma história clássica de qualquer religião ou conto de fadas. Por exemplo, a criação das estrelas, num processo que envolve química nuclear, é uma história atraente e as pessoas aprendem-na. Se fosse uma palestra sobre a química nuclear, não ouviriam[57].

O embasamento dos dados históricos, assim sendo, é uma riqueza para a explanação na sala de aula, para melhorar a fixação dos conteúdos trabalhados, que contempla desde a noção do primeiro conteúdo a ser abordado em Física, o tempo, até as mudanças do modelo cosmológico grego, passando pela revolução copernicana e chegando na Gravitação Universal de Newton.

O estudo das constelações não fica somente na simples e ingênua observação do céu, como também não se limita a compreensão da localização do observador na Terra. Ele transcende a tudo isso, sendo extremamente importante na observação do movimento cíclico dos astros, na noção da duração do período de claridade e na sua localização em diferentes regiões do planeta ao longo do ano.

Para a escola que aprende e promove o resgate do pensamento científico, é enriquecedor que a ministração das aulas teóricas e práticas sejam interrelacionadas, como ocorre no modelo da PEI, desenvolvendo a autonomia do aluno na forma de analisar e raciocinar os desafios apresentados na evolução do pensamento científico.

A partir do questionário prévio, constatei uma defasagem de conteúdos abordados no Ensino Fundamental, necessitando resgatá-los durante as aulas correntes do Ensino Médio. A observação de sondagem foi uma peça importante para determinar o ritmo das aulas, habilidades a serem desenvolvidas e conteúdos com defasagem.

O tema que mais chamou atenção foi o nascer do Sol; alguns alunos apontaram o Norte e o Oeste. Para sanar este conceito foi de extrema importância a elaboração da sequência de didática sobre o movimento diário do Sol, criada para as aulas da Eletiva e reutilizada nas Aulas de Prática de Ciências. As possíveis causas

---

[57] Enos Picazzio, A influência da astronomia na ciência e na humanidade, ComCiência n.112 Campinas 2009.

para a defasagem de conteúdo podem ser: falta de professor em certa época do ano, conteúdo não abordado e mudança de escola por parte dos alunos.

Na sequência didática “identificando uma constelação no céu”, os alunos relacionaram a atividade com objetos da infância e do seu cotidiano. Um exemplo foi a comparação da constelação de Leão com a imagem da personagem do animado “Rato” do Castelo Rá-Tim-Bum.

A determinação dos pontos cardeais e a participação dos alunos como autônomos durante as aulas da Eletiva foram essenciais para a marcação das posições das sombras do Sol. Como a escola fica no pé da Serra da Cantareira, tivemos alguns dias com nuvens no período da tarde prejudicando a atividade observacional e o levantamento de dados.

As aulas ao ar livre são um estímulo para a curiosidade nos estudantes, outro exemplo é o trabalho com o relógio de sol pude perceber que os alunos não estão acostumados a ler dados analógicos, portanto, um indício de que ao refazer esta atividade deveria ajustá-la adequadamente para ensinar os alunos a executarem esse procedimento.

Na segunda série estudamos a lei do inverso do quadrado da distância, os alunos não estavam familiarizados a trabalharem com levantamento de dados. Em um primeiro momento, desconsideravam a borda do béquer, prejudicando a leitura dos dados. Porém, ao mesmo tempo, tiveram cuidado com os detalhes do experimento. A exemplo disso vemos que quando foi colocada a luz nas pirâmides, conseguiram comparar com a primeira aula da sequência didática (verificação experimental da dependência do volume com a área e a altura, associando essas relações com área e tempo no caso de incidência de luz) relacionando o volume de água em cada béquer com o fluxo de luz espalhado nas bases das pirâmides.

Com a turma da 3ª série, a atividade que teve maior retorno foi a que determinou os espectros dos elementos químicos com as filipetas impressas. Como a turma apresenta grande dificuldade em Matemática e em interpretação de gráficos, a segunda parte da atividade não teve o resultado esperado. No que se refere a análise da relação entre a frequência os elementos químicos. Essa proposta,

portanto, deve ser revisada de modo a deixá-la mais atrativa para as próximas turmas. Outra causa que pode ter acarretado a desmotivação deste conteúdo foi a preocupação dos alunos com as atividades interdisciplinares de outras áreas, ocorridas na escola no mesmo período.

Como conclusão, podemos ressaltar que a estratégia de ensinar Física utilizando a Astronomia como elemento motivador está correta, pois essa ciência mostra de maneira atrativa os locais e as condições em que todos os fenômenos físicos ocorrem. Para os alunos, essa estratégia é eficiente porque mostra como ela deve ser mostrada, ou seja, uma atividade humana decorrente da observação da natureza que procura interpretar os fenômenos naturais através de modelos teóricos ou das relações empíricas. Como esse raciocínio também se aplica às demais áreas das ciências naturais, creio que os resultados práticos são amplos e, certamente, fundamentais no processo educacional.

14. PERSPECTIVA FUTURA.

As expectativas para a continuação desse trabalho no futuro seria o estudo do Currículo Paulista Etapa do Ensino Médio na área de Ciências da Natureza de como ser implantado na Rede Pública de Educação.

Como trabalhar com os currículos itinerantes com os diversos componentes curriculares e aplicando a Astronomia para a compreensão da Física nas unidades temáticas e com os respectivos objetos do conhecimento:

- ✓ Matéria e Energia - Teoria do Big Bang, Modelos cosmológicos (espaço curvo; inflação), Expansão do Universo, Modelo Padrão Relatividade Geral.
- ✓ Vida, Terra e Cosmos - Espectroscopia. Radiação (partículas elementares; força nuclear; força forte; força fraca; fusão e fissão nuclear; aceleradores de partículas; modelo padrão).

Estimular os alunos e professores a desenvolver as habilidades **EM13CNT209** (analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições

necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais) e **EM13CNT201** (Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente) com o aperfeiçoamento da atividade da espectroscopia, da série de Balmer, da radiação do corpo negro e das partícula elementares para a compreensão dos modelos da Física por meio da Astronomia.

Como produto final a elaboração de um livro sobre atividades experimentais de facil aplicação para serem utilizados em sala de aula, e a capacitação dos professores da rede pública através de curso com o intuito de deixar as aulas mais agradáveis aos alunos do Ensino Médio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAGNANO, NICOLA. ***Dicionário de filosofia***. tradução da 1° edição da tradução e tradução dos novos textos Ivone Castilho Benedetti. 5° ed.. São Paulo: Martins Fontes. 2007.
- AFONSO, G. B.. ***Determinação dos Pontos Cardeais com o Gnômon*****.** Astronomy Brasil: v. 2. p. 76-77. 2007
- AFONSO, GERMANO B.. ***Astronomia Indígena***. Anais da 61ª Reunião Anual da SBPC - Manaus. AM: Julho de 2009.
- AFONSO, GERMANO BRUNO; Nadal, Carlos Aurélio. ***História da Astronomia no Brasil*** (2013). Ed. Cepe. Recife: 2014.
- AGOSTINHO, SANTO. ***Os Pensadores: Santo Agostinho Confissões de Magistro***. tradução de J. Oliveira Santos e A. Ambrósio de Pina; 2. São Paulo: ed. Abril Cultural. 1980.
- ***Arato***. Fenômenos. Cadernos de Tradução. Porto Alegre: n o 38. jan-jun. 2016. p. 1-84.

- ARAUJO, DIONES CHARLES COSTA DE. ***Astronomia no brasil: das grandes descobertas à popularização***. 2010. Dissertação (Licenciado). Pro-Reitoria de Graduação Curso de Física. Universidade Católica de Brasília.
- ARISTÓTELES, ***Física de Aristóteles livro IV.*** Tradução para trabalho em sala: William de Siqueira Piauí. Gredos. Madrid: 1995. pp. 110 a 168 do original em espanhol.
- AZEVEDO, SAMARA DA SILVA MORETT; PESSANHA. MARLON CAETANO RAMOS; SCHRAMM. DELSON UBIRATAN DA SILVA; SOUZA. MARCELO DE OLIVEIRA. ***Relógio de sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional.*** *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2013. vol.35. n.2. p.1-12. ISSN 1806-1117.
- BALDIN,.YURIKO YAMAMOTO; SALVADOR,.JOSÉ ANTONIO. ***A arte de medir o tempo e a matemática: do gnomon ao relógio atômico***. Departamento de Matemática. Universidade Federal de São Carlos.
- BARROS-PEREIRA. HUMBERTO ANTONIO DE. ***Esferas de Aristóteles, círculos de Ptolomeu e instrumentalismo de Duhem***. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 33. n. 2. 2011. 2602.
- BASSALO, JOSÉ MARIA FILARDO. ***Nascimento da Física***. Revista Brasileira de Física. vol. 7. n° 1. 1995. p. 31-19.
- BITENCOURT, DANIELLA. ***O tempo na filosofia de Aristóteles. primeiras impressões***. Revista Filosofia Capital. Brasília: vol. 11. n. 18. p. 103-107. jan/dez 2001.
- BOCZKO, ROBERTO. Conceitos de astronomia. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda.1984.
- BRAGA, MARCO; GUERRA. ANDREIA; REIS, JOSÉ CLAUDIO. ***Breve história da ciência moderna. das máquinas do mundo ao universo-maquina***. Volume 2. Rio de Janeiro: Zahar editora. 2004.
- BRUNI, JOSÉ CARLOS. ***O presente: ontem e hoje***. Interações - Cultura e Comunidade. Volume 1. n°1. 2006. pg. 55-57.
- CARVALHO, ANA MARIA PESSOA DE. ***Calor e temperatura: um ensino por investigação***. São Paulo: Livraria da Física. 2014.

- CASTRO, RUTH SCHMITZ; CARVALHO. MARIA PESSOA. ***História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau***. Cad.Cat.Ens.Fís.. Florianópolis: v.9.n.3: p.225-237. dez.1992.
- CHERMAN, ALEXANDRE; VIEIRA. FERNANDO. ***O tempo que o tempo tem: por que o ano tem 12 meses e outras curiosidades sobre o calendário***. Rio de Janeiro: Zahar. 2008.
- COPÉRNICO, NICOLAU. ***As Revoluções dos Orbes*** . Celestes. 3° ed.. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa: 2014.
- CORRÊA, IRAN CARLOS STALLIVIERE. ***O Relógio de Sol através do tempo***. Departamento De GeoDésia – UFRGS. Porto Alegre: 2009.
- EISBERG, ROBERT; RESNICK, ROBERT. ***Física Quântica.*** Editora Campus. Rio de Janeiro: 1979. 26° impressão.
- FARES, ÉRIKA A.; MARTINS, KARLA P.;ARAUJO. LIDIANE M.; FILHO, MICHEL SAUMA. ***Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*** - RELEA. ISCA Faculdades. n. 1. p. 77-86. 2004
- FINI, MARIA INÊS. ***Matrizes de referência para a avaliação Saresp: documento básico/Secretaria da Educação***; coordenação geral. São Paulo: SEE. 2009.
- FITAS, AUGUSTO J. SANTOS. ***Os Principia de Newton. alguns comentários (Primeira parte. a Axiomática).*** Vértice. 72. 61-68. 1996.
- FRESNEL, Augustin-Jean. ***Annales de Chimie et de physique XVII***, 102. 1821.
- GALILEI, G. ***Duas novas ciências.*** Tradução: L. Mariconda e Pablo Rúben Mariconda. 2. ed. São Paulo: Nova Stella Editorial/Instituto Italiano di Cultura. 1988.
- GALUCH, MARIA TEREZA BELLANDA. ***Da vinculação entre ciência e ensino de ciência: contribuições para a formação do docente***. Maringá: Eduem. 2013.
- GARCIA, VLADIMIR GOMES. ***A gravitação universal na filosofia da natureza de Isaac Newton***. 2011. Dissertação de mestrado em história da Filosofia e Contemporânea. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.

- GLEISER, MARCELO. ***A dança do Universo: Dos Mitos de Criação ao Big Bang***. 4º ed. São Paulo: Companhia de Letras. 19970.
- HALLIDAY. DAVIV; RESNICK. ROBERT; HRANE. KENNETH S.. ***Física 4***. 5° ed.. Rio de Janeiro: LTC. 2014. p. 12.
- HAWKING, STEPHEN W.. ***1942 Uma nova história do tempo / Stephen Hawking e Leonard Mlodinow***; tradução Vera de Paula Assis. - Rio de Janeiro: PocketOuro. 2008
- HEATH, SIR THOMAS L. GREEK. ***Astronomy***. Dover Publications. Londres: 1991.
- HOVARTH, J. E.. ***O ABCD das Astronomia e Astrofísica***. 2° ed.. São Paulo: Livraria da Física. 2008.
- KAWAMURA, MARIA REGINA DUBEUX; HOSOUME, YASSUKO. ***Coleção explorando o ensino***. V.7. SBF.
- KUHN, THOMAS S.. ***A revolução copernicana: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental***. Lisboa: Edições 70.pg 66-93.
- LANGHI, RODOLPHO. ***Aprendendo a ler o céu; pequeno guia prático para a Astronomia Observacional***. 2° ed.. São Paulo: Editorial. 2016.
- ***Learning: the treasure within; report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twentyfirst Century (highlights)***. Paris: UNESCO. 1996.
- LONGHINI, MARCOS DANIEL***. Educação em astronomia: experiencias e contribuições para a prática pedagógicas***. Campinas: Editora Átomo. 2010.
- LOPES, MARIA HELENA OLIVEIRA. ***A retrogradação dos planetas e suas explicações: Os orbes dos planetas e seus movimentos. da Antiguidade a Copérnico***. 2001. Dissertação de Mestrado em História da Ciência. PUC-SP.
- LOPES, RODOLFO. ***Platão (Tradução do Grego. introdução e notas)***. Timeu-Critias. 3º Edição. Editora: Imprensa da Universidade de Coimbra: 2013. p.109
- MANN, S. PREM. ***Introdução à Estatística.*** LTC. Rio de Janeiro: pg. 72
- MARINO, GIUSEPPE. ***il compendium novae rationis restituendi kalendarium***. 2015.
- MARQUES, GIL DA COSTA. ***Mecânica clássica para professores***. São Paulo: Edusp. 2014.

- MARTINS, ROBERTO DE ANDRADE ; SILVA, CIBELLE CELESTINO**. *As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica***. Revista Brasileira Ensino Física. vol. 37. no.4. São Paulo: outubro de 2015.
- MOLINA, EDER. ***O que é. o que é?*** ***Norte geográfico e norte magnético***. PESQUISA FAPESP. Ed. 19. 2012. p.13.
- MORALES. PEDRO SJ. ***Avaliação escolar o que é. como se faz***. São Paulo: Editora Loyola.1998. pg. 14-15.
- MOURÃO, RONALDO ROGÉRIO DE FREITAS. ***Dicionário enciclopédico***. Rio de Janeir0: Ed. Nova Fronteira. 1987.
- NADAL, CARLOS A.; HATSCHBACH. FERNANDO. ***Introdução aos Sistemas de Medição de Tempo***. 2a Ed.. Curitiba. Curso de Pós- Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. 2000.
- NEWTON, ISAAC. ***Princípia. Princípios matemáticos de Filosofia Natural. Livro I***. 2° ed.. São Paulo: Edusp. 2018.
- NEWTON, ISAAC. ***Princípia. Princípios matemáticos de Filosofia Natural. Livro II e III***. 2° ed.. São Paulo: Edusp. 2017.
- OLIVEIRA, KEPLER DE; SARAIVA, MARIA DE FÁTIMA. ***Astronomia e Astrofísica***. 3° ed.. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2013.
- PEREIRA, JEFFERSON DE SOUSA. ***Construção de instrumentos de observação astronômica para o ensino de óptica geométrica*****.** 90 f. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília: 2016.
- PERUZZO, JUCIMAR; POTTKER, WALMIR ENO; PRADO, THIAGO PRADO. ***Física Moderna e Contemporânea***. Livraria da Física. São Paulo: 2012.
- PICAZZIO, ENOS*. **A influência da astronomia na ciência e na humanidade**,* ComCiência n.112. Campinas: 2009.
- PIETROCOLA, MAURÍCIO. ***Ensino de Física: conteúdos. metodologias e epistemologia em uma concepção integradora***. Florianópolis: Editora EFSC. 2006. pg. 77-87.
- PIRES, ANTONIO S. T. ***Evolução das idéias da Física***. Guthrie. 1962. pp. 282−290 e p. 333.

- PIROLO, MARCELO***. A contribuição de Robert Wihelm Busen e Gustav Robert Kirchhoff para a espectroscopia do século XIX. Pontifícia universidade Católica de São Paulo PUC/SP***. 2010, p. 11-52.
- ***Relógio de Sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional***. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 35. n. 2. 2403. SBF. 2013.
- RESQUETTI, SILVA OLIVEIRA; NEVES, MARCOS CESAR DANHOMI. ***Galileu e sua obra no ensino de Física hoje***. Maringá: Eduem. 2011.
- RIBEIRO JUNIOR, JOSÉ IVO. ***Análise estatística no Excel: guia prático.*** 2° ed., rev. e amplo. Viçosa, MIG. ED. UFV. 2013. p. 123-124.
- RIBEIRO, ANA RITA; COELHO. LUIS; BERTOLAMI. ORFEU; ANDRÉ. RICARDO. ***Luz: História. Natureza e Aplicações.*** volume 39. artigo geral. n ½. Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. pg 6-13.
- SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. ***Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da natureza e suas tecnologias.*** Secretaria da Educação. 1° edição. São Paulo: SE. 2012.
- SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. ***Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Humanas e suas tecnologias.*** Secretaria da Educação. 1° edição. São Paulo: SE. 2012.
- SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. ***Currículo do Estado de São Paulo: Matemática e suas tecnologias.*** Secretaria da Educação. 1° edição. São Paulo: SE. 2012.
- SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. ***Matrizes de referência para a avaliação Saresp***: documento básico/Secretaria da Educação; coordenação geral. Maria Inês Fini. – São Paulo: SEE. 2009.
- SÃO PAULO SECRETARIA DA EDUCAÇÃO. ***Material de apoio ao programa ensino integral do estado de são paulo diretrizes do programa ensino integral caderno do gestor. 1° ed..*** 1° edição. São Paulo: SE. 2012.
- SAVBETTI, ALFREDO ROQUE. ***A história da luz.*** 2° ed.. São Paulo: Livraria da Física. 2008.

- SILVA, BONIEK VENCESLAU DA CRUZ. ***O modelo vibracional da luz de Huygens e o ensino de Física: Equívocos. desafios e possibilidades***. Lat. Am. J. Phys. Educ.. Vol. 5. No. 2. 2011. p. 467-474.
- SILVA, CIBELLE CELESTINO; PIMENTEL, ANA. ***Benjamin franklin e a história da eletricidade em livros didáticos***. Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo. 2006.
- SILVEIRA, FERNANDO LANG DA. ***A teoria do conhecimento de kant: o idealismo transcendental***. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis: v.19. número especial: p. 28 al: p. 28-51. jun. 2002 51. jun. 2002. Porto Alegre.
- SOUZA, PAULO DE HENRIQUE DE. ***Tempo. ciência. história e educação: um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico***. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência). Instituto de Física. Universidade de São Paulo.
- TOSSATO, CLAUDEMIR ROQUE. ***A função do olho humano na óptica do final do século XVI***. Scientle studia. São Paulo: v3. n3. p 415-441. 2005.
- TOSSATO, CLAUDEMIR ROQUE***. Dissertação: O processo de elaboração das duas primeiras leis keplerianas dos movimentos planetários.*** Departamento de Filosofia Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas USP. São Paulo: 199.
- TOSSATO, CLAUDEMIR ROQUE***. Dissertação: O processo de elaboração das duas primeiras leis keplerianas dos movimentos planetários.*** Departamento de Filosofia Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas USP. São Paulo: 1999.
- VÁRIOS AUTORES. ***Astronomia: Uma visão geral do Universo.*** 2° ed.. 1 reimp. São Paulo: Edusp. 2006. pg. 32-34.
- VIEGAS, SUELI M. M.. ***No coração das Galáxias.***1° ed.. São Paulo: Edusp. 2007.
- YOUNG, HUGH D. ***Física IV: ótica e Física Moderna Young e Freedman.*** Tradução Cláudia Martins. Pearson Education do Brasil. São Paulo: 2009.
- ZAGO. JOSÉ ANTONIO. ***Da maçã de Eva à maçã de Newton.*** Aufklärung. Revista de Filosofia. vol. 4. núm. 2. mayo-agosto. 2017. pg. 131-148.

- ZILIO, SÉRGIO CARLOS. ***Óptica Moderna***. IFSC. Universidade de São Paulo. São Paulo: 2009.

REFERÊNCIAS ON-LINE:

- A importância dos instrumentos astronômicos de Tycho Brahe para a astronomia e a cosmologia dos séculos XVI e XVII. . Disponível em: <http://www.uesc.br/eventos/ivseminariohfc/resumos/aimportanciadosinstrumentos.pdf>. Acesso: 15/10/2019.
- A longa história da descoberta da Galáxia. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~jacques/cap1.pdf>. Acesso:31/12/2019.
- A Polêmica do 13º Signo. Disponível em: <http://planetario.ufsc.br/a-polemica-do-13%C2%BA-signo/>. Acesso: 01/01/2019.
- Aula 17: Espectroscopia. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula17-132.pdf>. Acesso: 11-10-2020.
- Conhecendo as constelações, o que é constelação. Disponível em: < http://www.observatorio.ufmg.br/dicas13.htm>. Acesso: 02/01/2019.
- Conhecimento: Aprenda a estimar as distâncias que envolvem os objetos no céu!. Disponível em: <https://www.apolo11.com/distancias_no_ceu.php>. Acesso: 07/01/2019.
- Divulgação e ensino de Astronomia e Física por meio de abordagens informais. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172018000400603&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso: 09/01/2020.
- Educação Básica: 21,6% dos professores não possuem superior completo. No Ensino Médio, as disciplinas mais afetadas pela falta de professores com formação são Física, Língua Estrangeira e Química. No Fundamental, a lacuna está em Matemática. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/9951/educacao-basica-216-dos-professores-nao-possuem-superior-completo>. Acesso: 13/01/2019.
- Edwin Hubble. Disponível em: <http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/1-08/Edwin_Hubble.pdf>. Acesso:31/12/2019.

- Edwin Powell Hubble. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2015/040/>. Acesso:31/12/2019.
- Euclides de Alexandria (por volta de 325 a.C. - 265 a.C. Disponíevl em: <http://ecalculo.if.usp.br/historia/euclides.htm>. Acesso: 08/01/2020.
- Filolau de Crotona. Disponível em: <http://dicionario.sensagent.com/Filolau%20de%20Crotona/pt-pt/>. Acesso: 09/07/2019.
- Física Aristóteles. Disponível em: <http://bibliotecadigital.tamaulipas.gob.mx/archivos/descargas/31000000125.PDF>. Acesso: 01/02/2019.
- História das constelações ocidentais. Disponível em: <http://www.zenite.nu/historia-das-constelacoes-ocidentais/>. Acesso: 02/01/2019.
- https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4410853/mod_resource/content/1/BNCC-EM%20-%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Aula%20Propostas%20e%20Projetos.pdf. Acesso: 24/05/2020.
- Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394.htm>. Acesso: 18/11/2018.

- Movimento dos Planetas. Disponíevel em: < http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm>. Acesso: 29/9/2019.
- Nicolau Copérnico (1473-1543). Disponível em: <http://plato.if.usp.br/1-2003/fmt0405d/apostila/renasc7/node3.html>. Acesso: 29/9/2019.
- Norte geográfico e norte magnético. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/07/Pesquisa_197-101.pdf>. Acesso: 29/12/2018.
- O Sistema Planetário na visão do filósofo Filolau. Disponível em: <http://pansophia-filosofia.blogspot.com/2015/04/o-sistema-planetario-na-visao-do.html>. Acesso: 09/07/2019.
- Oficina 8: Astronomia. Disponível em: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/11619/Relogio%20de%20sol.pdf?sequence=1>. Acesso: 15/12/2018.
- Olhar para o Céu (apostila), Notas de estudo de Física. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/olhar-para-o-ceu-apostila/4750440/>. Acesso: 10/10/2020.
- Orientações Geográficas e Relógio de Sol. Disponível em: http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/oficinas_pdfs/Orientacao_Geografica_e_Relogio_de_Sol.pdf. Acesso> 12/10/202
- OS “ANÉIS DE NEWTON” E A TEORIA CORPUSCULAR DA LUZ Disponível em: http://www.ifsc.usp.br/~cibelle/arquivos/T0154-1.pdf. Acesso: 12/01/2020.
- Os princípios cosmológicos de Filolau ed a música. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/11538/1/Guilherme%20Magalhaes%20Oliveira.pdf>. Acesso: 09/07/2019.
- Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> . Acesso: 05-12-2018.
- Qual é a origem dos nomes dos meses? Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/qual-e-a-origem-dos-nomes-dos-meses/> . Acesso: 24/01/2019.
- REFERENCIAIS CURRICULARES PARA A ELABORAÇÃO DE ITINERÁRIOS FORMATIVOS. Disponível em:

<http://novoensinomedio.mec.gov.br/resources/downloads/pdf/DCEIF.pdf>. Acesso:24/05/2020.

- Sobre as origens das Leis de Fresnel. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FYr9c9PSqnNcZYvNh7ycjGc/?lang=pt>. Acesso: 23/07/2021.
- TUTORIAL Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores. Disponível em: <https://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_aplicacoes_e_funcionamento_de_sensores.pdf>. Acesso: 14/2/2021.
- Um breve panorama histórico sobre a observação e catalogação das nebulosas. Disponível em: <http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh6/SHVI/trabalhos%20orais%20completos/trabalho_119.pdf>. Acesso: 07/04/2020.

APÊNDICE A - PRODUTO FINAL

As atividades elaboradas servirão como apoio ao ensino de Física dentro das aulas da de Prática de Ciências no Programa Ensino Integral e nas aulas da BNCC.

As atividades propostas para a primeira série do Ensino Médio com o tema Universo, Terra e Vida deverão ser aplicadas no segundo semestre do curso. Para a melhor compreensão devemos ensinar os alunos a identificarem os fenômenos naturais em sua volta, principalmente, o movimento do Sol durante o período diurno e a identificação das constelações no céu noturno do Hemisfério Sul.

Na segunda série do Ensino Médio com o tema Luz serão abordados os conteúdos equivalentes as características físicas, fontes e as transmissões eletromagnéticas. As atividades propostas aos alunos terão como objetivo compreender a propagação das ondas eletromagnéticas emitidas através de uma fonte de luz primária e como esse fluxo de luz emitido por esta fonte chega nos planetas do nosso Sistema Solar.

Na terceira série o conteúdo abordado é A matéria e as radiações. Essa proposta pauta-se em Átomos e radiações, desenvolvido a partir das sequências de atividades propostas. O estudo fixa-se em espectros de radiação dos elementos químicos e

análise de gráficos dos espectros de estrelas, também aborda a identificação dos elementos químicos, substâncias e moléculas presentes nas estrelas.

PRODUTO FINAL 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

Sequência didática 1: Um passeio pelo Stellarium com o intuito de observar os períodos de claridade e de escuridão durante o ano em certas regiões do planeta.

A atividade desenvolvida tem como objetivo a compreensão por parte dos alunos(as) sobre a duração do período de claridade e de escuridão durante o ano em várias regiões do globo terrestre (São Paulo e regiões polares) com o apoio do software Stellarium. A sugestão desta atividade é de ser trabalhada nas aulas de Laboratório Seco de Física ou das aulas da Eletiva.

PLANO DE AULA
TEMA: Um passeio pelo Stellarium com o intuito de observar os períodos de claridade e de escuridão durante o ano em certas regiões do planeta.
OBJETIVOS
Comparar o movimento cíclico do Sol em determinadas épocas do ano na região de São Paulo e analisar as regiões dos pólos e qual impacto pode acarretar na vida humana. Compreender o conceito da duração do dia entre o “horário comercial” com o período de claridade e de escuridão em várias regiões do globo terrestre.
HABILIDADES
Identificar e caracterizar diferentes astros que compõem o Universo; Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e Lua e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana.
DURAÇÃO
2 aulas de 50 minuto

METODOLOGIA
● Levantamento prévio sobre: Onde nasce o Sol? O que é significa a palavra **dia?** Existe alguma região do planeta onde existam apenas períodos de claridade ou escuridão em determinadas épocas do ano? ● Apresentação sobre o movimento cíclico do Sol. ● Sequência didática: movimento cíclico do Sol.
AVALIAÇÃO
Avaliação diagnóstica sobre os pontos cardeais, onde nasce o Sol e qual o significado das palavras “dia” e “noite” na visão do aluno**.** Avaliação com o questionário dissertativo sobre o movimento cíclico do Sol.
REFERÊNCIAS
● **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias** / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. pg. 108-109. ● Cecílio Júnior, Edson Pedro, **Stellarium: aprendendo astronomia com software**, 1° ed, Curitiba, Appris, 2016, pág. 33-70.· Corrêa , Iran Carlos Stalliviere, O Relógio de Sol através do tempo, Departamento De GeoDésia – UFRGS, Porto Alegre, 2009.

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio

Componente Curricular: Física

Ano /Série: primeira série.

Duração da atividade: duas aulas de cinquenta minutos.

Habilidades: Identificar e caracterizar diferentes astros que compõem o Universo. Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, da Terra e da Lua e as suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana.

Estratégia de Avaliação: relatório da atividade.

Objetivos da situação de aprendizagem: Comparar o movimento cíclico do Sol em certas épocas do ano na região de São Paulo. Analisar as regiões dos pólos e qual impacto pode acarretar na vida humana. Compreender o conceito da duração do dia dentro do “horário comercial” com o período de claridade e de escuridão em várias regiões do globo terrestre.

Organização da Classe: Divisão da turma em pares nos computadores da sala do Acessa (informática).

Recursos: Simulador Stellarium e computadores.

Materiais necessários: Software Stellarium e roteiro da atividade.

Iniciando a atividade: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar os conhecimentos dos alunos(as) em relação ao significado da duração do dia(período de claridade) e da noite(período de escuridão); a noção de localização dos pontos cardeais e em qual posição do Sol nasce durante o ano, deixando claro aos estudantes o que se espera deles e o que devem saber ao final desta aula, esses objetivos devem ser registrados na lousa/quadro escolar. Assim, ao final da aula, serão retomados para verificar se foram compreendidos. Esse resgate tem o intuito determinar os conhecimentos prévios e pontos de ancoragem que subsidiarão o desenvolvimento da aula, peça aos estudantes que falem sobre o que sabem acerca dos pontos cardeais, o nascer do Sol e a duração do período de claridade. Faz-se importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes, de forma que, o professor faça as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados. Solicite que leiam cada atividade e que trabalhem em equipe para conseguir trabalhar com estratégias de resoluções das atividades.

Desenvolvendo a atividade: Entregar aos estudantes a impressão da situação de aprendizagem**.** É importante perguntar aos estudantes o significado de equinócio, movimento cíclico do Sol, onde o Sol nasce e se na cidade de São Paulo a duração do período de claridade durante o é sempre o mesmo. Através do estudo do movimento cíclico do Sol, podemos confirmar através do simulador Stellarium que o Sol nasce no lado leste e se põe no lado oeste e que apenas nos equinócios o Sol nasce no ponto cardeal leste e se põe no ponto cardeal oeste. Comparar a duração do **período de claridade** nas diferentes regiões do planeta: nas regiões polares e na cidade de São Paulo. Solicite que leiam as atividades e trabalhem em equipe para desenvolver estratégias para a resolução das mesmas. É importante que o professor

circule pela sala e observe como os alunos estão criando suas estratégias de resolução e auxilie nas análises do Stellarium.

Finalização: Como conclusão, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos abordados. Na lousa/quadro fazer uma síntese em forma de lista, com tópicos e subtópicos, esquema ou mapa mental.

Avaliação: Avaliação diagnóstica sobre os pontos cardeais, onde nasce o Sol e qual o significado das palavras “dia” e “noite” na visão do aluno(a)**.** Avaliação com o questionário dissertativo sobre o movimento cíclico do Sol.

Fundamentos gerais: Variação do dia (período de claridade) ao longo do ano em função da latitude local.

A duração do período de claridade (dia) não é igual em todas as regiões do planeta, em algumas latitudes a duração da claridade poderá ser maior ou menor em comparação com o período de escuridão (noite).

O termo noite é considerado como o intervalo de tempo entre o ocaso e o nascer do Sol, em um lugar determinado da Terra, de um planeta, de um satélite, chamamos isso de período de escuridão. O dia corresponde ao intervalo de tempo compreendido entre o nascer e o pôr do Sol, em um determinado lugar do planeta ou satélite, chamamos de período de claridade. Quanto mais próximo da linha do Equador, menor é a variação da duração entre eles.

As variações da duração do dia e da noite ocorrem principalmente nas estações de Inverno e de Verão em cada hemisfério. Sendo considerado, por exemplo na cidade de São Paulo a duração da noite no Inverno maior que o período de claridade e o inverso na estação do Verão. A noite mais longa é a do solstício de inverno (21 de julho) e a noite mais curta ocorre no solstício de verão (21 de dezembro).

Através do programa do Stellarium o estudante poderá ver o nascer do Sol. O nascer do Sol é definido quando o disco solar aparece por completo na linha do horizonte em diferentes cidades, em várias latitudes, e determinar o horário que isso acontece. É definido nascer do Sol quando parte superior do disco solar encontra o

horizonte e o pôr do Sol se dá quando o Sol todo some, ou seja, quando a parte superior do disco solar toca o horizonte.

Para a determinação das coordenadas geográficas os alunos precisam ter a compreensão do significado de latitude e da longitude da disciplina de Geografia conforme definições:

- Latitude: Distância angular de um ponto ao plano fundamental, num sistema de coordenadas esféricas, contado a partir do plano fundamental, de 0 a 90º do lado do pólo positivo (ou pólo norte) e de 0 a -90º do lado oposto (ou pólo sul).
- Latitude geográfica é o ângulo que a vertical em um ponto da superfície da Terra faz com o plano do equador.
- Longitude: Distância angular da projeção de um ponto sobre o plano fundamental, num sistema de coordenadas esféricas, contando a partir de uma direção origem, em princípio de 0o a 360º.
- Longitude geográfica de um ponto na superfície terrestre, num sistema de coordenadas cujo eixo de referência constitui o eixo de rotação da Terra e cujo ponto de origem é aquele situado em Greenwich.

Roteiro da atividade:

1. Abrir o Stellarium.
2. Configurar a Cidade (F6) de São Paulo
3. Ajustar a data e hora (F5)para o dia 19/03/2019
4. Configuração (F4): projeção perspectiva (gnômica) marcadores: pontos cardeais, meridiano, esfera celeste, equador data, horizonte.
5. Observar o nascer e o ocaso do Sol durante os meses de janeiro a maio de 2019.
6. Observar os meses em que não há período de claridade no pólo norte (N82°45’40’’ e O32°55’56’’).
7. Observar os meses em que não há período de claridade no pólo sul (S82°45’40’’ e O32°55’56’’).
8. Responder às questões de fixação**.**

Questões a serem desenvolvidas

1. As posições do nascer e do ocaso (poente) do Sol são localizadas em qual região da Terra?
2. Como poderíamos localizar os pontos cardeais?
3. Em qual horário do dia 21/3/2019 o Sol está no seu ponto mais alto na esfera celeste?
4. Em quais meses há período de claridade período de escuridão na coordenada N82°45’40’’ e O32°55’56’’ e em quais estações sazonais esses fenômenos ocorrem nessas regiões?
5. Em quais meses há período de claridade período de escuridão na coordenada S82°45’40’’ e O32°55’56’’ e quais são as estações sazonais esses fenômenos ocorrem nessas regiões?
6. Quais conclusões podemos tirar sobre o movimento cíclico do Sol?

REFERÊNCIAS:

- ***Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação***; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. pg. 108-109.
- Cecílio Júnior, Edson Pedro, *Stellarium: aprendendo astronomia com software*, 1° ed, Curitiba, Appris, 2016, pág. 33-70.· Corrêa , Iran Carlos Stalliviere, O Relógio de Sol através do tempo, Departamento De GeoDésia – UFRGS, Porto Alegre, 2009.

Sequência de didática 2 : <u>Identificando uma Constelação</u>

A atividade desenvolvida foi baseada no site Ciência Mão da USP do ano de 2009, dos autores Ricardo A. Viana de Lacerda, Artur R. Viana Lacerda, Eloiza H. W.

Hieda, Geraldo Majela da Silva, Alexandre Cachone Pinto. A alteração sugerida é sobre a imagem que os alunos (as) conseguem ver e como eles a relacionam com os dias de hoje. A sugestão desta atividade é de ser trabalhada nas aulas de Laboratório Seco de Física ou nas aulas de Eletiva.

PLANO DE AULA	
TEMA: Identificando uma constelação	
OBJETIVOS	
Esta atividade foi proposta para observação do mapa celeste para comparar as estrelas que compõem uma constelação, analisando suas distância entre a estrela e a Terra, conhecer os nomes das estrelas mais brilhantes que fazem parte da constelação e construir um móbile representativo.	
HABILIDADES	
Identificar a caracterizar diferentes astros que compõem uma constelação; Buscar e organizar informações sobre estrelas e constelações; Relacionar ordens de grandeza de medidas astronômicas (conceito de ano-luz).	
CONTEÚDO	
Observar uma constelação e identificar os astros que a compõem com suas devidas distâncias, seus nomes com a ajuda do Stellarium.	
DURAÇÃO	
03 aulas de 50 minutos.	
MATERIAL	
Mapas das constelações; papel crepom: azul, branco, amarelo, laranja e vermelho, para confecção das estrelas; barbante;	cola quente; fita crepe ou adesiva; régua; lápis. Stellarium
METODOLOGIA	
Aula expositiva, grupos colaborativos na confecção do mobile.	
AVALIAÇÃO	
Trabalho em equipe e móbile.	
REFERÊNCIAS	

- **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação**; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. p. 108-109.
- http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=aas&cod=_astronomiarepresentacaod

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio

Componente Curricular: Física

Ano /Série: primeira série.

Duração da atividade: três aulas de cinquenta minutos.

Habilidades: Identificar a caracterizar diferentes astros que compõem uma constelação; Buscar e organizar informações sobre estrelas e constelações; Relacionar as ordens de grandeza de medidas astronômicas (conceito de ano-luz).

Estratégia de Avaliação: relatório da atividade e confecção de um móbile.

Objetivos da situação de aprendizagem: Esta atividade foi proposta para observação do mapa celeste para comparar as estrelas que compõem uma constelação, analisando suas distâncias entre a estrela e a Terra, conhecer os nomes das estrelas mais brilhantes que fazem parte da constelação e construir um móbile representativo.

Organização da classe: dividir a turma em grupos colaborativos de quatro alunos(as) e cada grupo deverá montar um móbile de uma constelação (sorteio).

Recursos: Software Stellarium, computador e roteiro da atividade.

Materiais: Mapas das constelações em papel sulfite; carta celeste com uma constelação para montagem dos móbiles; papel crepom nas cores azul, branco, amarelo, laranja e vermelho, para confecção das estrelas; barbante; cola quente; fita crepe ou adesiva; régua; lápis.

Iniciando a atividade: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados aos conhecimentos dos alunos(as) sobre o significado de constelações, distâncias astronômicas. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final dessa

aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. Com o intuito de resgatar os conhecimentos prévios e pontos de ancoragem que subsidiarão o desenvolvimento da aula, peça aos estudantes que falem sobre os nomes das constelações conhecidas no seu dia a dia, o que pode observar no céu noturno e as distâncias astronômicas. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma que, caso haja, faça as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados. Definir os grupos e dividir as cartas celestes.

Desenvolvendo a atividade: Professor inicie a atividade com uma sondagem diagnóstica com a turma através das seguintes questões: “O que é constelação?”; quais as constelações os alunos(as) conhecem? Este é um tema geralmente pouco explorado, mas muito interessante ao se trabalhar o eixo temático “Terra e Universo”, é o das constelações, por diversas razões: envolve atividades práticas muito atraentes de observação e reconhecimento do céu a olho nu, possui uma importância histórica muito grande, servindo de fundamento para a descrição e compreensão da diferença entre planeta e estrela e do movimento planetário e ainda propicia o desenvolvimento de interessantes atividades interdisciplinares e multiculturais.

Mais recentemente, a União Astronômica Internacional, que congrega os astrônomos profissionais de todo o mundo, decidiu padronizar o que era tradição e dividiu todo o céu em 88 constelações. Na concepção moderna, usada na Astronomia atual, as constelações correspondem não mais a agrupamentos de estrelas e figuras mitológicas, mas a regiões bem definidas e delimitadas do céu, mas que tentam guardar correspondência com as tradicionais constelações imaginadas pelos povos antigos. Utilizar o Stellarium para pesquisar as distâncias de cada constelação em ano-luz de cada estrela que compõe a constelação; Orientar a confecção de estrelas feitas com tiras de papel crepom; Revisar escalas de medida e montagem do móbile. Solicite que leiam cada atividade e que trabalhem em equipe para conseguir trabalhar com estratégias de resoluções das atividades.

Finalizando: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos

abordados. Na lousa/quadro fazer uma síntese em forma de lista, com tópicos e subtópicos, esquema ou mapa mental.

Avaliação: Avaliação diagnóstica sobre os sobre o significado de constelações, distâncias astronômicas. Avaliação roteiro de atividade. Confecção do móbile.

Situação-Problema: Como reconhecer uma constelação a olho nu. As estrelas que constituem uma dada constelação estão à mesma distância em relação à Terra?

Hipóteses: Como os astrônomos do passado relacionaram os nomes das constelações? As estrelas estão todas na mesma distância em relação à Terra?

Observações e Resultados: Os alunos devem observar que cada estrela que constitui a constelação, está a diferente distância em relação às demais.

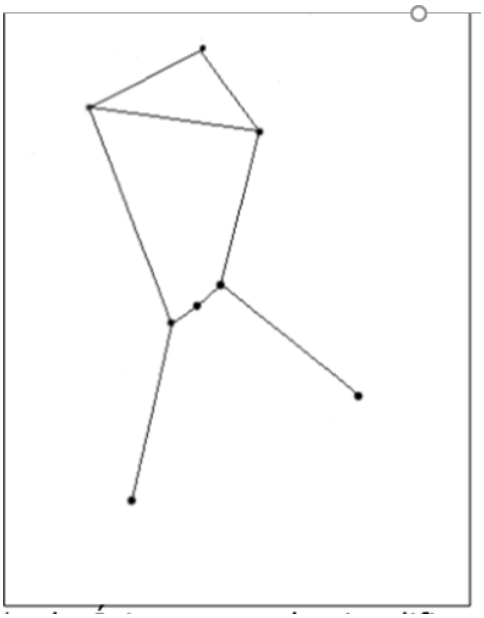
Roteiro da atividade: Nesta atividade vamos montar constelações usando a brincadeira de ligar os pontos e encontrar uma figura. Usaremos as constelações geradas a partir de cartas celestes. Comece com constelações mais fáceis de identificar no céu, como a do Cruzeiro do Sul, Órion, Escorpião, Cão Maior, etc. No nosso exemplo, vamos escolher a constelação de Órion, o gigante caçador. Conta a lenda que Órion estava exterminando todos os animais de sua região, quando Diana, a deusa da natureza, muito triste com o que estava acontecendo, enviou um escorpião para que este envenenasse Órion com sua picada. Ao se encontrarem, Órion imediatamente pisou no Escorpião que, mesmo assim, o envenena com sua picada. Então ambos são enviados para o céu. Há uma eterna busca, enquanto a constelação de Órion nasce no horizonte leste, a constelação de Escorpião se põe no horizonte oeste. Tente verificar isso em uma noite. Vamos montar a constelação de Órion.

Figura 1 - constelação de Órion

Fonte: Ciencia à mão.

Agora vamos montar a constelação, vamos ligar os ombros até a cintura do caçador, primeiro o ombro direito depois o esquerdo. Então ligamos a cintura, na verdade as “Três Marias”. Da cintura partimos para as pernas. Fica bem fácil construir a constelação assim. Observe que uma estrela parece “sobrar”, entretanto ela representa uma das estrelas da cabeça de Órion e podemos ligá-la ao ombro. Esta atividade é bem simples. Principalmente quando já conhecemos a constelação. Representamos apenas as suas estrelas mais brilhantes. Ao procurar a constelação no céu temos muito mais facilidade de encontrá-la.

Figura 2 - Montagem da constelação de Órion

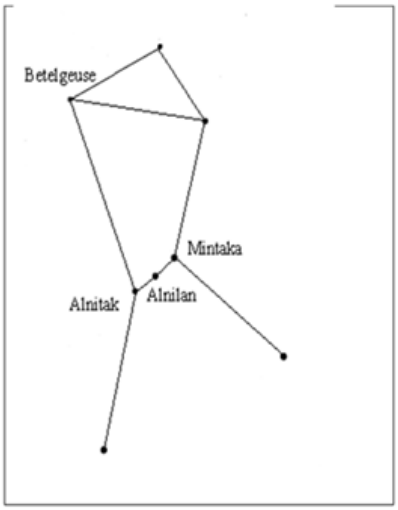


Fonte: Ciencia à mão.

Constelação de Órion montada simplificadamente

Abir o Stellarium e pesquisar a constelação para determinar o nome das estrelas mais brilhantes que fazem parte da constelação e a suas respectivas distâncias.

Figura 3 -Constelação de Órion com a distâncias das estrelas.



Fonte: Ciencia à mão.

Betelgeuse – 495,95 anos-luz

Mintaka, 916,17 anos-luz

Alnilan 1976,71 anos-luz

Alnitak.- 817,43 anos-lu

Por que será que essas estrelas recebem nomes aparentemente complicados? É interessante saber, pelo menos, os nomes das estrelas mais brilhantes das constelações, facilita o aprendizado na hora de identificar as estrelas e consequentemente as constelações no céu. Não esquecer de identificar Órion e as ”Três Marias” a noite.

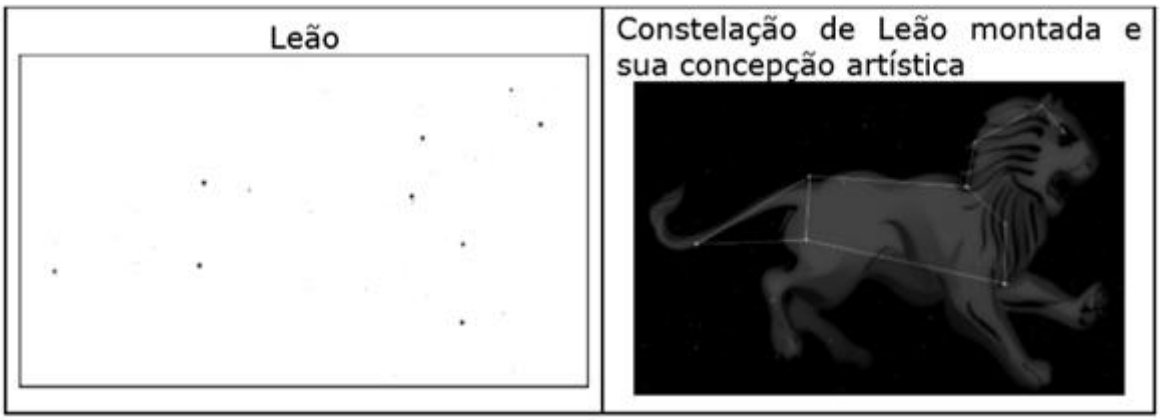
Roteiro da atividade

1. Ligue os pontos conforme a constelação ao lado. Com qual imagem você relacionaria hoje em dia com o desenho formado?

Figura 4 - Cruzeiro do Sul

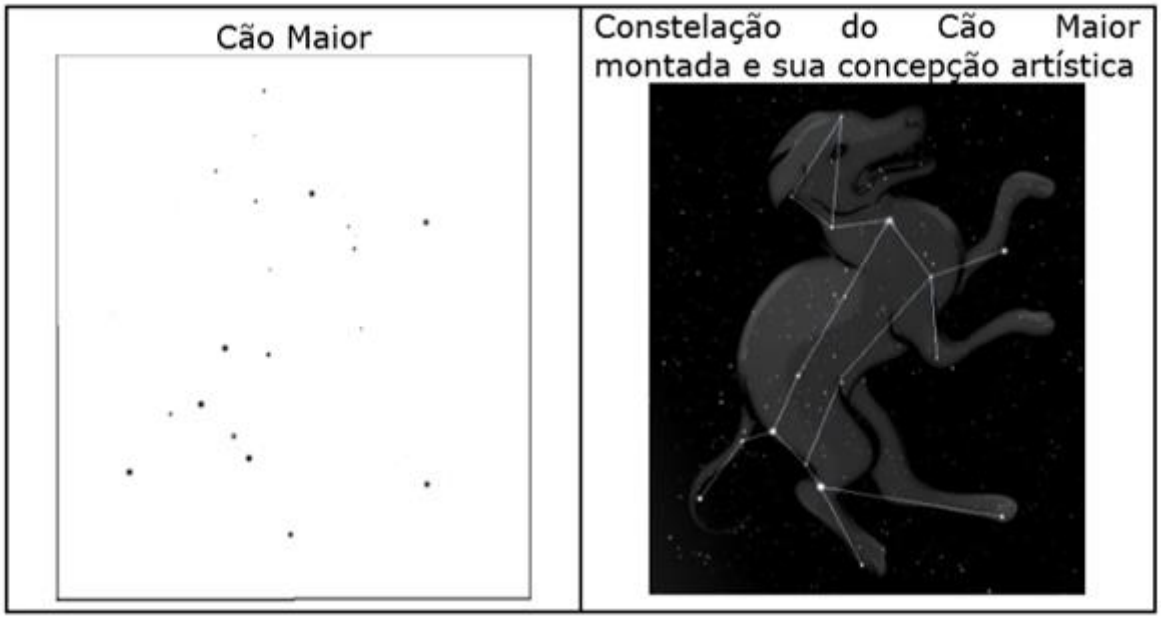
Fonte: Ciencia à mão.

Figura 5 - Leão



Fonte: Ciencia à mão.

Figura 6 - Cão Maior



Fonte: Ciencia à mão.

2. Vamos confeccionar agora os móbiles das constelações que estão no anexo:

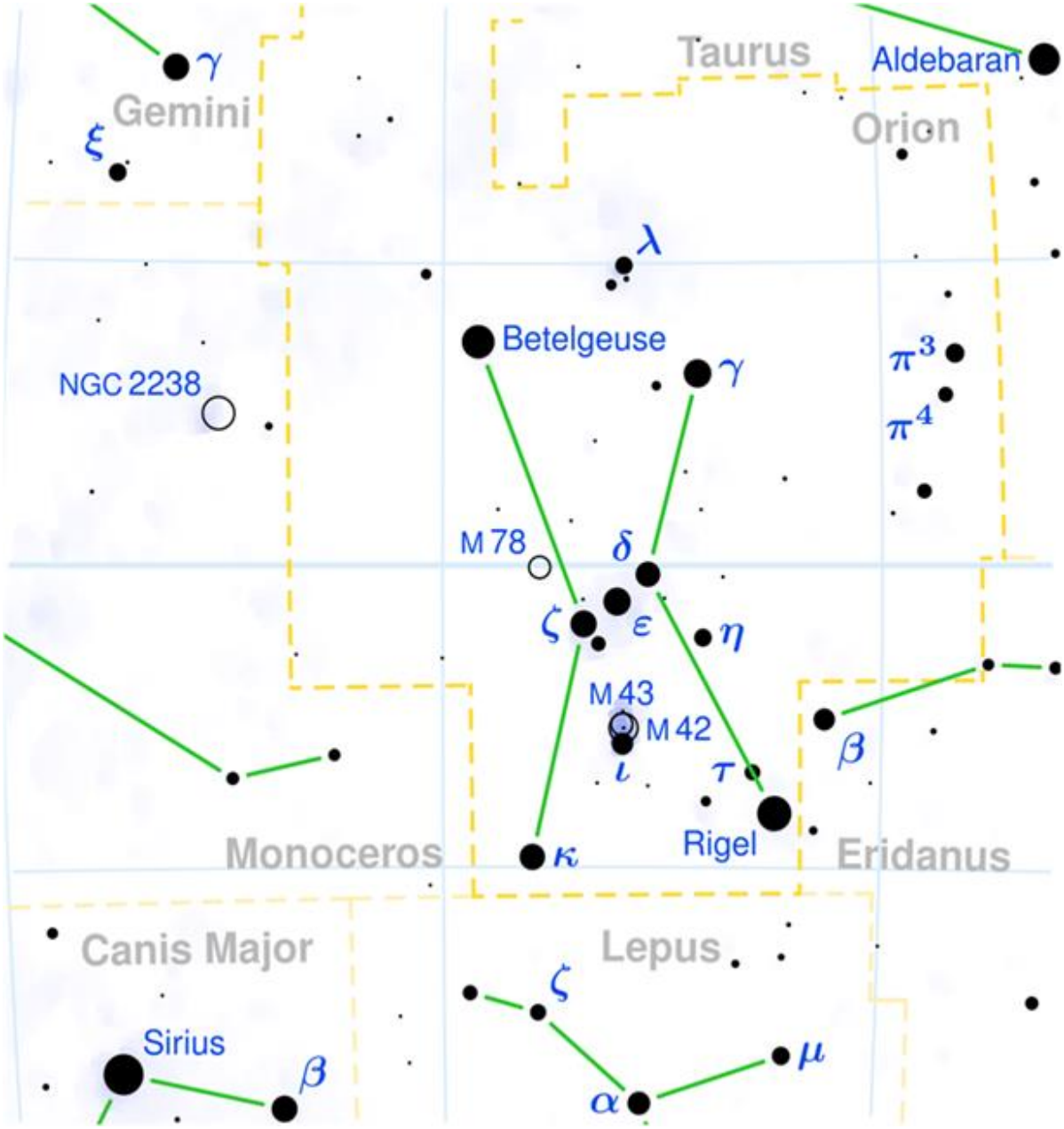
a) Sortear uma constelação por grupo.
b) Abrir o Stellarium e pesquisar a constelação, determinar o nome das estrelas mais brilhantes que fazem parte dela com suas respectivas distâncias.
c) Fazer a proporção das distâncias considerando a altura da mesa sendo a posição do observador na Terra.
d) Colar os barbantes com as devidas proporções no desenho da constelação escolhida;
e) Representar a estrela com bolinhas de papel crepom na ponta do barbante.

Referência:

- **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação**; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. p. 108-109.
- http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=aas&cod=_astronomiarepresentacaod

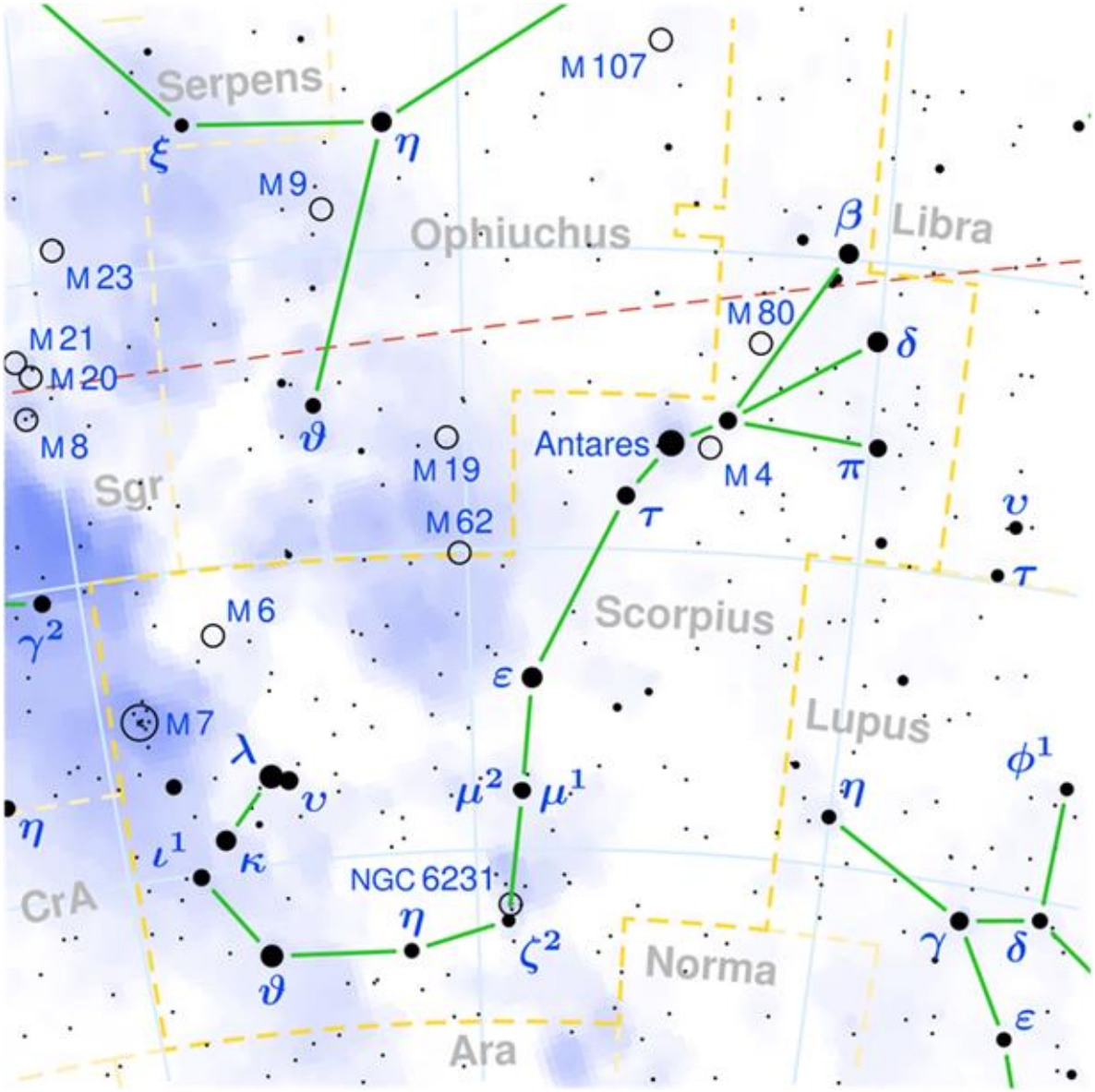
Anexo

Figura 7- Constelação de Órion



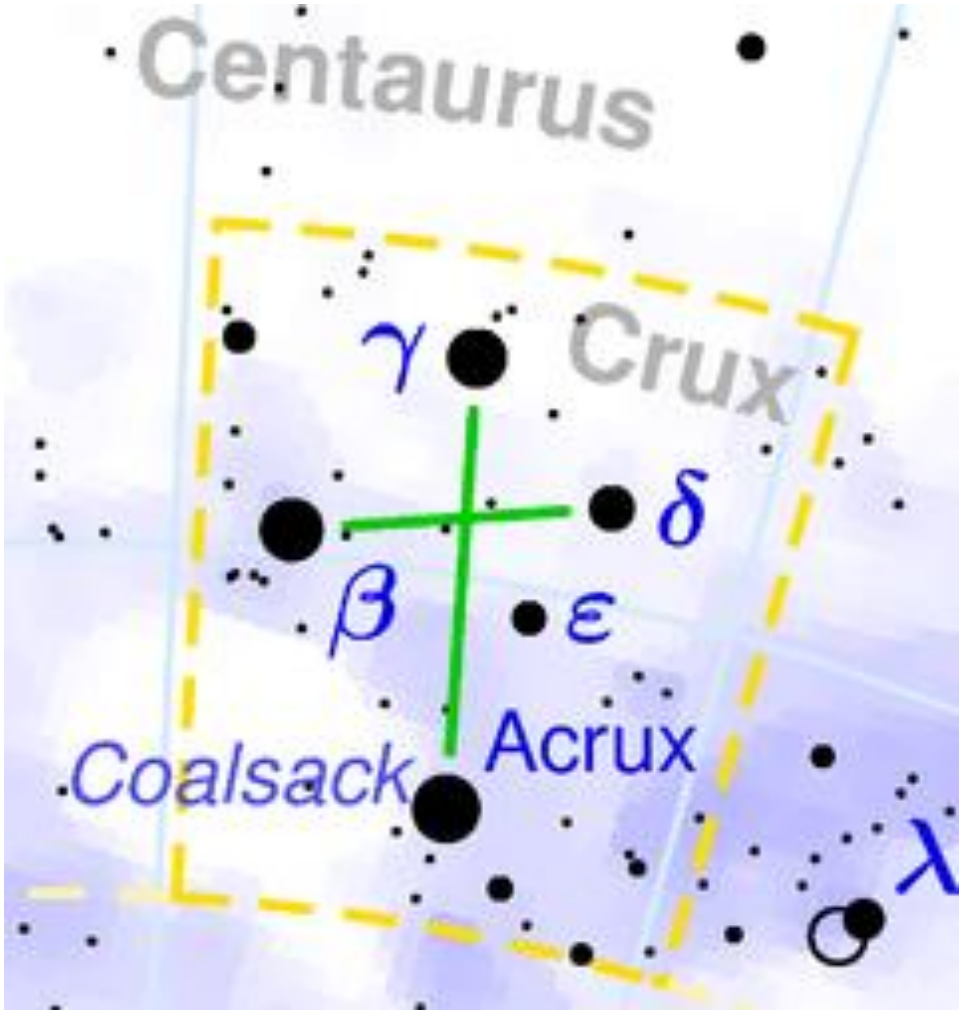
Fonte: Wikipedia.org.

Figura 8 - Constelação de Escorpião



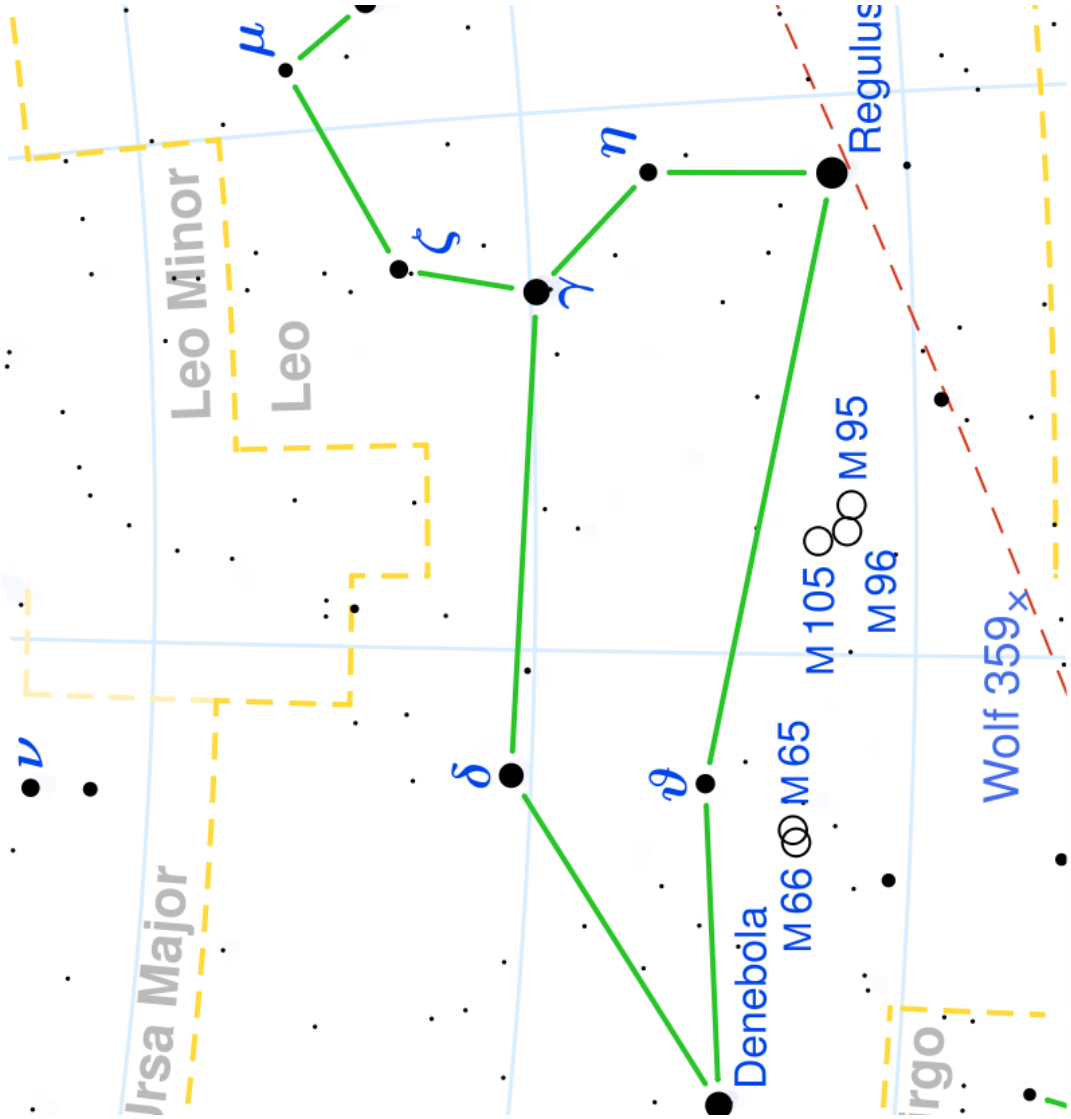
Fonte: Wikipedia.org.

Figura 9 - Constelação do Cruzeiro do Sul



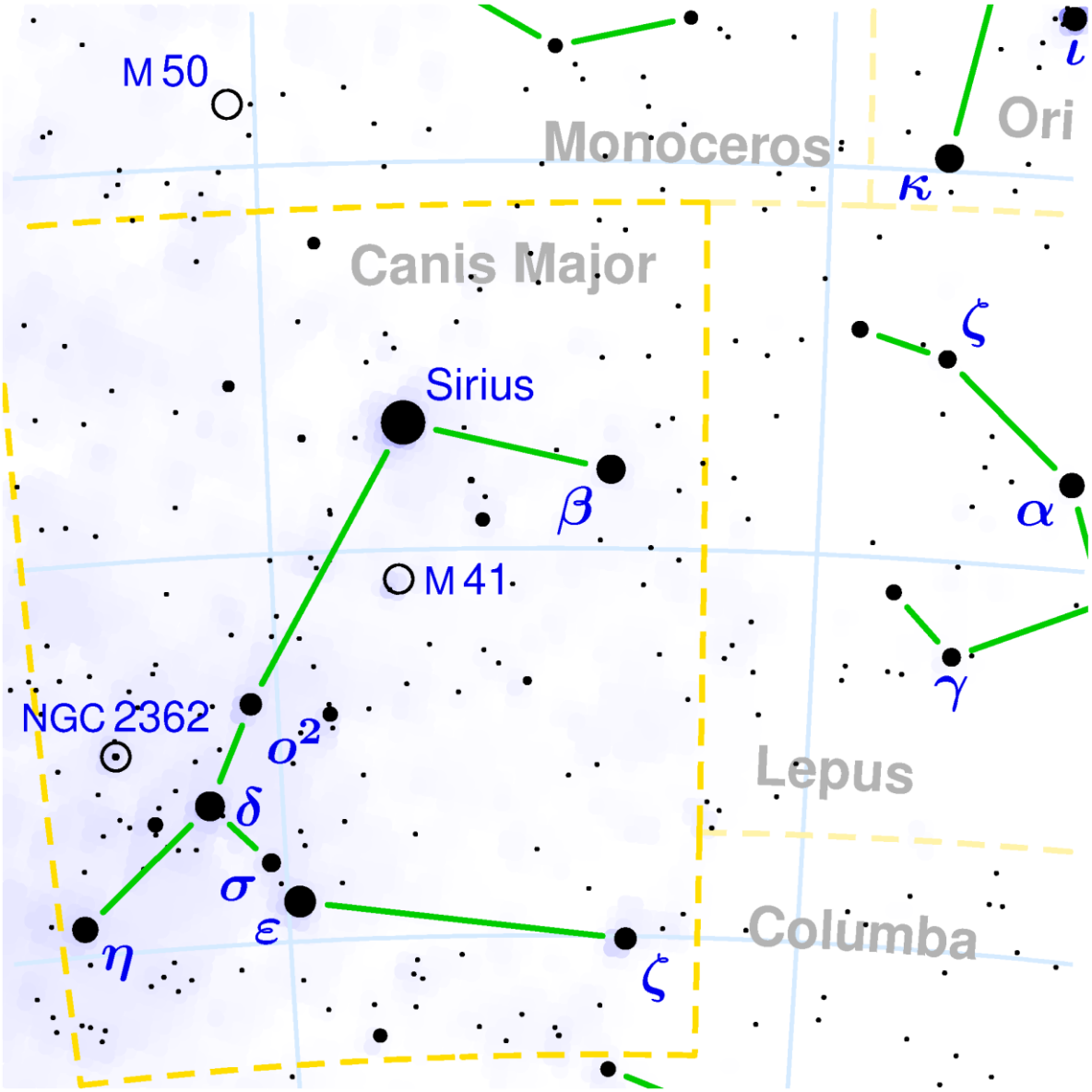
Fonte: Wikipedia.org.

Figura 10 - Constelação de Leão



Fonte: Wikipedia.org.

Figura 11 - Constelação de Cão Maior



Fonte: Wikipedia.org.

Sequência de didática 3: <u>Determinação dos pontos cardeais usando um gnômon com a construção das rosas dos ventos</u>

PLANO DE AULA
TEMA: DETERMINAÇÃO DOS PONTOS CARDEAIS USANDO UM GNÔMON COM A CONSTRUÇÃO DAS ROSAS DOS VENTOS
OBJETIVOS
A atividade tem como objetivo determinar os pontos cardeais com a utilização de um gnômon com materiais de fácil acesso.
HABILIDADES
Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana; (EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnômon).

DURAÇÃO
02 aulas de 50 minutos.

MATERIAL	
1 cartolina durex 2 lápis apontado 1 apontador pistola de cola quente	régua. cola quente esquadro relógio barbante
METODOLOGIA	
Esta produção didática tem como propósito ser incentivo para a introdução e ampliação do conhecimento dos alunos acerca de sua comunidade de forma prática e efetiva sobre o movimento cíclico do Sol e a localização dos pontos cardeais.	
AVALIAÇÃO	
Confecção das Rosas dos Ventos.	
REFERÊNCIAS	

- Currículo do Estado de São Paulo: *Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação*; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011.
- Azevedo, Samara da Silva Morett; Pessanha, Marlon Caetano Ramos; Schramm, Delson Ubiratan da Silva; Souza, Marcelo de Oliveira; Relógio de Sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2013, vol.35, n.2, pp.1-12. ISSN 1806-1117.
- AFONSO, G. B.. ***Determinação dos Pontos Cardeais com o Gnômon***. Astronomy Brasil. v. 2. p. 76-77. 2007

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio

Componente Curricular: Física

Ano /Série: primeira série.

Duração da atividade: duas aulas de cinquenta minutos.

Habilidades: Reconhecer a natureza cíclica de movimentos do Sol, Terra e suas interações, associando-a a fenômenos naturais e ao calendário, e suas influências na vida humana.

Estratégia de Avaliação: construção das Rosas dos Ventos com um gnômon.

Objetivos da situação de aprendizagem: A atividade tem como objetivo determinar os pontos cardeais com a utilização de um gnômon com materiais de fácil acesso.

Organização da classe: dividir a turma em grupos colaborativos de quatro alunos(as).

Materiais: 1 cartolina, durex, 2 lápis apontado, apontador, régua, pistola de cola quente, cola quente, esquadro e relógio, barbante.

Iniciando a atividade: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados aos conhecimentos dos alunos(as) sobre os pontos cardeais através da confecção das Rosas dos Ventos. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final desta aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. Com o

intuito de resgatar os conhecimentos prévios e pontos de ancoragem que subsidiarão o desenvolvimento da aula, peça aos estudantes que falem sobre: os pontos cardeais Norte, Sul, Leste e Oeste; onde nasce e põe o Sol e o que as Rosas dos Ventos. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma que, caso haja, faça as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados. Definir os grupos de aluno(as).

Desenvolvendo a atividade: Professor inicie a atividade com uma sondagem diagnóstica com a turma através das seguintes questões: “o que são os pontos cardeais; onde nasce o Sol; como podemos determinar os pontos cardeais? Este tema já foi abordado no Ensino Fundamental I, no quarto ano. Através da sondagem o professor poderá saber se os alunos conseguiram assimilar o conteúdo abordado. Faça as devidas correções necessárias no desenvolvimento da atividade, incentive o aluno a fazer perguntas sobre a confecção do ideograma das Rosas dos Ventos. Solicite que leiam cada atividade e que trabalhem em equipe para conseguir trabalhar com estratégias de resoluções das atividades. Deixe claro como será a atividade ao ar livre e que os horários devem ser seguidos rigorosamente para ter uma boa precisão na atividade

Finalizando: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos abordados. Na lousa/quadro fazer uma síntese em forma de lista, com tópicos aprendidos.

Fundamentos gerais: Observações do céu e o relógio de Sol

A necessidade de observar o céu veio desde a época da Pré-História, relacionada aos fenômenos celestes através de observações do movimento aparente das estrelas, das constelações, do Sol e da Lua. Desta forma, surgiram os registros astronômicos relacionando os eventos celestes com as atividades de pesca, da caça e da agricultura. Os primeiros registros vieram das civilizações babilônicas, egípcias e de algumas tribos indígenas no continente americano, através de registros da arqueoastronomia.

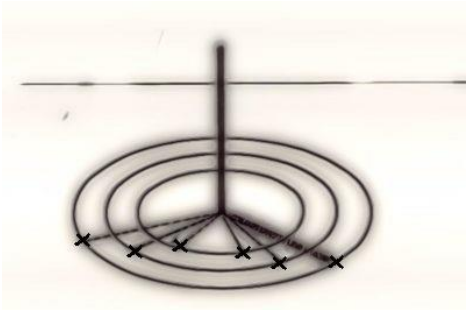
Acredita-se que na Judéia, em 600 a.C., os babilônios criaram o relógio de Sol, com um funcionamento bem simples, com apenas uma haste vertical que projetava a sua sombra, quando iluminada pelo sol, em uma superfície circular para indicar a hora. Vinte anos depois, Anaximandro de Mileto aperfeiçoa o instrumento com quadrantes solar, que permitia a leitura do tempo solar verdadeiro em sua superfície onde estão traçadas as linhas horárias de referência.

Por volta do século VIII a.C., no Egito Antigo, os relógios de sol se apresentavam com um gnômon vertical e sobre a base uma escala de tempo diária com seis divisões. Por volta de 330 a.C., já se construíam relógios que levavam em consideração o comprimento do dia (duração da claridade) de acordo com a estação sazonal. Trinta anos depois, na Babilônia, Berossus, sacerdote e astrônomo, desenvolveu um relógio que reproduzia a cúpula celeste, através da representação de concavidade hemisférica e ao centro um gnômon perpendicular, que indicava as linhas de solstícios e equinócios. O Sol nasce apenas dois dias do ano no ponto cardeal Leste, nos equinócios de outono (20 ou 21 de março) e de primavera (22 ou 23 de setembro), nessas ocasiões, a declinação do Sol é nula e para os demais dias do ano nasce no lado leste.

Roteiro da Atividade:

1. Montagem do gnômon: colar a base do lápis bem apontado no apontador com um ângulo de 90° com cola quente.
2. Fixar a cartolina em uma região iluminada o dia todo.
3. Fixar o gnômon no centro da cartolina com cola quente.
4. Marcar com um “X” de hora em hora a posição da sombra projetada, começando às 10h00 e finalizando às 15h00.
5. Com a ajuda de um barbante e de outro lápis, fazer a circunferências dos pontos marcados no período da manhã.

Figura 1: Marcação dos pontos no período da tarde.



fonte: http://www.astronomiapratica.com.br/

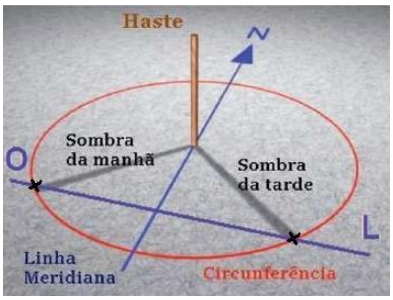
6. Determinando os pontos cardeais:

a) Para traçar a linha NORTE-SUL deve-se determinar a bissetriz do ângulo formado pelas sombras da parte da manhã e da tarde, exemplo: 10h00 e 15h00 ou das 11h00 e 14h00.

b) Como de manhã, o Sol sempre fica mais para o lado Leste (ele já nasce no lado Leste), portanto, a sombra da manhã aparecerá projetada para o lado contrário, ou seja, o Oeste. Teremos então o Oeste à esquerda (lado para onde a sombra da manhã aparece projetada) e o Leste à direita (lado para o qual a sombra da tarde aparece projetada).

c) Uma vez identificados o Leste e o Oeste, podemos agora localizar o Norte e o Sul relembrando a regra prática: apontando o braço direito para o lado Leste, teremos o lado Norte à frente e o Sul às costas.

Figura 2 – determinação dos pontos cardeais.



Fonte: http://www.silvestre.eng.br/astronomia/criancas/orientasol/

Referências:

- **Currículo do Estado de São Paulo: *Ciências da Natureza e suas tecnologias*** / *Secretaria da Educação*; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011.
- Azevedo, Samara da Silva Morett; Pessanha, Marlon Caetano Ramos; Schramm, Delson Ubiratan da Silva; Souza, Marcelo de Oliveira; **Relógio de sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional**. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2013, vol.35, n.2, pp.1-12. ISSN 1806-1117.

PRODUTO FINAL 2ª série

Sequência de didática – A incidência luminosa do Sol nos planetas através do estudo da lei do inverso do quadrado da distância

A proposta da atividade é fazer com que os alunos(as) desenvolvam no terceiro bimestre, nas aulas de Laboratório de Seco de Física, a curiosidade nas observações, reflitam e discutam os resultados sobre a propagação das ondas eletromagnéticas com a lei do inverso do quadrado da distância.

PLANO DE AULA
TEMA: A INCIDÊNCIA LUMINOSA DO SOL NOS PLANETAS ATRAVÉS DO ESTUDO DA LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA.
OBJETIVOS
GERAL Compreender a lei do inverso dos quadrados e a incidência da radiação luminosa do Sol nos planetas do Sistema Solar.
HABILIDADES
Identificar e caracterizar modelos de explicação da natureza da luz ao longo da história humana, seus limites e embates; Identificar os principais meios de produção, propagação e detecção de ondas eletromagnéticas no cotidiano; Relacionar ordens de grandeza de medidas astronômicas de espaço e tempo para fazer estimativas e cálculo.

CONTEÚDO
Propagação retilínea da luz e a energia luminosa do fluxo solar.
DURAÇÃO
7 aulas de 50 minutos
METODOLOGIA
Aplicação da SD – A incidência luminosa do sol nos planetas através do estudo da lei do inverso do quadrado da distância
AVALIAÇÃO
Relatórios Participação em aula.
REFERÊNCIAS
● Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 3, 3505 (2014). ● Oliveira Filho, Kepler de Souza; Oliveira, Maria de Fátima Saraiva. Astronomia e Astrofísica. 3° ed. Ed. Livraria da Física. 2013. ● Purcell, Eduarad Mills. Eletricidade e eletromagnetismo. Tradutores Wiktor Wajntal et al. Editora Edgar Blücher. São Paulo. 1973. ● http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/fluxo.htm. Acesso: 19/09/2020. ● https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/edu/invsquar.htm. Acesso: 19/09/2020. ● Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. pg. 108-109. ● Lacerda, M., & Santos, A.. Simples demonstração da lei do inverso do quadrado da distância em sala de aula. Física na Escola, 2016. v. 14, n. 1, 15-16.

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio

Componente Curricular: Física

Ano /Série: 2° série

Duração da atividade: sete aulas de cinquenta minutos.

Habilidades: Identificar e caracterizar modelos de explicação da natureza da luz ao longo da história humana, seus limites e embates. Identificar os principais meios de produção, propagação e detecção de ondas eletromagnéticas no cotidiano.

Relacionar ordens de grandeza de medidas astronômicas de espaço e tempo para fazer estimativas e cálculos.

Estratégia de Avaliação: relatório do roteiro da atividade.

Objetivos da situação de aprendizagem: Confirmação da lei do inverso do quadrado para a intensidade de radiação de uma fonte de luz.

Organizando a sala: grupo colaborativos com quatro alunos(as).

Recursos: kit Arduino Uno, computador, celular.

Materiais necessários: 3 béqueres de tamanhos diferentes, fita métrica, anilina, água, cartolina e papel quadriculado.

Iniciando a atividade: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados aos conhecimentos dos alunos(as) sobre o que é o inverso numericamente. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final desta aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma que, caso haja, faça as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados. Definir os grupos e dividir as cartas celestes.

Desenvolvendo a atividade: Professor esta sequência didática está dividida em quatro etapas. Na atividade 1 está relacionada com a hipótese de qual béquer possui o maior volume, com o intuito de começar a introduzir a noção de fluxo de luz. Na atividade 2, pretende envolver a(o) aluna(o) na análise sensorial de brilho de superfície iluminada por uma fonte de luz relacionando com os dados da atividade 1 e introduzindo a lei do inverso do quadrado da distância. Na atividade 3, com o sensor luminoso (LDR) a verificação da lei do inverso do quadrado. Com a atividade 4, a relação da incidência do fluxo da luz solar nos planetas do nosso Sistema Solar. Solicite que leiam cada atividade e que trabalhem em equipe para conseguir trabalhar com estratégias de resoluções das atividades. Circule pela sala

observando as estratégias de resolução e incentive perguntas sobre o pensamento científico nas análises dos resultados de cada etapa das sequências didáticas.

Finalizando: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos e matemáticos estudados. Na lousa/quadro fazer uma síntese em forma de lista, com tópicos e subtópicos, esquema ou mapa mental.

Avaliação: Avaliação somativa no desenvolvimento de cada etapa dos roteiros de atividades e participação dos alunos(as) nos grupos.

Resumo das atividades: Segundo a lei do inverso do quadrado, a intensidade de e radiação de uma fonte de luz, ou seja, a potência gerada por unidade de área, é inversamente proporcional ao quadrado da distância até a fonte de luz. Esta relação é verificada, na experiência com a lanterna do celular, que pode ser considerada fonte de radiação pontual para distâncias maiores do que as dimensões do LED. Para a medição relativa da intensidade de radiação, é empregado pelo sensor LDR. Comparar o fluxo de luz dos planetas com a lei do inverso do quadrado da distância.

Fundamentos gerais: Lei do Inverso do quadrado da distância.

A Lei do Inverso do Quadrado da Distância está presente em vários fenômenos físicos, como por exemplo a atração gravitacional. Quando as dimensões de uma fonte luminosa são pequenas quando comparadas à distância entre essa fonte e um receptor dessa luz, podendo ser um planeta, podemos considerar que a fonte luminosa em questão é pontual.

Esta lei descreve uma relação fundamental que também vale para a intensidade de radiação de uma fonte de luz. Segundo ela, a intensidade de radiação de uma fonte de luz, ou seja, a potência gerada por unidade de área, é inversamente proporcional ao quadrado da distância até a fonte de luz.

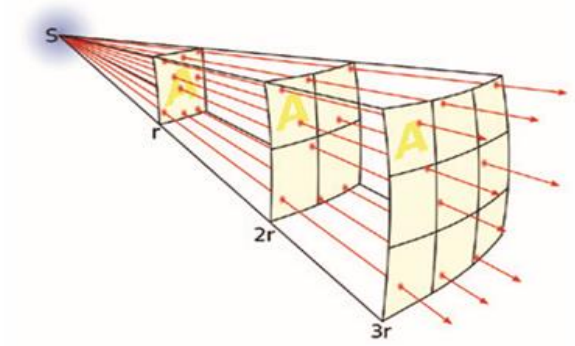
Uma maneira de testar os limites de validade desta aproximação é medir a queda da intensidade de luz que chega a um determinado “ponto", aumentando-se a distância entre a fonte e o medidor e mantendo a potência luminosa da fonte fixa. Se a intensidade luminosa cair com o inverso do quadrado dessa distância, podemos considerar que a fonte é pontual. Pode-se argumentar também que essa fonte emite

luz em todas as direções igualmente (fonte isotrópica), ou seja, ela se expande esfericamente, pois todos estes pontos são equidistantes com a fonte luminosa localizada na posição central.

Vejamos alguns conceitos sobre intensidade de raios luminosos e fluxo de energia.

A intensidade de raios luminosos (I) é definida como a quantidade de raios que atravessam uma determinada área dividido pelo valor desta área, vemos que a intensidade de raios luminosos que se propagam dentro de um dado ângulo sólido formado a partir da fonte diminuirá medida que nos afastamos da fonte. Isto ocorre porque a área aumenta e a quantidade de raios luminosos se mantém a mesma, conforme figura 1.

Figura 1: Propagação da radiação a partir de uma fonte pontual S.



Fonte: Wikimedia Commons

Como a área da esfera aumenta com r^2 (onde r é a distância entre a fonte e o medidor), temos, para o caso de uma fonte pontual, que a densidade de raios luminosos é proporcional a r^{-2}, ou seja

$$I \propto \frac{1}{R^2} \qquad (1)$$

A energia que atravessa a unidade de área da fonte, por unidade de tempo e por unidade de ângulo sólido, é chamada de intensidade específica. Geralmente, a intensidade específica é medida em $J.m^{-2}s^{-1}sr^{-1}Hz^{-1}$ no sistema MKS, ou $erg.cm^{-2}s^{-1}sr^{-1}Hz^{-1}$ no sistema cgs.

O fluxo (F) através dessa superfície S, que é a energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega ao detector, é o que se mede realmente. O fluxo em uma certa frequência, em um dado ponto e em uma dada direção, é a quantidade líquida de energia radiante cruzando a unidade de área, por unidade de tempo, e por intervalo de frequência.

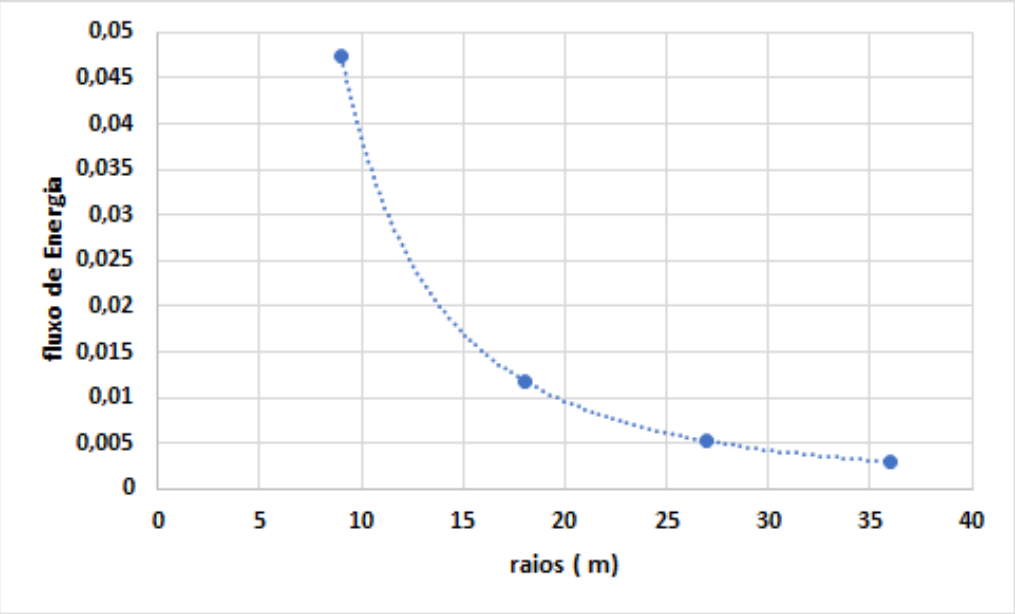
O fluxo significa potência através de uma superfície, e é expresso em erg $cm^{-2}s^{-1}$, ou em watts/m^2.

Ao contrário da intensidade específica, o fluxo de radiação cai com o quadrado da distância (*r*), de forma que o fluxo que chega ao planeta é muito menor do que o fluxo na superfície do astro, estando diluído pelo inverso quadrado da distância. O fluxo na sua superfície será:

$$F(r) = \frac{L}{4\pi r^2} \tag{2}$$

onde L é a luminosidade intrínseca, que é a energia total emitida por unidade de tempo em todas as direções.

Figura 2 – iluminância em função da distância da fonte.



Atividade experimental 1: <u>Verificação experimental da dependência do volume com a área e a altura e associar essas relações com área e tempo no caso de incidência de luz.</u>

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio.

Componente Curricular: Física.

Ano /Série: 2ª série.

Duração: uma aula de cinquenta minutos.

Estratégia de Avaliação: participação em grupo, relatório da determinação dos volumes dos béqueres.

Objetivo: Esta atividade procura associar os conceitos de (a) potência de luz com o de volume de água em um recipiente, (b) o tempo de incidência de luz com a altura do volume de água, e (c) a área de uma superfície iluminada com a área da base do recipiente, para concluir que a área é um fator determinante nos dois casos. O mesmo volume de água colocado em recipientes de mesmo formato, mas com áreas de base diferentes, implica em alturas do nível de água diferentes. Quanto maior for a área da base do recipiente, menor será a altura do nível da água. O volume de água em cada recipiente é calculado pelo produto da área da sua base (A_r) pela altura do nível de água (h). Sendo o volume de água constante, $V = A_{r1}xh_1 = A_{r2}xh_2 = A_{r3}xh_3...$, com $A_{r1}>A_{r2}>A_{r3...}$ e $h_1<h_2<h_3...$ No caso da luz, a mesma potência incidente em superfícies distintas mantém relação idêntica entre a área da superfície (A_s) e o tempo de incidência de luz (t), tal que, $A_{s1}xt_1 = A_{s2}xt_2 = A_{s3}xt_3...$ com $A_{s1}>A_{s2}>A_{s3}...$ e $t_1<t_2<t_3...$

Neste experimento, o aluno(a) deve chegar à conclusão que uma mesma quantidade de água colocada em recipientes com diferentes áreas de base tem nível de água em alturas diferentes, ou seja, quanto maior for a área, menor será a altura do nível da água. O mesmo ocorre com a incidência de luz em uma superfície: quanto maior for a área da superfície, menor será o tempo necessário para a acumular a energia do volume de água.

Materiais necessários:

- 1 béquer de 100 ml;
- 1 béquer de 300 ml;
- 1 béquer de 500 ml;
- 1 fita métrica;
- 300 ml de água;
- anilina

Procedimento:

1. Tingir a água com anilina
2. Colocar 100 ml de água em cada béquer sem que os alunos(as) saibam
3. Misturar os béqueres
4. Solicitar aos alunos(as) que organizem os béqueres segundo uma ordem de volume (ou quantidade de água)
5. Calcular o volume de água de cada béqueres pela fórmula: $V = \pi . r^2.h$
6. Comparar os resultados dos volumes de água calculados com a ordem com que os béqueres foram organizados na etapa 4 e tirar uma conclusão.

Atividade experimental 2: <u>Verificação experimental da dependência da iluminação de uma área com a distância da fonte luminosa, baseada em estimativa sensorial.</u>

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio.

Componente Curricular: Física.

Ano /Série: 2° série.

Duração: três aulas de cinquenta minutos.

Estratégia de Avaliação: participação em grupo, construção de quatro pirâmides de mesma abertura e relatório da atividade.

Objetivo: Esta atividade pretende envolver a(o) aluna(o) na análise sensorial de brilho de superfície iluminada por uma fonte de luz.

Materiais necessários:

- 1 fonte de luz (Celular);
- 3 folhas de papel manteiga (quadriculado se for para pirâmide);
- 1 régua;
- 1 lápis;
- 1 tesoura;
- 4 papéis cartão;
- cola

Iniciando: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados ao fluxo de luz e relacionando com lei do inverso da distância ao quadrado com a análise sensorial de brilho de superfície iluminada por uma fonte de luz. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final desta aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma que, caso haja, façam as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados.

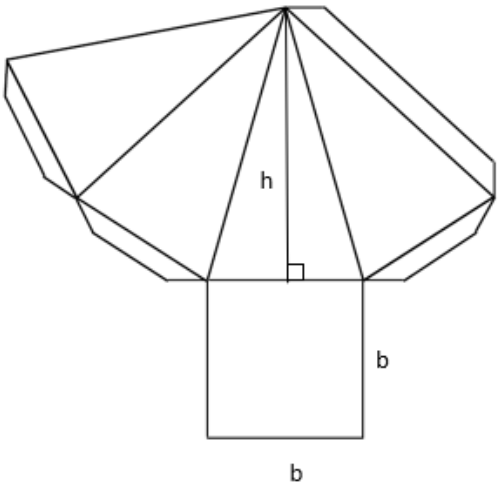
Desenvolvendo a atividade: a atividade desenvolvida para a participação em grupo, construção de quatro pirâmides isósceles de alturas diferentes com finalidade didática, lembrando que a intensidade luminosa do ângulo sólido se propaga em forma de cone. A avaliação do brilho da base é iluminada por uma fonte de luz posicionada no vértice do cone. Recomenda-se o cone porque produz distribuição mais homogênea de luz, mas pode ser pirâmide feita de triângulos isósceles. Solicite que leiam cada atividade e que trabalhem em equipe para conseguir trabalhar com estratégias na confecção das pirâmides isósceles. Circule pela sala incentive perguntas sobre o fluxo de luz e qual a relação entre a área iluminada com a base de cada pirâmide.

Finalizando: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos e matemáticos estudados. Guardar as pirâmides para a próxima atividade.

Roteiro da atividade:

1. Construir três pirâmides isósceles de base quadrada com as seguintes medidas: a base (b) com 5, 10 e 15 e as alturas (h) com 7, 14 e 28 respectivamente, em papel quadriculado, conforme o esquema de planificação da figura 01.

Figura 01: Planificação de uma pirâmide isósceles.



2. Colar a pirâmide do papel quadriculado no papel cartão com exceção da base.
3. Determinar a área de cada base no papel quadriculado.
4. No topo da pirâmide colocar a lanterna do celular.
5. Ligar a fonte luminosa
6. Fazer uma análise em qual base a iluminação é mais forte.

Atividade experimental 3: <u>Verificação experimental da dependência da iluminação de uma área com a distância da fonte luminosa com o auxílio do sensor LDR.</u>

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio.

Componente Curricular: Física.

Ano /Série: 2° série.

Duração: duas aulas de cinquenta minutos.

Estratégia de Avaliação: relatório da atividade.

Objetivo: Esta observação destina-se na verificação da emissão do fluxo de luz em diferentes raios, com uma impressão quantitativa da coleta de dados**.**

Iniciando: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados ao fluxo de luz e relacionando com lei do inverso da distância ao quadrado através dos dados do sensor LDR e a representação gráfica dos resultados. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final desta aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma que, caso haja, façam as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados.

Desenvolvendo: Nesta atividade utilizarão as pirâmides da atividade anterior e com os dados do sensor LDR servirão para análise da lei do inverso do quadrado da distância.

Finalizando: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos e matemáticos estudados. Fazer um mapa conceitual.

Materiais necessários:

- 1 Arduino Uno;
- 1 fonte de luz;
- 1 resistor 10kΩ;
- Computador;
- Fios jumper;
- Placa protoboard;
- Sensores LDR;

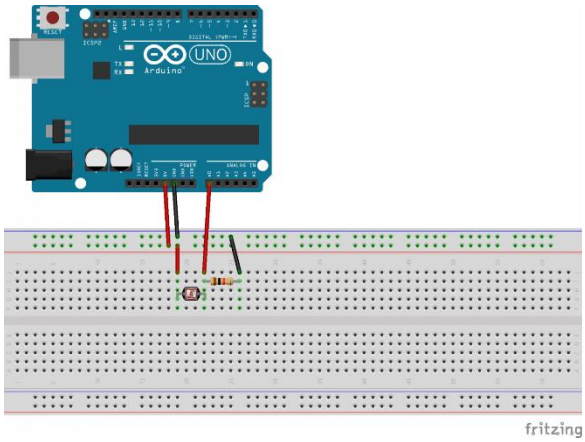
- Três pirâmide isósceles da atividade 2;

Roteiro de atividade:

1. No centro da base da de cada pirâmide colocar sensor LDR para captar a intensidade de energia luminosa da fonte de luz.
2. Ligar a lanterna do celular.
3. Coletar os dados dos sensores para cada pirâmide.
4. Montar o gráfico da incidência luminosa x distância.
5. Fazer uma análise da iluminância em função da distância da fonte visualmente.
6. Fazer uma análise da iluminância em função do inverso do quadrado da distância da fonte

Código do sensor LDR do Arduino Uno e esquema de montagem:

Figura 32: montagem do Arduino Uno com o LDR.



Fonte: https://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/arduino-light-sensitive-resistor.

Código Fonte:

```
// sensor de luz LDR

int LDR; // declara a variável

void setup() {

pinMode( A0, INPUT);
```

```
Serial.begin(9600); // taxa de transmissão por segundo
}
void loop() {
LDR = analogRead(A0);
Serial.print("valor lido no LDR:\t"); // joga a informação na tela do valor lido
Serial.println(LDR); // ln é para ir a uma nova linha, formando colunas para facilitar a leitura
  delay(250);
}
```

Atividade experimental 4: <u>Verificação do fluxo de luz que chega nos planetas com a aplicação da lei do inverso do quadrado da distância.</u>

Roteiro adaptado: Guia do Educador para a Lei do Inverso do Quadrado

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio.

Componente Curricular: Física.

Ano /Série: 2° série.

Duração: uma aula de cinquenta minutos.

Estratégia de Avaliação: questão dissertativa do roteiro de atividade.

Objetivo: Determinar a radiação luminosa do Sol que os planetas recebem a cada segundo do Sol verificada pela lei do inverso do quadrado da distância.

Iniciando: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados ao fluxo de luz e relacionando com o fluxo de luz que chegam nos planetas do nosso Sistema Solar. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final desta aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma

que, caso haja, façam as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados.

Finalizando: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos e matemáticos presentes na questão do fluxo de luz estudados.

Roteiro de atividade:

Quão mais brilhante é o Sol se visto do planeta Mercúrio se comparado com a Terra? Quão mais tênue ele é, se visto de Netuno? Realmente, todas estas perguntas podem ser respondidas através de uma relação matemática simples conhecida como a lei do inverso do quadrado.

Existe uma certa quantidade de luz solar iluminando a Terra neste momento. Esta não é uma quantidade absoluta porque a Terra está mais próxima do Sol em certas épocas do ano que em outras e as manchas solares afetam a energia fornecida pelo Sol. De modo geral, entretanto, o Sol é destacadamente constante por natureza. Se ele não o fosse, a vida na Terra poderia ser impossível.

Nós podemos definir o total de energia solar que alcança a Terra como 1 constante solar. A distância entre o Sol e a Terra é de 149.597.870,66 quilômetros, que podemos simplificar pelo que os astrônomos chamam de 1 Unidade Astronômica ou 1 UA. O Sol emite uma luminosidade intrínseca (L) $=3,83 \times 10^{33}$ ergs/s = 1 unidade de luz solar.

A relação pode ser expressa mais simplesmente como: $1/d^2$ (um sobre o quadrado da distância), onde d é a distância comparada com a distância da Terra ao Sol (para nossos primeiros exemplos).

Vamos começar com a luz solar como um exemplo. À 1 UA, a Terra recebe 1 unidade de luz solar, que podemos genericamente associar com um ensolarado meio-dia. Agora, vamos tentar no planeta Marte que está a uma distância de 1,5 UAs do Sol. $1/d^2 = 1/1,5^2 = 1/2,25 = 44\%$.

1. Calcule o fluxo de luz solar que chega em cada planeta, considerando a luminosidade intrínseca do Sol (L) equivalente à $3{,}83 \times 10^{33}$ ergs/s e sendo “R” a distância heliocêntrica do planeta encontrada em bibliografia. Após preencher a tabela do fluxo luminoso, esboce o gráfico do fluxo luminoso em relação a cada planeta.

Tabela 4: Fluxo luminoso

Planeta	Distância em relação ao SOL (R)	R^2	Fluxo luminoso	Fluxo Luminoso
	cm	cm^2	$Fr=l/4\pi r^2$ F = L / ($4\pi R^2$)	$ergs/cm^2.s$
Mercúrio	$5{,}79*10^{12}$			
Vênus	$1{,}08*10^{13}$			
Terra	$1{,}50*10^{13}$			
Marte	$2{,}28*10^{13}$			
Júpiter	$7{,}78*10^{13}$			
Saturno	$1{,}43*10^{14}$			
Urano	$2{,}87*10^{14}$			
Netuno	$4{,}50*10^{14}$			

2. Fazer uma conclusão sobre o fluxo luminoso do Sol em relação aos planetas.

Referências:

- ***Revista Brasileira de Ensino de Física***, v. 36, n. 3, 3505 (2014).
- Oliveira Filho, Kepler de Souza; Oliveira, Maria de Fátima Saraiva. ***Astronomia e Astrofísica***. 3° ed. Ed. Livraria da Física. 2013.
- Purcell, Eduarad Mills. ***Eletricidade e eletromagnetismo***. Tradutores Wiktor Wajntal et al. Editora Edgar Blücher. São Paulo. 1973.
- http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/fluxo.htm. Acesso: 19/09/2020.
- https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/edu/invsquar.htm. Acesso: 19/09/2020.
- ***Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação***; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. pg. 108-109.
- Lacerda, M., & Santos, A. (2016). ***Simples demonstração da lei do inverso do quadrado da distância em sala de aula***. Física na Escola, v. 14, n. 1, 15-16.

PRODUTO FINAL 3ª série

Sequência de didática 1 - Determinação dos elementos químicos através da comparação dos espectros de absorção e de emissão

Atividade baseada no material de apoio do Currículo do estado de São Paulo, Caderno do Professor Fisica volume de 2014-2017 e na **Adaptação do texto original produzido pelo projeto CLEA** - Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy Traduzido e adaptado por: Maria de Fátima Saraiva e Kepler Oliveira (Dept. de Astronomia, IF, UFRGS). Nesta atividade vamos descobrir os elementos químicos que compõem uma estrela. Como já vimos, os átomos emitem e absorvem luz de cores e comprimentos de onda bem determinados. Assim, por meio das linhas presentes nos espectros de emissão das estrelas, vamos descobrir os elementos químicos que as constituem. A proposta foi idealizada para aulas teóricas da Base Nacional Comum, preferencialmente no final do terceiro bimestre.

PLANO DE AULA	
TEMA: Determinação dos elementos químicos através da comparação dos espectros de absorção e de emissão	
OBJETIVOS	
GERAL Utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em experimentos que envolvem espectros eletromagnéticos na determinação do elemento químico ou íon nas estrelas.	
HABILIDADES	
Identificar a luz no espectro de ondas eletromagnéticas, diferenciando as cores de acordo com as frequências; Reconhecer o papel da luz, suas propriedades e fenômenos que envolvem a sua propagação, como formação de sombras, reflexão, refração etc. Reconhecer e explicar a emissão e a absorção de diferentes cores de luz; Elaborar hipóteses e interpretar resultados em experimentos que envolvem espectros eletromagnéticos.	
CONTEÚDO	
Construção de um espectroscópio. Comparação entre os espectros de emissão e absorção. Determinação dos elementos químicos ou íons nas estrelas.	
DURAÇÃO	
05 aulas de 50 minutos.	
MATERIAL	
Fita isolante, Papel color set preto, Cd, Cola, Estilete, Tesoura., Tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico	Acetato dos espectros de absorção e emissão. Tabela periódica; Lápis Borracha Régua SD – Classificação de espectros estelares
METODOLOGIA	
Apresentação teórica sobre espectroscopia dos elementos químicos comparação dos espectros eletromagnéticos com os respectivos elementos químicos.	
AVALIAÇÃO	

Relatórios; Participação em grupo.
REFERÊNCIAS
● **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação**; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. p. 108-109. ● **Projeto CLEA** - Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy Traduzido e adaptado por: Maria de Fátima Saraiva e Kepler Oliveira (Dept. de Astronomia, IF, UFRGS). ● Material de Apoio do Estado de São Paulo, **Caderno do Aluno Física**, Ensino Médio 3° série, Volume 2, 2014-2017. ● Oliveira, Kepler de; Saraiva, maria de Fátima. Astronomia ***e Astrofísica***. 3° ed.. São Paulo. Editora Livraria da Física. 2013 ● http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf. Acesso: 25/7/2021.

Nível de modalidade de Ensino: Ensino Médio.

Componente Curricular: Física.

Ano /Série: terceira série.

Duração: cinco aulas de cinquenta minutos.

Habilidades: Identificar a luz no espectro de ondas eletromagnéticas, diferenciando as cores de acordo com as frequências; reconhecer o papel da luz, suas propriedades e fenômenos que envolvem a sua propagação, como formação de sombras, reflexão, refração etc.; reconhecer e explicar a emissão e a absorção de diferentes cores de luz; elaborar hipóteses e interpretar resultados em experimentos que envolvem espectros eletromagnéticos.

Estratégia de Avaliação: entrega da atividade proposta.

Objetivo da situação de aprendizagem: Utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em experimentos que envolvem espectros eletromagnéticos na determinação do elemento químico ou íon nas estrelas.

Organização da sala: separar os alunos(as) em duplas.

Material: fita isolante, papel color set preto, CD, cola, régua, estilete, tesoura., tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico), conjuntos de espectros de emissão em acetato impresso, conjunto de espectro de absorção impresso, tabela periódica, lápis, borracha, imagem dos Gráficos do Atlas Standard Spectral, Tabela Spectral Line.

Iniciando a atividade: Inicie uma conversa com a turma explicando os objetivos da aula: ampliar e sistematizar conhecimentos relacionados ao conceito da espectroscopia. Deixe claro aos estudantes o que se espera deles, ou seja, o que devem saber ao final desta aula. Para isso, registre os objetivos em um canto da lousa/quadro. Esses, no final da aula, serão retomados para verificar se foram alcançados. É importante estar atento aos possíveis equívocos que podem ser apresentados pelos estudantes de forma que, caso haja, façam as devidas intervenções. Se no decorrer das falas perceber que ainda há pontos relevantes a serem elencados, indague e estimule a turma a pensar e ativar conhecimentos específicos ainda não mencionados.

Desenvolvendo a atividade: Entregar aos estudantes a impressão da situação de aprendizagem juntamente com as filipetas em acetato e a folha de emissão em sulfite. Leia a atividade e observe a estratégia da resolução proposta e caso tenha dificuldades na distribuição eletrônica reforce o conteúdo. Articule na sala para garantir a maior participação dos alunos(as) na atividade. Explique aos estudantes o porquê tal característica da imagem não pode ser utilizada entre os espectros de emissão e os espectros de absorção.

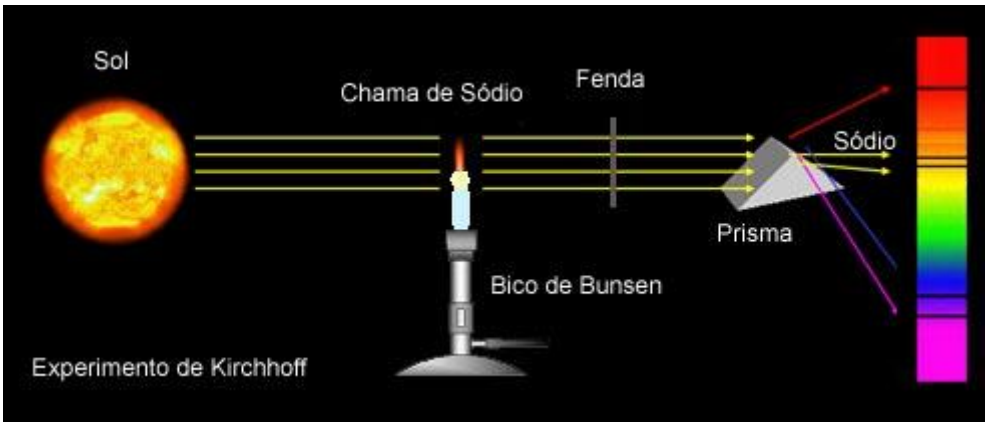
Finalizando a atividade: Para finalizar, dedique um tempo da aula para a socialização dos estudantes quanto ao que aprenderam com a atividade, sobre os conceitos físicos abordados. Na lousa/quadro fazer uma síntese em forma de lista, com tópicos e subtópicos, esquema ou mapa mental.

Fundamentos gerais: As linhas de Balmer e as leis de Kirchhoff

O químico alemão Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), juntamente com o físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), ao estudarem as cores emitidas das

substâncias, utilizaram um prisma na frente de um conjunto de lentes, deste modo, a luz é decomposta e as intensidades das linhas do espectro dos elementos químicos.

Figura 1: experimento de Kirchhoff.



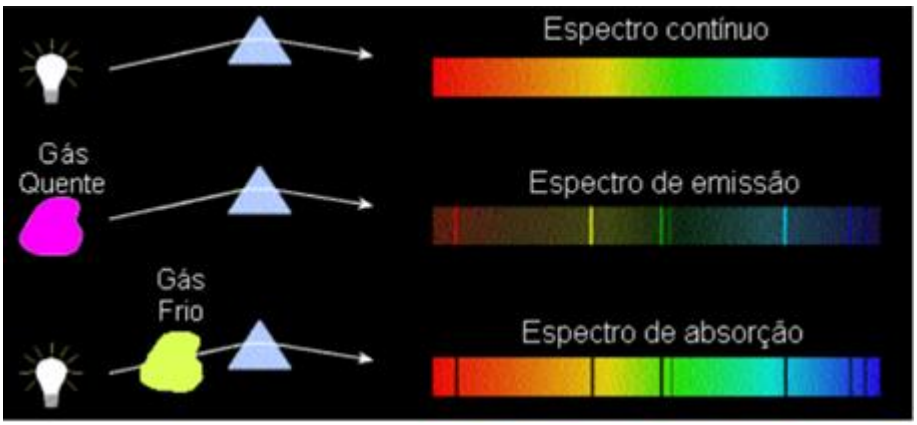
Fonte: https://www.apolo11.com/espectro.php

Observaram ainda que os gases quentes não emitem um espectro contínuo e cada elemento químico emite linhas brilhantes específicas. Kirchhoff, ao analisar as linhas do espectro do Sol com a do sódio, constatou que este era formado por um gás ou sólido quente e envolto por um gás mais frio, sendo estas camadas que produzem as linhas escuras do Sol.

Com estes estudos, Kirchhoff formulou as três leis da espectroscopia:

a) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.
b) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e as posições dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás
c) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

Figura 2: Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff.



Fonte: http://www.if.ufrgs.br/~fatima/fis2010/Aula17-132.pdf

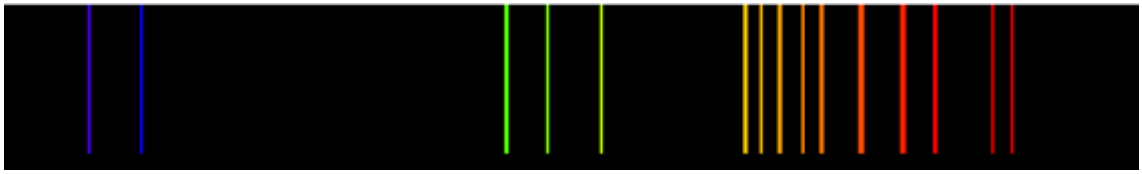
> As linhas escuras não significam ausência de luz, somente o contraste de menos luz. O gás mais frio absorve mais radiação do que emite e, portanto, gera linhas escuras. O problema é complexo pois depende se o gás está em equilíbrio ou não. Se estiver em equilíbrio, isto é, nem aquecendo nem esfriando, um gás absorve a radiação vinda em sua direção ao e a reemite em todas as direções, causando um decréscimo de uma direção da fonte. Se não estiver em equilíbrio, o gás aquece. (OLIVEIRA, 2013, p.220).

Nas estrelas, em geral, as linhas do espectro são contínuas, cuja forma depende da temperatura. Entretanto, as linhas de absorção, que dependem dos elementos químicos existentes em sua atmosfera, e estes espectros, são classificados da seguinte forma:

a) Espectro contínuo: gás de alta densidade, sólidos e líquidos.
b) Espectro de emissão: gás de baixa densidade excitado por uma fonte.
c) Espectro de absorção: gás de baixa densidade à frente de uma fonte.

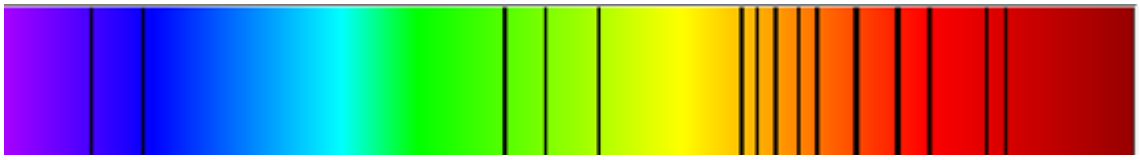
Entre 1884 e 1885, o suíço e matemático Johann Jakob Balmer (1825-1898) descobriu uma fórmula para calcular a posição de dezenove das linhas de Fraunhofer, e todas na região do espectro visível do átomo de hidrogênio, hoje denominadas série de Balmer.

Figura 4: Espectro de emissão do Oxigênio.



Fonte: http://astro.if.ufrgs.br/rad/elements/Elements.htm

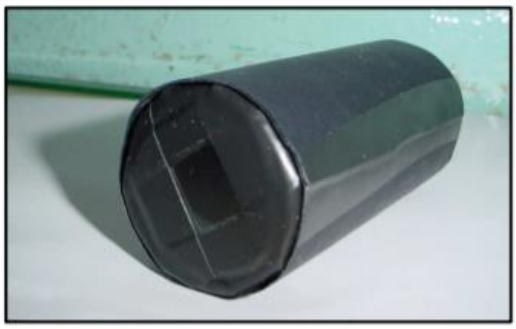
Figura 5: Espectro de absorção do Oxigênio



Fonte: http://astro.if.ufrgs.br/rad/elements/Elements.htm

Um gás, ao ser excitado pela passagem de uma descarga elétrica, emite radiação. O espectro dessa radiação emitida não é contínuo, mas discreto, contendo apenas alguns comprimentos de onda. Esse espectro de emissão é característico do elemento no estado de vapor quando excitado, sendo único para tal elemento. Portanto, a análise do espectro de emissão fornece informações sobre a composição química de determinada substância.

I - Montagem do espectroscópio



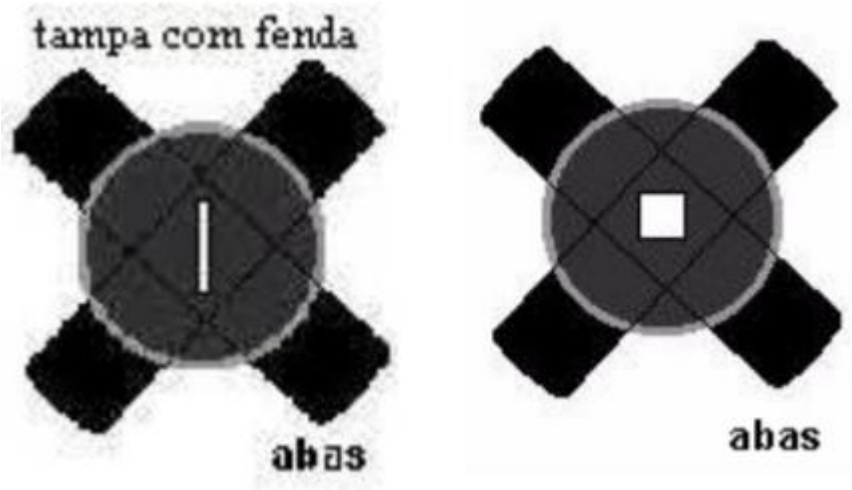
Fonte: http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf

Materiais: fita isolante, papel color set preto, CD, cola, régua, estilete, tesoura., tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico) Procedimento:

Montagem:

1 - Com o papel color set, construa um cilindro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel toalha) como base. Se desejar, você pode substituir o tubo de papel por um tubo de PVC preto. Também é possível usar uma caixa de creme dental (o formato não é importante), mas tenha o cuidado de revesti-la internamente com papel preto.

2 -Faça duas tampas com abas para o cilindro utilizando o papel preto. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos 1cm x 1cm). Observe as ilustrações ao lado. 3 - Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a, como numa depilação). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD para facilitar o início da remoção.



Fonte: http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Bloco-VIII-Espectroscopia.pdf

4 - Depois de retirada a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2cm x 2cm). Utilize preferencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, consequentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).

5 - Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura, usando a fita isolante apenas

nas bordas. Preferencialmente, alinhe as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda. Caso opte por usar cola, tenha cuidado para não sujar a superfície do CD. Nesse caso, fixe o pedaço de CD na parte interior do espectroscópio e aguarde o tempo necessário para a cola secar.

6 - Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas.

Responda o questionário:

1- Como podemos obter o espectro da luz visível?
2- Qual a diferença entre espectros de linhas e espectros atômicos?
3- Para que serve um espectroscópio?
4- Utilizando o modelo atômico de Bohr explique o que espectro de emissão.
5- A cada observação com o espectroscópio confeccionado, preencha a tabela abaixo, conforme o modelo. Use o lápis de cor para esboçar a imagem do espectro que vê (não se preocupe se estiver torta). As linhas em branco ao final da tabela são reservadas para você procurar e observar outras fontes de luz. Use sua imaginação e espírito científico.

Fonte de Luz	Espectro		Representação da Imagem Observada	Cores que se Destacam
	Junto (contínuo)	Separado (discreto)		
Vela	( )	( )		Da esquerda para a direita: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.
Lâmpada incandescente	( )	( )		

Lâmpada fluorescente compacta	( )	( )		
Lâmpada de vapor de mercúrio	( )	( )		
Luz negra	( )	( )		

7. Fotos das imagens geradas pelo espectroscópio tiradas pelo celular.

II - Comparação de espectros de emissão e absorção.

1. Comparar 5 espectros de emissão com os espectros de absorção e determinar qual é o elemento químico das amostras fornecidas. Ao lado do espectro de absorção terá o nome do elemento químico correspondente Determinado os elementos químicos através da comparação dos espectros de emissão e absorção e fornecer as massas moleculares, os números atômicos e a distribuição eletrônica de cada elemento analisado.

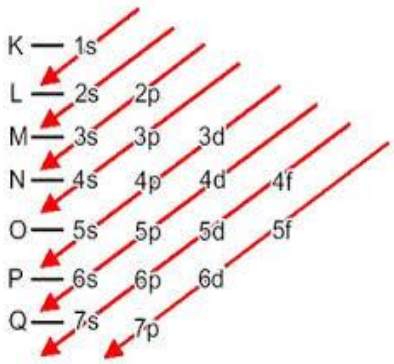


Figura 6 - Diagrama de distribuição eletrônica

a) Nome do elemento químico:

Símbolo:

Massa atômica:

Número atômico:

Distribuição eletrônica:

b) Nome do elemento químico:

Símbolo:

Massa atômica:

Número atômico:

Distribuição eletrônica:

c) Nome do elemento químico:

Símbolo:

Massa atômica:

Número atômico:

Distribuição eletrônica:

d) Nome do elemento químico:

Símbolo:

Massa atômica:

Número atômico:

Distribuição eletrônica:

e) Nome do elemento químico:

Símbolo:

Massa atômica:

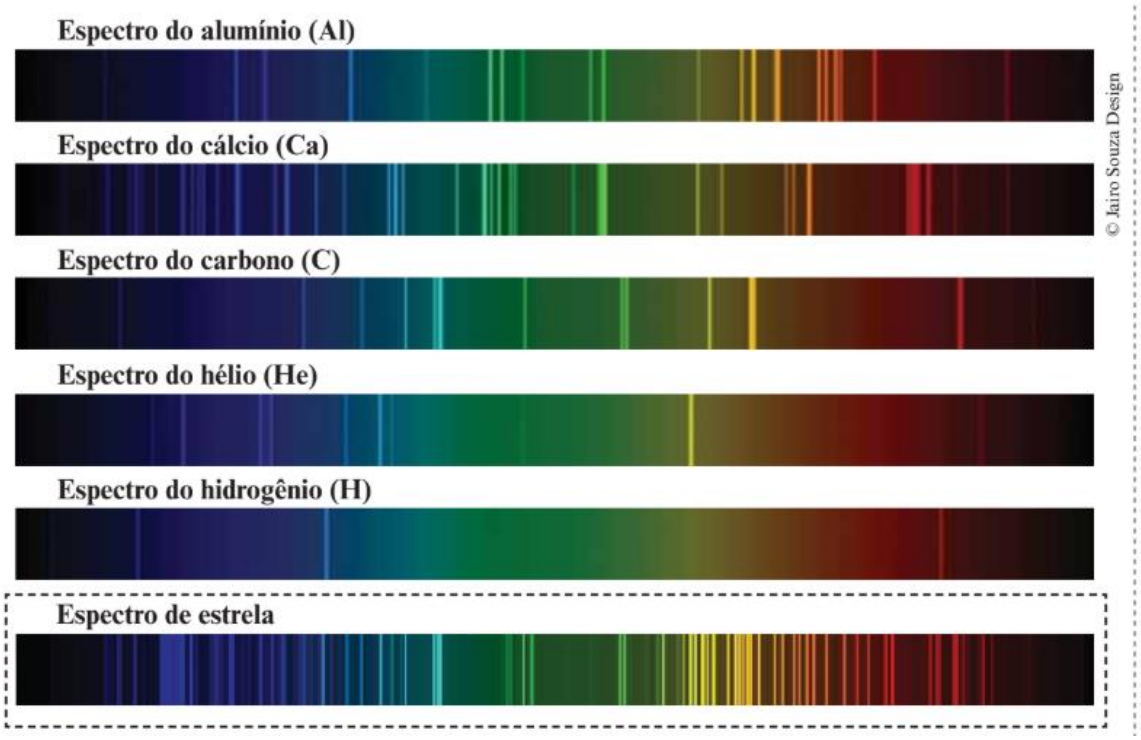
Número atômico:

Distribuição eletrônica:

2. Análise os espectros dos elementos químicos abaixo e responda as questões:

Comparar os espectros de emissão dos elementos químicos com o espectro da estrela. Se o espectro apresentar todas as linhas correspondentes ao elemento, isso significa que ele é um dos constituintes da estrela. Quais elementos químicos são constituintes da estrela?

Figura 07: espectro dos elementos químicos.



Fonte: Caderno do aluno 2014-2017, SEE.

3. Determinação de características espectrais e classificação de espectros.

Na tabela 1, há uma lista de linhas espectrais com o comprimento de onda e o(s) elemento(s) que a produz. O algarismo romano ao lado do símbolo do elemento indica se o elemento é neutro (I) ou ionizado (II indica 1 vez ionizado, III indica 2 vezes ionizado, etc.) Para cada um dos tipos espectrais listados na Tabela 2, identifique em cada gráfico do espectro de estrelas às linhas espectrais produzidas, seus comprimentos de ondas, e o elemento que a está produzindo. Liste seus resultados na Tabela 2.

Tabela 1: átomos e íons presentes nas estrelas

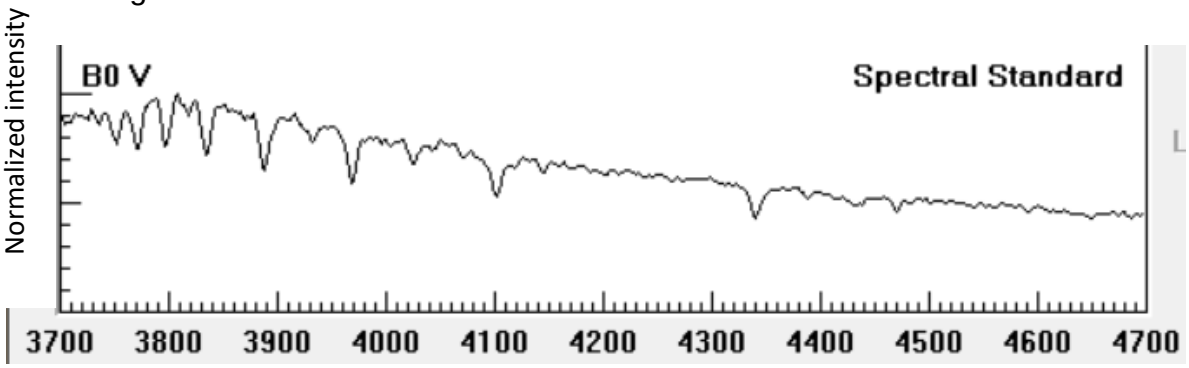
Comprimento de onda (Å)	Átomo ou íon	Comprimento de onda (Å)	Átomo ou íon
3759,87	O III	4120,82	He I
3819,61	He I	4130,89	Si II
3933,68	Ca II (K line)	4143,76	He I
3964,73	He I	4143,88	Fe I
3968,49	Ca II (H line)	4226,74	Ca I
3970,07	H I (H psilon)	4300	CH & Metals (G Band)
4026,19	He I	4317,14	O II
4030,76	Mn I	4340,48	H I (H Gamma)
4045,82	Fe I	4383,56	Fe I
4068	C III	4387,93	He I
4073	O II	4471,48	He I
4088,85	Si IV	4471,68	He I
4097,33	N III	4481,2	Mg II
4100,04	He II	4541	He II
4101,75	H I (H Delta)	4552,62	Si III

Tabela 2: Linhas características de diferentes tipos espectrais.

Tipo espectral	comprimento de onda (Å) das linhas	átomo ou íon produzindo a linha
B0		
B6		
A1		
A5		
F0		
F5		
G0		
G6		
K0		
K5		
M0		
M5		

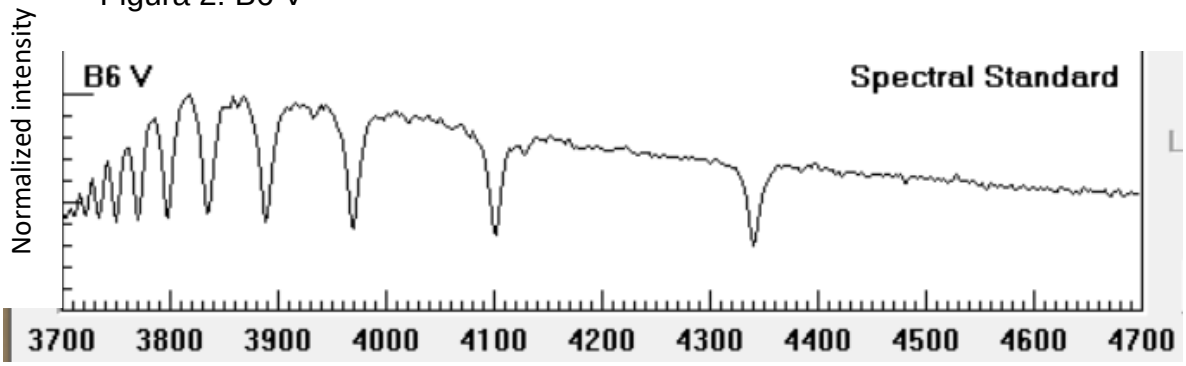
I - Gráficos do Atlas Stantard Spectral

Figura 1: B0 V



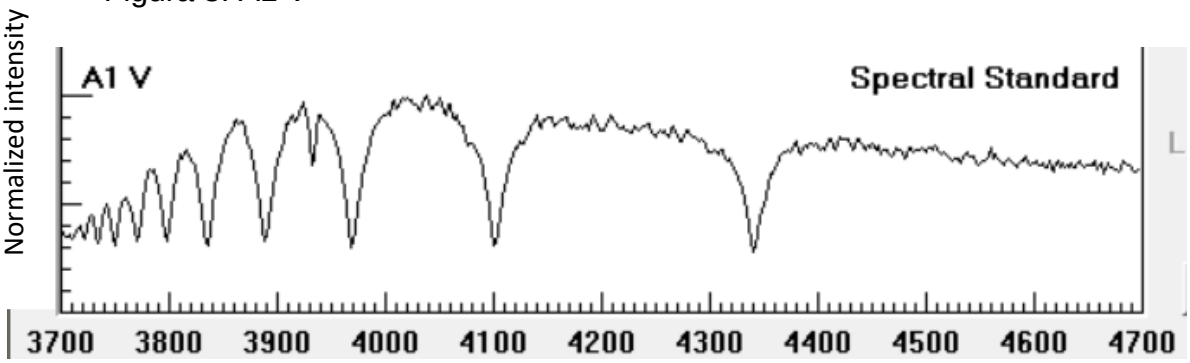
Angstroms

Figura 2: B6 V



Angstroms

Figura 3: A1 V



Angstroms

Figura 4: A5 V

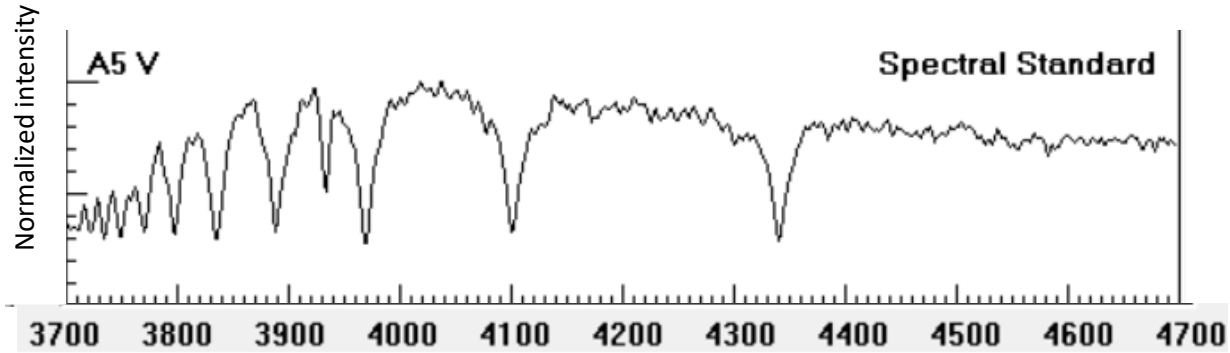
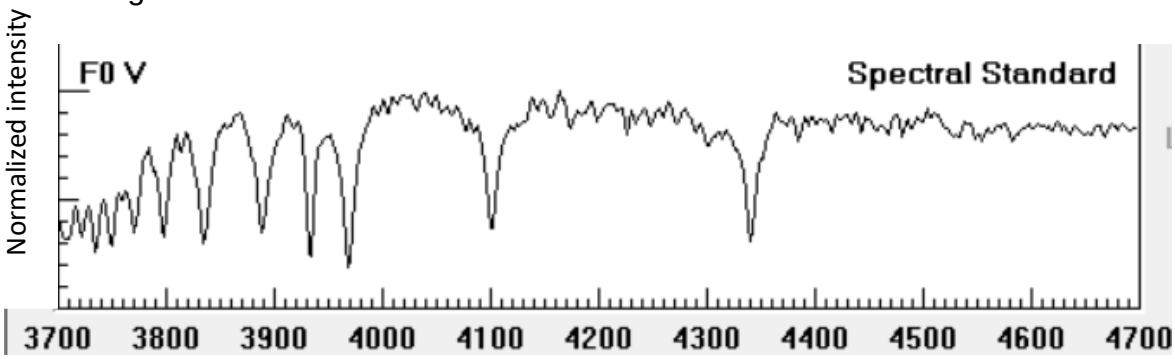
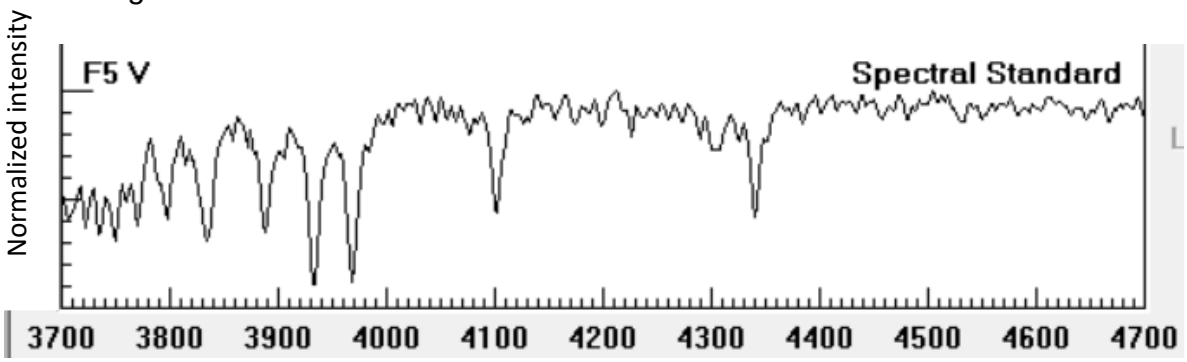


Figura 5: F0 V



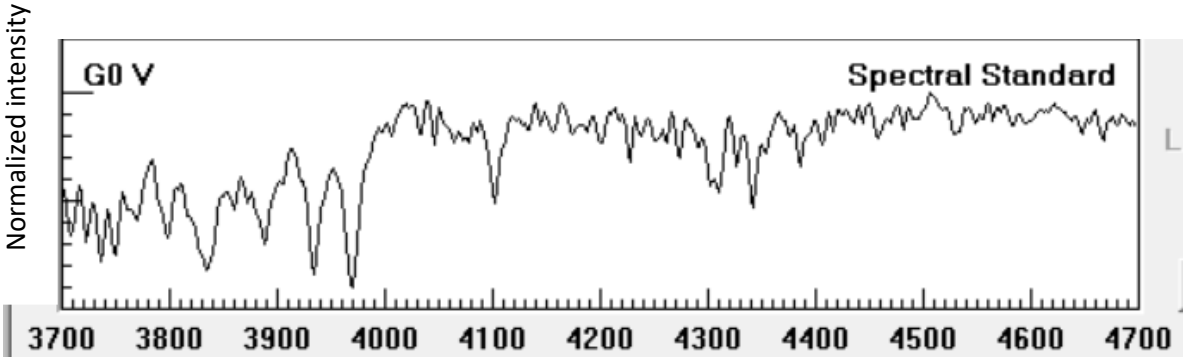
Angstroms

Figura 6: F5 V



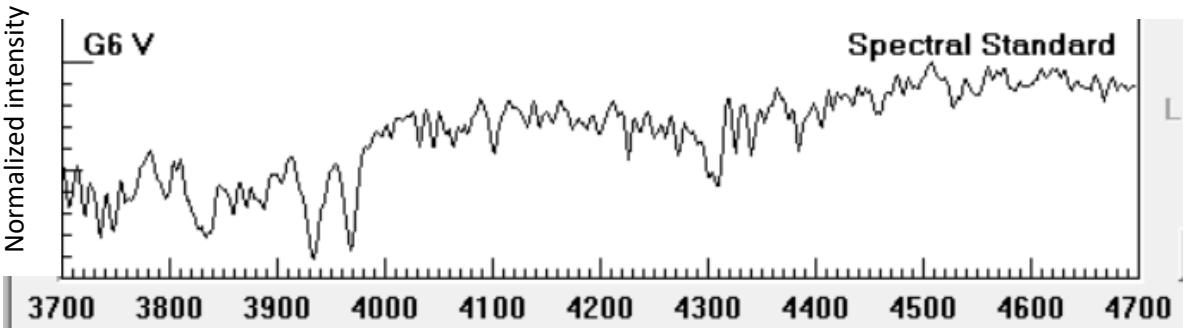
Angstroms

Figura 7: G0 V



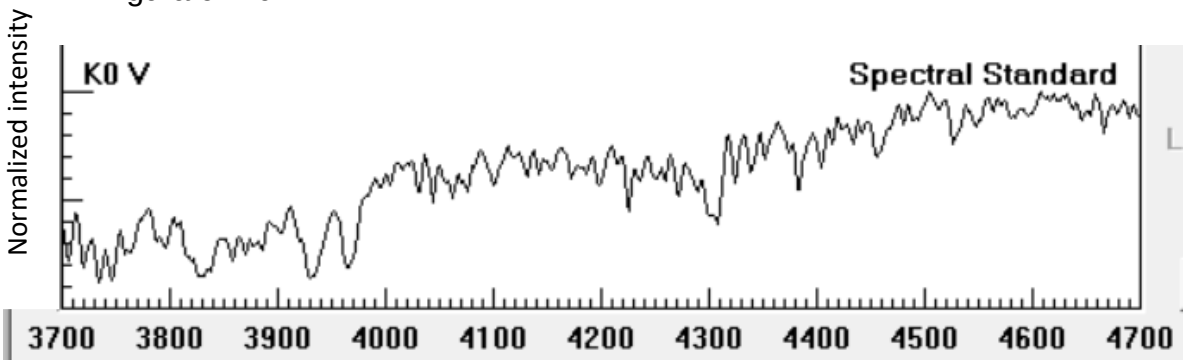
Angstroms

Figura 8: G6 V



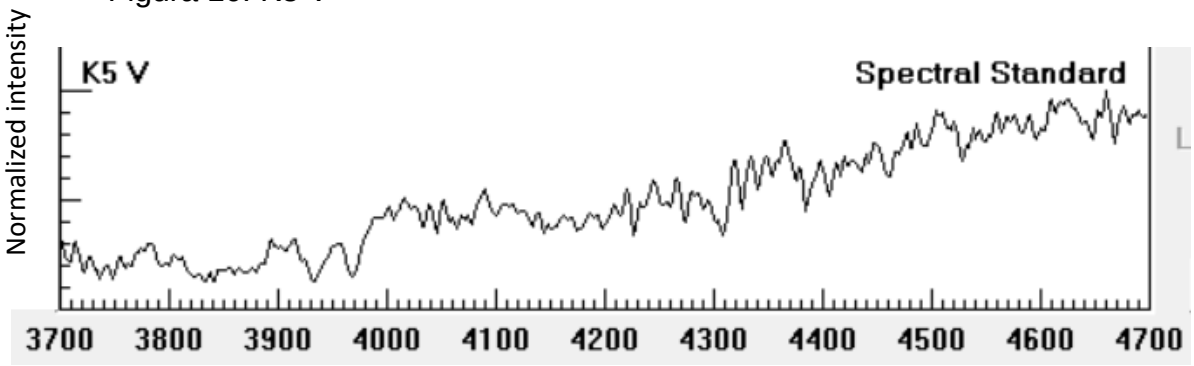
Angstroms

Figura 9: K0 V



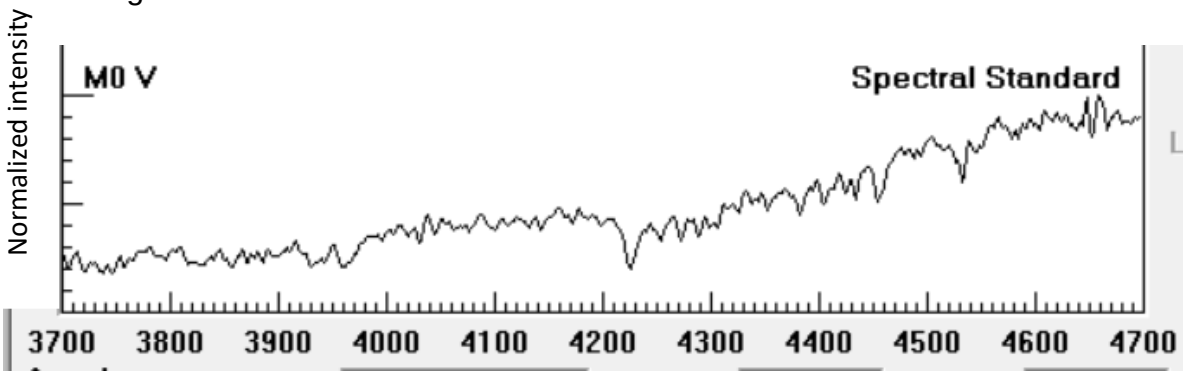
Angstroms

Figura 10: K5 V



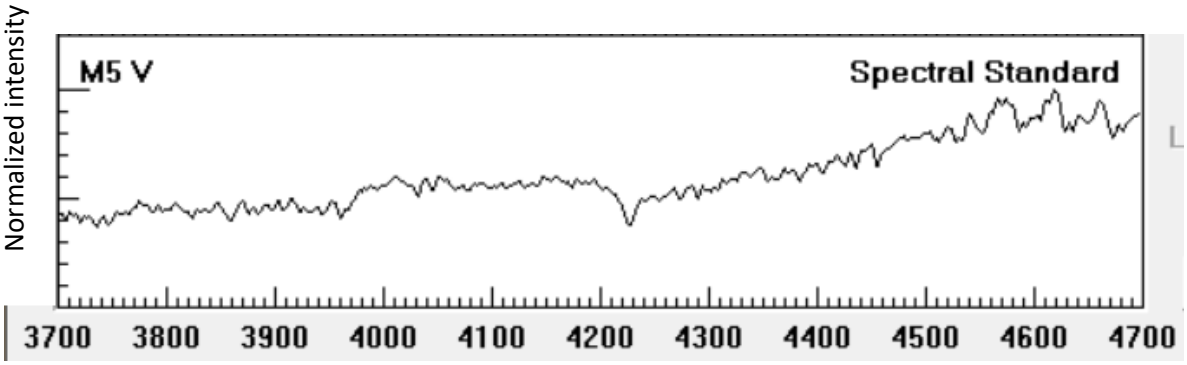
Angstroms

Figura 11: M0 V



Angstroms

Figura 12: M5 V



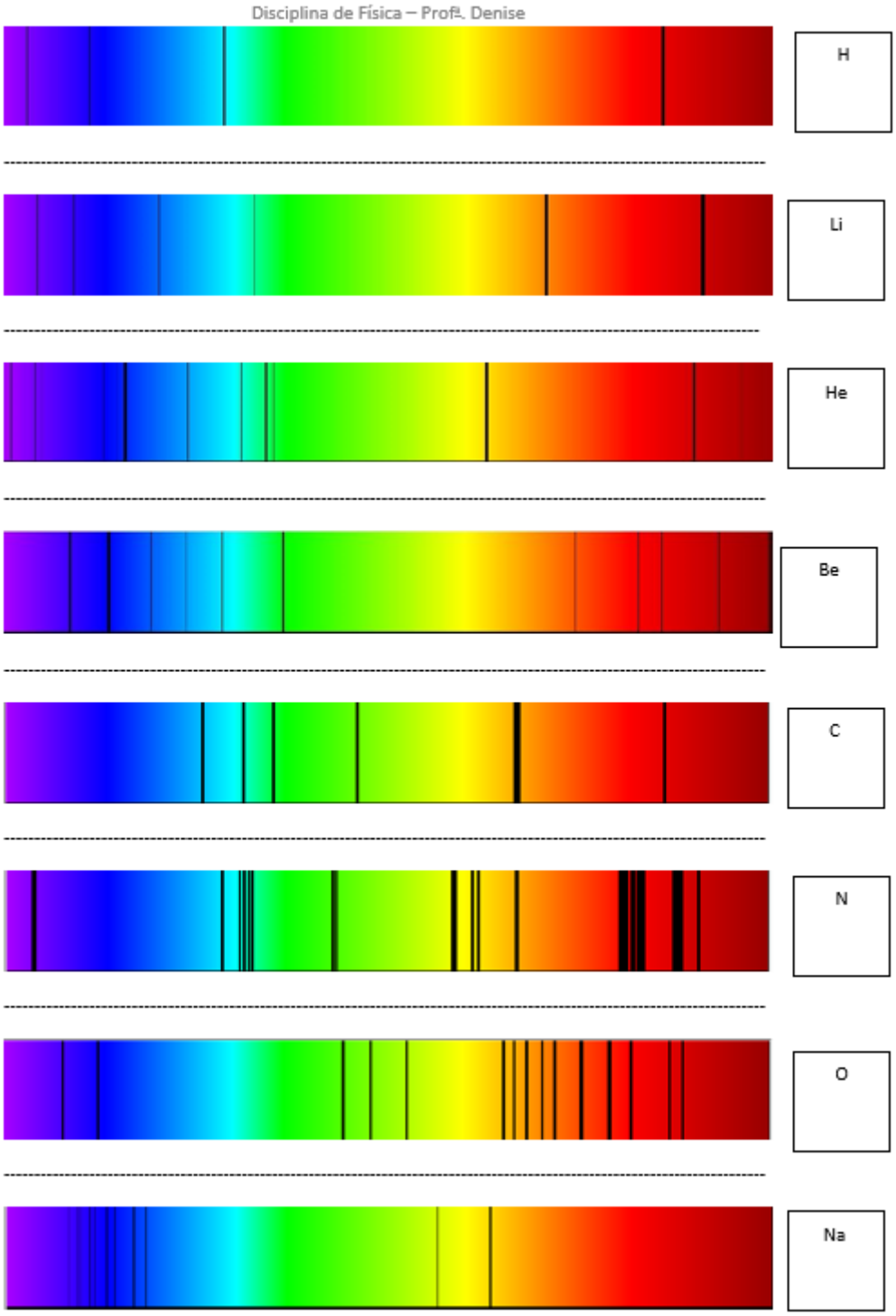
Angstroms

Referências:

- ***Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação***; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes, 1. ed. Atual, São Paulo: SE, 2011. p. 108-109.
- ***Projeto CLEA*** - Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy Traduzido e adaptado por: Maria de Fátima Saraiva e Kepler Oliveira (Dept. de Astronomia, IF, UFRGS).
- ***Material de Apoio do Estado de São Paulo, Caderno do Aluno Física***, Ensino Médio 3° série, Volume 2, 2014-2017.
- Oliveira, Kepler de; Saraiva, maria de Fátima. ***Astronomia e Astrofísica***. 3° ed.. São Paulo. Editora Livraria da Física. 2013.

Anexo:

Imprimir os espectros de absorção em papel sulfite.



Disciplina de Física – Profª. Denise

Mg

Al

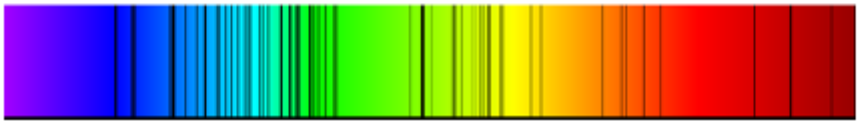
P

Si

Au

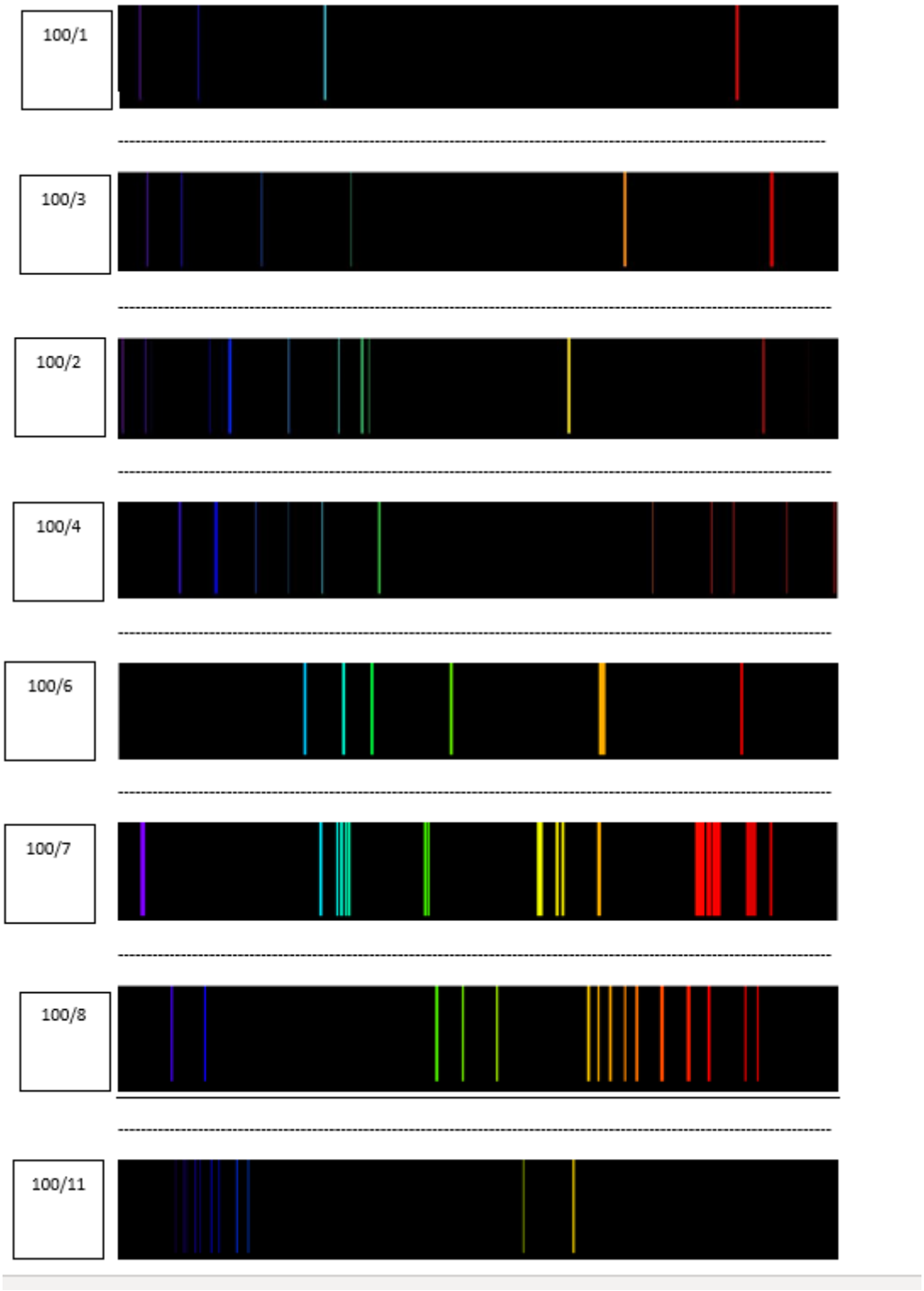
Ag

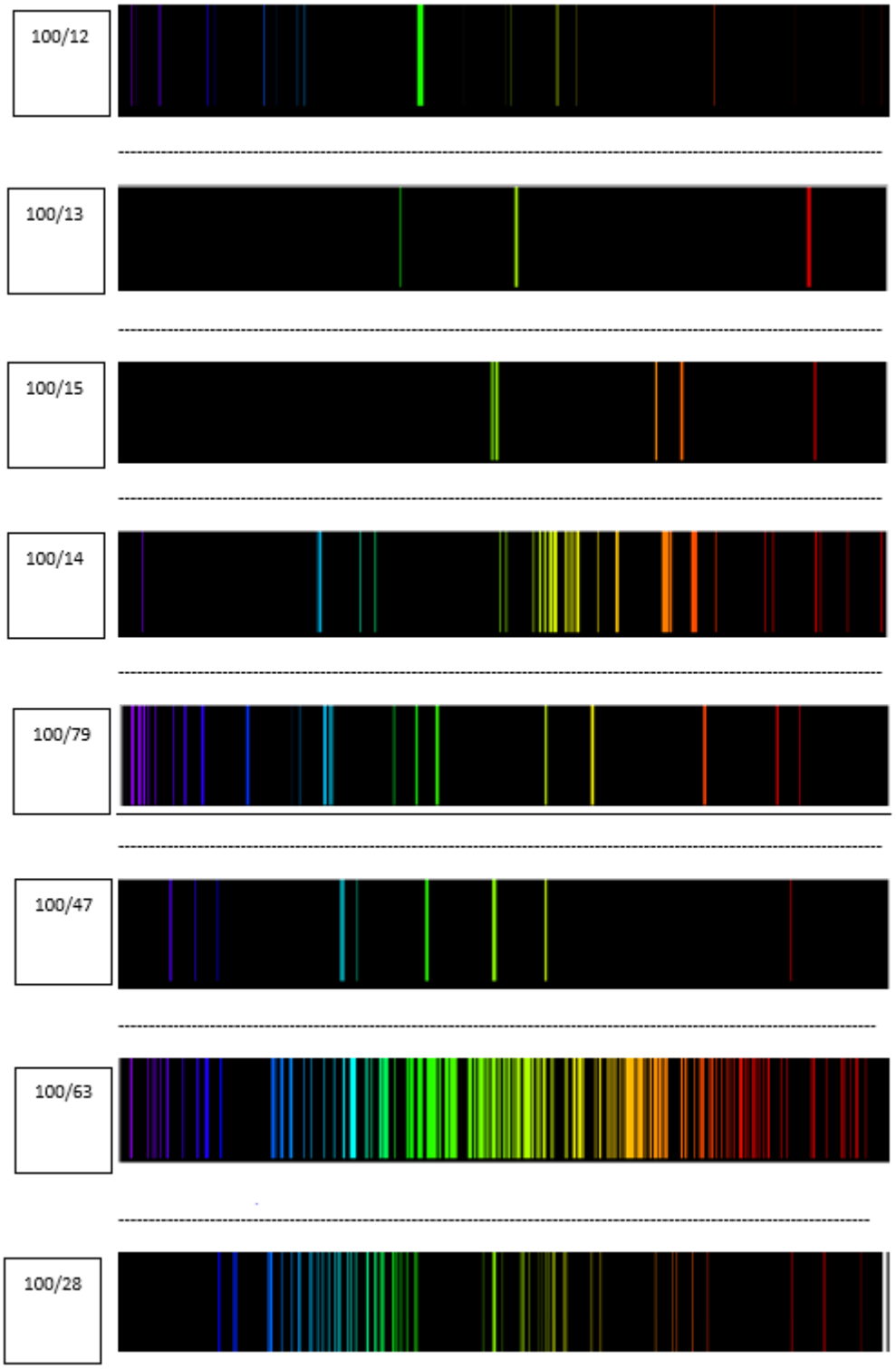
Eu



Ni

Em folhas de acetato fazer a impressão para cada espectros de emissão e recortá-los.




100/12
100/13
100/15
100/14
100/79
100/47
100/63
100/28

ANEXO 1: O NOME DAS CONSTELAÇÕES

OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE LISBOA Tapada da Ajuda, 1349-018 Lisboa

São apresentados os nomes corretos das 88 Constelações Celestes, tal como definidos em 1922 pela União Astronómica Internacional (IAU, do inglês).

Do ponto de vista moderno, as constelações não são grupos de estrelas, mas sim áreas no céu, que o subdividem de um modo mais ou menos histórico-lógico, ajudando a trazer alguma ordem e associação à distribuição de estrelas do céu noturno. Pela definição da IAU, uma constelação é uma área poligonal delimitada por segmentos ao longo das coordenadas equatoriais celestes, escolhida de modo a conter as estrelas historicamente associadas às constelações mitológicas ou clássicas. Porém, no hemisfério Sul a IAU deparou-se com vastas zonas onde não havia tradição cultural alguma entre os povos austrais, que criasse constelações ou separações racionais entre regiões de estrelas e, por isso, foram criadas divisões arbitrárias no céu pelos astrónomos modernos.

Classificação

Na tabela para cada constelação apresenta-se ainda a numeração sugerida pela IAU, que progride grosso modo do Pólo Norte Celeste para o Pólo Sul Celeste, e a sua classificação: boreal, ou do hemisfério celeste norte (um total de 26 constelações), Eclíptica, se posicionada próxima desta região (12, tradicionalmente designadas de zodíaco), ou Austral, se situada no hemisfério celeste sul (50).

Nome Latino	Genitivo	Nome Português	Abreviatura	Número	Classificação
Andromeda	Andrómedae	Andrómeda	And	11	Boreal
Antlia	Antilae	Máquina Pneumática	Ant	60	Austral
Apus	Apodis	Ave-do-Paraíso	Aps	87	Austral
Aquarius	Aquarii	Aquário	Aqr	37	Eclíptica
Aquila	Aquilae	Águia	Aql	52	Austral
Ara	Arae	Altar	Ara	67	Austral
Aries	Arietis	Carneiro, Áries	Ari	27	Eclíptica
Auriga	Aurigae	Cocheiro	Aur	13	Boreal
Bootes	Bootis	Boieiro	Boo	17	Boreal
Caelum	Caeli	Buril, Cinzel	Cae	56	Austral
Camelopardalis	Camelopardalis	Girafa	Cam	5	Boreal
Cancer	Cancri	Caranguejo, Câncer	Cnc	30	Eclíptica
Canes Venatici	Canum Venaticorum	Cães de Caça	CVn	7	Boreal
Canis Major	Canis Majoris	Cão Maior	CMa	44	Austral
Canis Minor	Canis Minoris	Cão Menor	CMi	24	Boreal
Capricornus	Capricorni	Capricórnio	Cap	36	Eclíptica
Carina	Carinae	Quilha, Querena	Car	63	Austral
Cassiopeia	Cassiopeiae	Cassiopeia	Cas	4	Boreal
Centaurus	Centauri	Centauro	Cen	64	Austral
Cepheus	Cephei	Cefeu	Cep	2	Boreal
Cetus	Ceti	Baleia	Cet	39	Austral
Chamaeleon	Chamaeleontis	Camaleão	Cha	86	Austral
Circinus	Circini	Compasso	Cir	79	Austral
Columba	Columbae	Pomba	Col	57	Austral
Coma Berenices	Comae Berenices	Cabeleira de Berenice	Com	16	Boreal
Corona Austrina	Coronae Austrinae	Coroa Austral	CrA	68	Austral
Corona Borealis	Coronae Borealis	Coroa Boreal	CrB	18	Boreal
Corvus	Corvi	Corvo	Crv	48	Austral

Nome Latino	Genitivo	Nome Português	Abreviatura	Número	Classificação
Andromeda	Andrómedae	Andrómeda	And	11	Boreal
Antlia	Antilae	Máquina Pneumática	Ant	60	Austral
Apus	Apodis	Ave-do-Paraíso	Aps	87	Austral
Aquarius	Aquarii	Aquário	Aqr	37	Eclíptica
Aquila	Aquilae	Águia	Aql	52	Austral
Ara	Arae	Altar	Ara	67	Austral
Aries	Arietis	Carneiro, Áries	Ari	27	Eclíptica
Auriga	Aurigae	Cocheiro	Aur	13	Boreal
Bootes	Bootis	Boieiro	Boo	17	Boreal
Caelum	Caeli	Buril, Cinzel	Cae	56	Austral
Camelopardalis	Camelopardalis	Girafa	Cam	5	Boreal
Cancer	Cancri	Caranguejo, Câncer	Cnc	30	Eclíptica
Canes Venatici	Canum Venaticorum	Cães de Caça	CVn	7	Boreal
Canis Major	Canis Majoris	Cão Maior	CMa	44	Austral
Canis Minor	Canis Minoris	Cão Menor	CMi	24	Boreal
Capricornus	Capricorni	Capricórnio	Cap	36	Eclíptica
Carina	Carinae	Quilha, Querena	Car	63	Austral
Cassiopeia	Cassiopeiae	Cassiopeia	Cas	4	Boreal
Centaurus	Centauri	Centauro	Cen	64	Austral
Cepheus	Cephei	Cefeu	Cep	2	Boreal
Cetus	Ceti	Baleia	Cet	39	Austral
Chamaeleon	Chamaeleontis	Camaleão	Cha	86	Austral
Circinus	Circini	Compasso	Cir	79	Austral
Columba	Columbae	Pomba	Col	57	Austral
Coma Berenices	Comae Berenices	Cabeleira de Berenice	Com	16	Boreal
Corona Austrina	Coronae Austrinae	Coroa Austral	CrA	68	Austral
Corona Borealis	Coronae Borealis	Coroa Boreal	CrB	18	Boreal
Corvus	Corvi	Corvo	Crv	48	Austral

Crater	Crateris	Taça	Crt	47	Austral
Crux	Crucis	Cruzeiro do Sul	Cru	77	Austral
Cygnus	Cygni	Cisne	Cyg	9	Boreal
Delphinus	Delphini	Golfinho	Del	22	Boreal
Dorado	Doradus	Espadarte	Dor	75	Austral
Draco	Draconis	Dragão	Dra	3	Boreal
Equuleus	Equulei	Potro, Cavalinho	Equ	25	Boreal
Eridanus	Eridani	Erídano	Eri	40	Austral
Fornax	Fornacis	Fornalha	For	55	Austral
Gemini	Geminorum	Gémeos	Gem	29	Eclíptica
Grus	Gruis	Grou	Gru	71	Austral
Hercules	Herculis	Hércules	Her	19	Boreal
Horologium	Horologii	Relógio	Hor	73	Austral
Hydra	Hydrae	Hidra, Hidra Fêmea	Hya	45	Austral
Hydrus	Hydri	Hidro, Hidra Macho	Hyi	84	Austral
Indus	Indi	Índio	Ind	82	Austral
Lacerta	Lacertae	Lagartixa	Lac	10	Boreal
Leo	Leonis	Leão	Leo	31	Eclíptica
Leo Minor	Leonis Minoris	Leão Menor	LMi	15	Boreal
Lepus	Leporis	Lebre	Lep	42	Austral
Libra	Librae	Balança	Lib	33	Eclíptica
Lira	Lyrae	Lira	Lyr	8	Boreal
Lupus	Lupi	Lobo	Lup	65	Austral
Lynx	Lyncis	Lince	Lyn	14	Boreal
Mensa	Mensae	Montanha da Mesa	Men	85	Austral
Microscopium	Microscopii	Microscópio	Mic	70	Austral
Monoceros	Monocerotis	Unicórnio	Mon	43	Austral
Musca	Muscae	Mosca	Mus	78	Austral
Norma	Normae	Régua	Nor	66	Austral
Octans	Octantis	Oitante, Octante	Oct	88	Austral
Ophiuchus	Ophiuchi	Ofiúco, Serpentário	Oph	50	Austral
Orion	Orionis	Orionte	Ori	41	Austral
Pavo	Pavonis	Pavão	Pav	81	Austral
Pegasus	Pegasi	Pégaso	Peg	26	Boreal
Perseus	Persei	Perseu	Per	12	Boreal
Phoenix	Phoenicis	Fénix	Phe	72	Austral
Pictor	Pictoris	Pintor	Pic	58	Austral
Pisces	Piscium	Peixes	Psc	38	Eclíptica
Piscis Austrinus	Piscis Austrini	Peixe Austral	PsA	53	Austral
Puppis	Puppis	Popa, Ré	Pup	62	Austral
Pyxis	Pyxidis	Bússola	Pyx	59	Austral
Reticulum	Reticuli	Retículo	Ret	74	Austral
Sagitta	Sagittae	Flecha, Seta	Sge	21	Boreal

Sagittarius	Sagittarii	Sagitário	Sgr	35	Eclíptica
Scorpius	Scorpii	Escorpião	Sco	34	Eclíptica
Sculptor	Sculptoris	Escultor	Scl	54	Austral
Scutum	Scuti	Escudo de Sobieski	Sct	51	Austral
Serpens	Serpentis	Serpente	Ser	49	Austral
Sextans	Sextantis	Sextante	Sex	46	Austral
Taurus	Tauri	Touro	Tau	28	Eclíptica
Telescopium	Telescopii	Telescópio	Tel	69	Austral
Triangulum	Trianguli	Triângulo	Tri	23	Boreal
Triangulum Austrinus	Trianguli Austrini	Triângulo Austral	TrA	80	Austral
Tucana	Tucanae	Tucano	Tuc	83	Austral
Ursa Major	Ursae Majoris	Ursa Maior	UMa	6	Boreal
Ursa Minor	Ursae Minoris	Ursa Menor	UMi	1	Boreal
Vela	Velae	Vela	Vel	61	Austral
Virgo	Virginis	Virgem	Vir	32	Eclíptica
Volans	Volantis	Peixe Voador	Vol	76	Austral
Vulpecula	Vulpeculae	Raposinho	Vul	20	Boreal

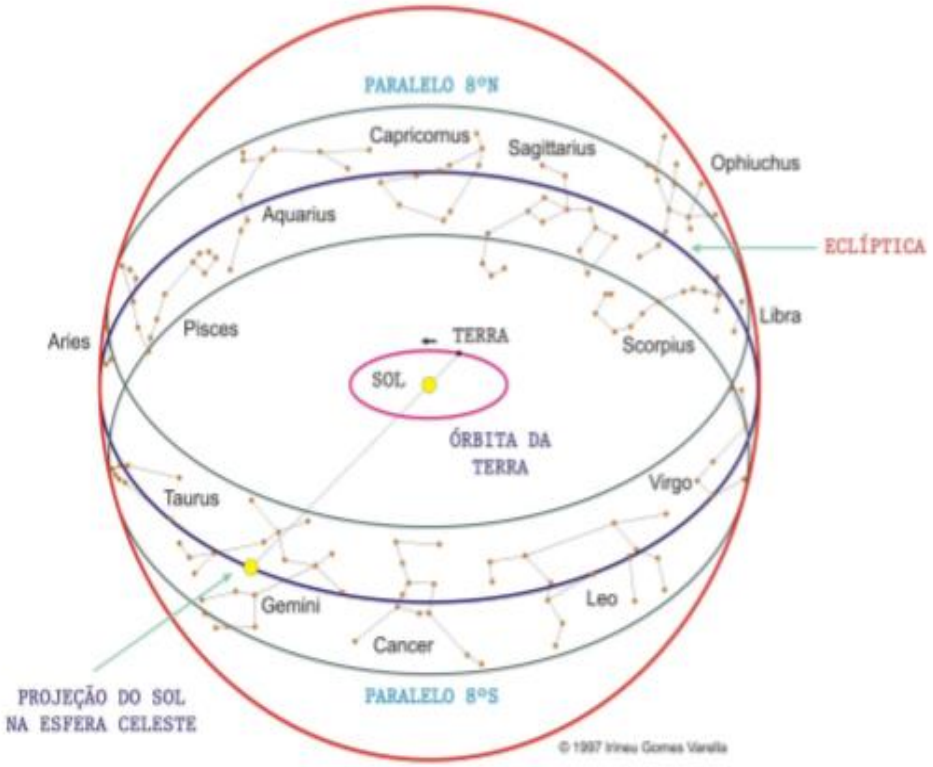
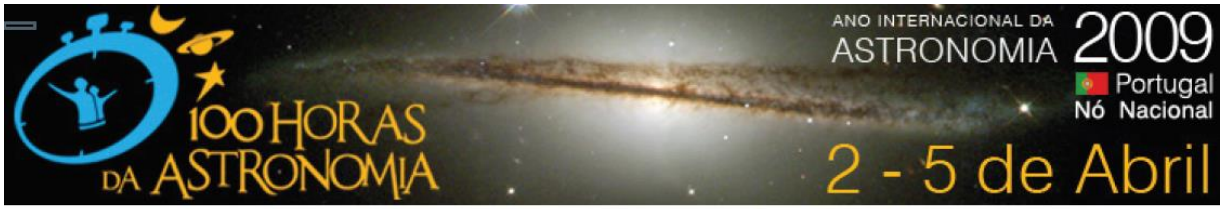


Fig.1 – O zodíaco, a Eclíptica e as treze constelações zodiacais.

TABELA I – AS CONSTELAÇÕES ZODIACAIS

CONSTELAÇÃO		SIGNIFICADO	PERÍODO	PERMANÊNCIA
01	Capricornus	Capricórnio	de Jan.20 a Fev.16	28 dias
02	Aquarius	Aquário	de Fev.17 a Mar.11	23 dias
03	Pisces	Peixes	de Mar.12 a Abr.18	38 dias
04	Aries	Carneiro	de Abr.19 a Mai.13	25 dias
05	Taurus	Touro	de Mai.14 a Jun.21	39 dias
06	Gemini	Gêmeos	de Jun.22 a Jul.20	29 dias
07	Cancer	Caranguejo	de Jul.21 a Ago.10	21 dias
08	Leo	Leão	de Ago.11 a Set.16	37 dias
09	Virgo	Virgem	de Set.17 a Out.30	44 dias
10	Libra	Balança	de Out.31 a Nov.22	23 dias
11	Scorpius	Escorpião	de Nov.23 a Nov.29	07 dias
12	Ophiuchus	Serpentário	de Nov.30 a Dez.17	18 dias
13	Sagittarius	Sagitário	de Dez.18 a Jan.19	33 dias

ANEXO 2 - RELÓGIO DE SOL

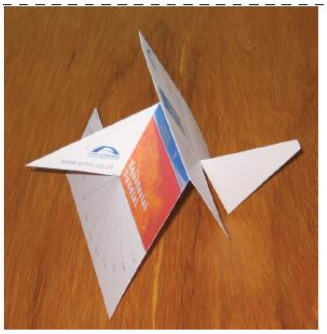


Relógio de Sol Equatorial

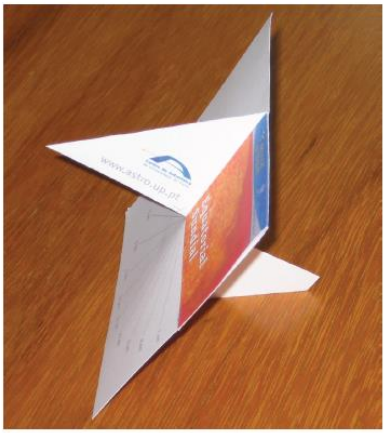
1

- Cortar o relógio pelas linhas de corte.
- Cortar as linhas a cheio.
- Seleccionar e cortar a latitude que melhor corresponde à sua localização.
- Dobrar pelas linhas a tracejado.

2

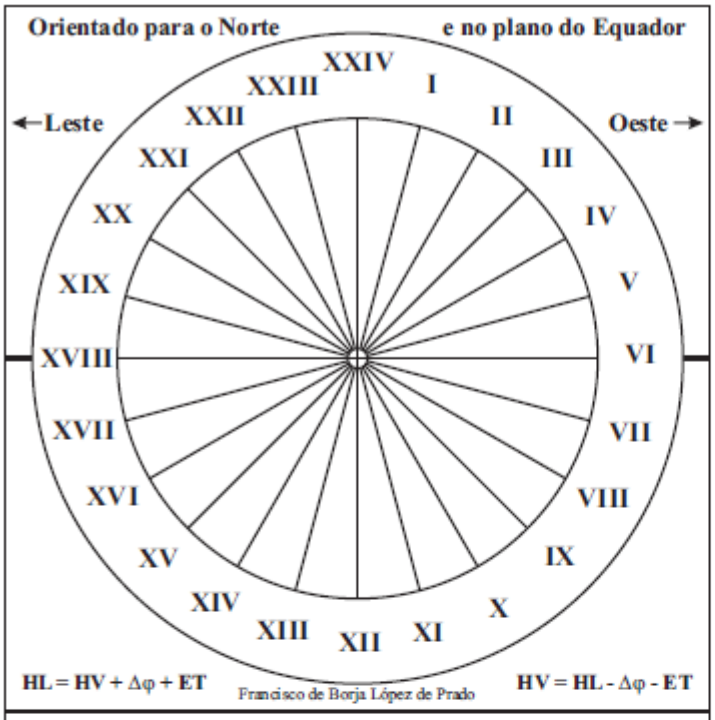


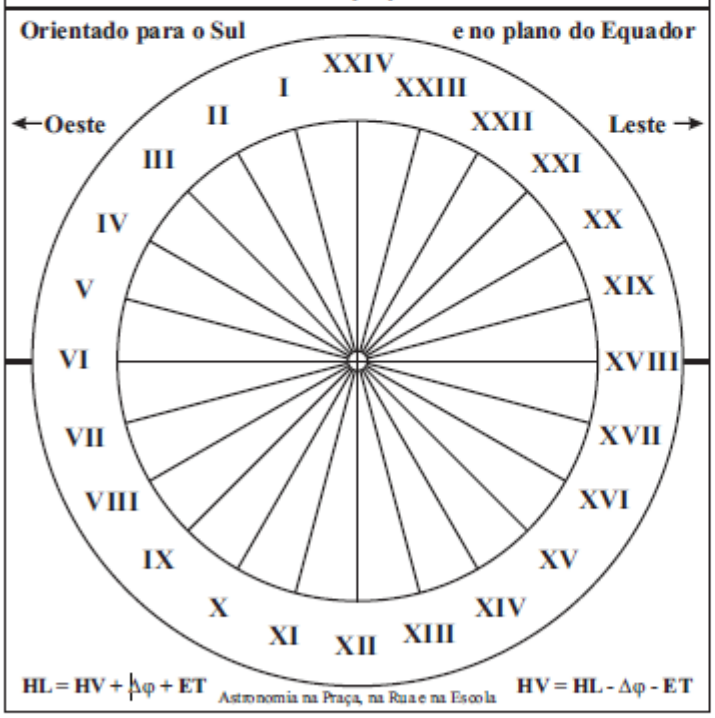
3

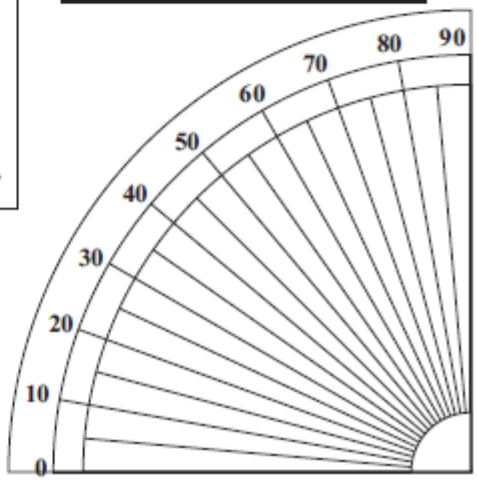


- Dobrar a meio, colar e levantar ortogonalmente os dois triângulos de modo a fazerem um ângulo de 90º graus.
- Dispor o relógio de modo que a parte da frente fique virada para Norte.
- No Inverno, a leitura é efectuada no verso.
- Adicionar uma hora durante o horário de Verão.

7h
18h
Relógio de Sol
Equatorial
2 - 5 de Abril
100 HORAS
DA ASTRONOMIA
ASTRONOMIA 2009
www.astro.up.pt
Centro de Astrofísica
da Universidade do Porto
NOTAS
1- A correcção ao erro de longitude deste relógio foi calibrada aproximadamente para o centro de Portugal continental (7º 30" Oeste).
2- Para maior estabilidade, imprima em cartão.
INSTRUÇÕES
1- Cortar as linhas a cheio e vincar as linhas a tracejado.
2- Seleccionar e cortar a latitude correspondente.
3- Dobrar a meio, colar e levantar ortogonalmente os dois triângulos. Dispor o relógio com a frente voltada para Norte.
Durante o Inverno a leitura é efectuada no verso.
Acrescentar 1:00h durante o horário de Verão.
DESCOBRE O TEU UNIVERSO
ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA 2009
Centro de Astrofísica da Universidade do Porto
SUNDAY 5 April
100 HOURS OF ASTRONOMY
www.astro.up.pt/100horas
www.astronomia2009.org
7h
18h
Norte 42°
Centro 40°





Equação do Tempo: ET					
Mês	**Dia**	**min**	**Mês**	**Dia**	**min**
Jan	01	+03	**Abr**	01	+04
	03	+04		04	+03
	06	+05		08	+02
	07	+06		11	+01
	10	+07		15	0
	13	+08		20	-01
	15	+09		25	-02
	18	+10	**Mai**	01	-03
	21	+11		11	-04
	25	+12		25	-03
	30	+13	**Jun**	02	-02
Fev	06	+14		07	-01
	25	+13		12	0
Mar	03	+12		18	+01
	07	+11		22	+02
	11	+10		27	+03
	15	+09	**Jul**	02	+04
	18	+08		08	+05
	22	+07		16	+06
	25	+06	ET representa o quanto o Sol verdadeiro se atrasa ou adianta cada dia.		
	29	+05			
Mês	**Dia**	**min**	**Mês**	**Dia**	**min**
Ago	11	+05	**Nov**	16	-15
	16	+04		21	-14
	21	+03		25	-13
	24	+02		27	-12
	29	+01	**Dez**	01	-11
Set	01	0		03	-10
	04	-01		06	-09
	07	-02		08	-08
	10	-03		10	-07
	12	-04		12	-06
	15	-05		14	-05
	18	-06		16	-04
	21	-07		18	-03
	24	-08		20	-02
	27	-09		22	-01
	30	-10		24	0
Out	03	-11		27	+01
	06	-12		28	+02
	10	-13		31	+03
	14	-14	ET é a diferença entre os ângulos horários do Sol médio e do Sol verdadeiro		
	19	-15			
	26	-16			

HL: hora legal ou de nossos relógios
HV: hora verdadeira ou hora sola
Δφ : Diferença de fuso (em BH = -04min)
ET: Equação do Tempo