



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE ASTRONOMIA**



**MARCOS FERREIRA SANTOS SILVEIRA**

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ASTRONOMIA PARA  
OBSERVAÇÃO DO ANALEMA SOLAR**

**FEIRA DE SANTANA – BA**

**2019**

**MARCOS FERREIRA SANTOS SILVEIRA**

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ASTRONOMIA PARA  
OBSERVAÇÃO DO ANALEMA SOLAR**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós  
Graduação em Astronomia do Departamento de  
Física na Universidade Estadual de Feira de  
Santana, como requisito parcial para obtenção  
do título de Mestre em Ensino de Astronomia.**

**Orientador: Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira**

**FEIRA DE SANTANA – BA**

**2019**



## ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado

CANDIDATO(A): MARCOS FERREIRA SANTOS SILVEIRA

DATA DA DEFESA: 26 de fevereiro de 2019 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 16:05h

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA	743.153.847-41	Presidente	DR	UEFS - UEFS
PAULO CESAR DA ROCHA POPPE	926.229.257-00	Membro Interno	DR	UEFS - UEFS
JORGE RICARDO DE ARAUJO KASCHNY	398.601.830-13	Membro Externo	DR	IFBA

### TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO<sup>1</sup>:

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ASTRONOMIA PARA OBSERVAÇÃO DO ANALEMA SOLAR.

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

Em sessão pública, após exposição de 50 min, o(s) candidato(s) foi(ram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 1h10min. A banca chegou ao seguinte resultado\*\*:

- APROVADO(A)  
 INSUFICIENTE  
 REPROVADO(A)

\*\* Recomendações: SEGUIR AS RECOMENDAÇÕES SUGERIDAS PELA BANCA

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

Feira de Santana, 26 de Fevereiro de 2019

Presidente:

Membro 1:

Membro 2:

Membro 3:

Candidato(a):

Coordenador do PGAstro:

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



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

CANDIDATO (A): MARCOS FERREIRA SANTOS SILVEIRA

DATA DA DEFESA: 26 de fevereiro de 2019 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 16:05h

MANUAL DIDÁTICO Para OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO  
APARENTE DO SOL

Feira de Santana, 26 de Fevereiro de 2019.

Presidente: [Signature]  
Membro 1: [Signature]  
Membro 2: [Signature]  
Membro 3: [Signature]  
Candidato (a): Marcos Ferreira Santos Silveira  
Coordenador do PGAstro: [Signature]

## Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

S589 Silveira, Marcos Ferreira Santos  
Uma proposta de atividades práticas de astronomia para observação do  
analema solar / Marcos Ferreira Santos Silveira. – 2019.  
139 f.: il.

Orientador: Marildo Geraldete Pereira  
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana,  
Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de  
Astronomia, 2019.

1. Astronomia – ensino. 2. Analema solar – observação. 3. Práticas  
pedagógicas. I. Pereira, Marildo Geraldete, orient. II. Universidade Estadual  
de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 521:371.13

Dedico a JESUS, o autor e consumidor da minha fé. À minha esposa Silvana, e aos nossos filhos queridos, Daniel e João Marcos. À memória do meu pai, à minha mãe, minha encorajadora por excelência e aos meus irmãos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Deus bendito que, em momento algum, apartou de mim a sua maravilhosa GRAÇA.

À minha família querida, esposa Silvana, pelo companheirismo na criação dos nossos queridos e amados filhos; Daniel e João Marcos, heranças do Senhor, amo vocês!

Ao meu querido pai (*in memoriam*) e à minha querida mãe, Dirce, que sempre de forma corajosa nos incentivaram a estudar e nunca desistir de confiar em Deus. Com seu exemplo de esposa e mãe batalhadora, mamãe fez todo o possível para que seus filhos pudessem estar acolhidos com amor em casa. Faço minhas as suas palavras “Deus é infinitamente mais!”

Aos meus seis irmãos pelo apoio e incentivo quando me parecia difícil, muito obrigado, especialmente a você Virgínia!

A minha gratidão a Marildo Geraldete Pereira, orientador com quem muito aprendi. Exemplo de competência e humanidade. Obrigado pelo acolhimento e confiança depositada em mim.

Aos professores do Mestrado Profissional em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), na pessoa da coordenadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Aparecida Fernandes Martin.

À Fernanda pelo apoio e ajuda na Secretaria da Coordenação do MPastro.

Aos colegas do mestrado que me apoiaram quando precisei.

Agradeço à UEFS que me acolheu como estudante e disponibilizou o que foi possível para a conclusão do Mestrado em Ensino de Astronomia.

Finalmente, a minha gratidão ao Instituto Federal da Bahia (IFBA), Campus de Vitória da Conquista pelo incentivo e apoio, principalmente ao Prof. Jaime dos Santos Filho na condição de Diretor do Campus, que quando possível atendeu as demandas dos professores que estavam se capacitando profissionalmente em nível de Pós-Graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho, o meu agradecimento sincero.

[...] Aí, pôs uma tenda para o sol, o qual, como um noivo que sai dos seus aposentos, e se regozija como herói, a percorrer o seu caminho (Sl. 19, 4,5).



## RESUMO

Ao olhar de forma mais geral a educação no Brasil, os dados avaliados pelo Sistema de avaliação da Educação Básica (SAEB) 2017, mostram que apenas 60 mil estudantes, num total de 1,4 milhão que fizeram a prova de Matemática, estariam aptos para acessar um curso superior. Isso leva a crer que a Educação Básica carece de uma reestruturação urgente, para atender melhor aos estudantes que adentram todos os dias no mercado de trabalho ou estão à procura dele. O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), avalia que se não for feita uma reestruturação no Ensino Médio, em breve os anos finais do Ensino Fundamental vão superar a etapa da Educação Básica. Isto é, no mínimo alarmante, pois significa uma retração significativa da Educação no Brasil. Ao perceber esses dados de defasagem educacional que pairam sobre boa parte dos estudantes brasileiros, surge a pergunta; que tipo de intervenção ou ferramentas educacionais poderiam ser usadas para tentar minimizar essa defasagem de conhecimento escolar de boa parte dos estudantes brasileiros, ao tempo em que os professores disponham de múltiplos recursos pedagógicos que lhes possibilitem auxiliá-los na sua prática educacional? Buscando responder a essa pergunta, este trabalho propõe oferecer aos professores e estudantes ferramentas educacionais voltadas para o Ensino de Astronomia, com o intuito de associar os conceitos estudados em disciplinas como, Física, Matemática, Ciências, História e Geografia com o estudo do Movimento Relativo do Sol, explorando instrumentação experimental de baixo custo, no intuito de observar a trajetória analêmica do Sol no decurso de um ano. Para tanto, são propostos neste trabalho a realização de oficinas de astronomia, bem como a apresentação de um manual didático de atividades direcionado aos professores, em que, instrumentos de observação como o gnômon e o cetro, são usados como delineadores do Analema descrito através dos pontos de sombra marcados sobre uma superfície ao longo de um ano. As atividades aqui propostas partem de oficinas realizadas inicialmente dentro do Campus IFBA de Vitória da Conquista, e depois extensiva ao Campus IFBA de Jequié, por ocasião da Jornada de Astronomia – JASTRO 2018. Vale ressaltar que estas oficinas também foram ministradas em outras escolas da Rede Pública de Ensino como, por exemplo, na Escola Estadual Padre Luiz Soares Palmeira em Vitória da Conquista e na Escola Estadual Boanovense na cidade de Boa Nova. Após a proposição de atividades voltadas para a observação do Movimento Relativo do Sol, espera-se que este trabalho proporcione aos leitores, uma melhor percepção dos eventos astronômicos que os cercam, ao tempo em que contribua de forma efetiva como mais um instrumento educacional que combata a defasagem escolar que assola boa parte dos estudantes no Brasil, mas que não é definitiva. Dessa forma, espera-se que os conhecimentos aqui adquiridos contribuam para a formação cidadã do educando.

**Palavras-chave:** Educação. Ensino. Astronomia. Analema.

## ABSTRACT

By looking more generally at education in Brazil, the data evaluated by the Basic Education Evaluation System (SAEB) 2017 show that only 60,000 students, out of a total of 1.4 million that did the Mathematics test, would be able to access to a higher education course. This leads us to believe that the Basic Education needs an urgent restructuring, to better serve the students who enter every day in the labor market or are looking for it. The National Institute of Studies and Educational Research Anísio Teixeira (INEP), evaluates that if a restructuring is not made in High School, soon the final years of Elementary School will overcome the stage of Basic Education. This is, at least alarming, because it means a significant retraction of Education in Brazil. When perceiving these data of educational lag that hangs over a good part of the Brazilian students, the question arises; what kind of intervention or educational tools could be used to try to minimize this lack of scholarly knowledge of the majority of Brazilian students, while teachers have multiple pedagogical resources that allow them to assist them in their educational practice? In order to answer this question, this work proposes to offer to teachers and students educational tools aimed at Teaching Astronomy, with the aim of associating the concepts studied in Physics, Mathematics, Science, History and Geography with the study of Relative Motion of the Sun, exploring experimental instrumentation of low cost, in order to observe the analogical trajectory of the Sun in the course of a year. In order to do so, it is proposed in this work the realization of astronomy workshops, as well as the presentation of a didactic manual of activities directed to teachers, in which observation instruments such as the gnomon and the scepter are used as eyeliners described in the Analema. points marked on a surface over a year. The activities proposed here are based on workshops held initially at the IFBA Campus in Vitória da Conquista, and later on at the IFBA Jequié Campus, on the occasion of the JASTRO 2018 Journey of Astronomy. It should be noted that these workshops were also taught in other schools of the Network Public Education, for example, at the Luiz Soares Palmeira State School in Vitória da Conquista and at the Boanovense State School in the city of Boa Nova. After proposing activities aimed at the observation of the Relative Movement of the Sun, it is expected that this work will give readers a better perception of the astronomical events that surround them, while at the same time contributing effectively as another educational instrument that will combat the school gap that plagues most students in Brazil, but is not definitive. In this way, it is expected that the knowledge acquired here will contribute to the citizen's education of the student.

**Keywords:** Education. Teaching. Astronomy. Analema.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Índice de repetência por país e unidade da Federação .....	16
<b>Figura 3.1</b> – Órbita Elíptica .....	32
<b>Figura 3.2</b> – Lei das Áreas .....	32
<b>Figura 3.3</b> – Representação de gnômon em comprimento e sombra projetada nos solstícios e equinócios .....	34
<b>Figura 3.4</b> – Relógio de Sol de Acaz.....	35
<b>Figura 3.5</b> – Registro de sombra projetada por gnômon.....	37
<b>Figura 3.6</b> – Efeito de obliquidade.....	38
<b>Figura 3.7</b> – Duas passagens consecutivas meridianas consecutivas do Sol médio .....	41
<b>Figura 3.8</b> – Órbita elíptica da Terra.....	41
<b>Figura 3.9</b> – Velocidade de revolução da Terra A e da Terra B.....	42
<b>Figura 3.10</b> – Efeito da órbita elíptica .....	42
<b>Figura 3.11</b> – Recursos de uma elipse .....	45
<b>Figura 3.12</b> – Gráfico da equação do tempo para um ano – órbita elíptica.....	46
<b>Figura 3.13</b> – Resolução leste-norte e sul da velocidade do Sol ao longo da eclíptica .....	47
<b>Figura 3.14</b> – Um dia depois do equinócio de primavera.....	48
<b>Figura 3.15</b> – Solstício de verão .....	49
<b>Figura 3.16</b> – Posições do Sol médio e do Sol verdadeiro .....	50
<b>Figura 3.17</b> – Equação do gráfico de tempo para um ano – inclinação $23,4^\circ$ ...	51
<b>Figura 3.18</b> – Curva do analema .....	52
<b>Figura 3.19</b> – Efeito de inclinação .....	53
<b>Figura 3.20</b> – Efeito de excentricidade .....	54
<b>Figura 3.21</b> – Sistema de coordenadas Altitude-Azimute.....	55
<b>Figura 3.22</b> – Altitude do Sol .....	56
<b>Figura 3.23</b> – Analema no céu.....	57
<b>Figura 3.24</b> – Ponto de interseção do horizonte, equador celeste e meridiano.....	58
<b>Figura 3.25</b> – Subida do analema no hemisfério norte .....	59
<b>Figura 3.26</b> – Subindo e estabelecendo analemas no hemisfério sul.....	59
<b>Figura 3.27</b> – Equação do tempo .....	60
<b>Figura 4.1</b> – Instituto Federal da Bahia – Campus Vitória da Conquista .....	64
<b>Figura 4.2</b> – Mapa Conceitual da aplicabilidade do Projeto Analema.....	68
<b>Figura 4.3</b> – Disciplinas e conteúdos trabalhados dentro do Projeto Analema..	72
<b>Figura 4.4</b> – Corte de um cone por um plano não paralelo à base.....	73
<b>Figura 4.5</b> – Elementos e classificação de um cone.....	73
<b>Figura 4.6</b> – Ciclo Trigonométrico.....	74
<b>Figura 4.7</b> – Gráfico da função cosseno .....	74
<b>Figura 4.8</b> – Câmara Escura.....	77
<b>Figura 4.9</b> – Ilustração de uma câmara escura .....	78
<b>Figura 4.10</b> – Fixação da lente no tubo de foco.....	80
<b>Figura 4.11</b> – Caixa Externa .....	80
<b>Figura 4.12</b> – Encaixe do tubo de foco .....	81
<b>Figura 4.13</b> – Câmara escura com foco regulável.....	81
<b>Figura 4.14</b> – Câmara escura em suporte – IFBA/VC .....	82

<b>Figura 4.15</b> – Imagem Invertida – câmara escura .....	82
<b>Figura 4.16</b> – Relógio de Sol numa garrafa pet .....	85
<b>Figura 4.17</b> – Impressão das horas do dia no rótulo anexo à garrafa pet .....	86
<b>Figura 4.18</b> – Garrafa Pet com barbante esticado .....	87
<b>Figura 4.19</b> – Anexo da folha hora .....	87
<b>Figura 4.20</b> – Plano Inclinado com ângulo de elevação com latitude local.....	88
<b>Figura 4.21</b> – Demarcação de sombras – arco de circunferência .....	89
<b>Figura 4.22</b> – Relações trigonométricas do triângulo retângulo.....	89
<b>Figura 4.23</b> – Cetro e Analema.....	92
<b>Figura 4.24</b> – Medidas do conjunto – Cetro e plataforma vertical.....	94
<b>Figura 4.25</b> – Início das marcações de sombras com cetro .....	95
<b>Figura 4.26</b> – Marcações do ponto de sombra do cetro – IFBA/VC .....	95
<b>Figura 4.27</b> – Marcações com cetro para obtenção do Analema .....	96
<b>Figura 4.28</b> – Esquema do gnômon e da plataforma.....	100
<b>Figura 4.29</b> – Estrutura para tabela de dados observacionais.....	100
<b>Figura 4.30</b> – Esquematização dos instrumentos para observação do Analema .....	103
<b>Figura 4.31</b> – Contato dos estudantes com artefatos para confecção dos instrumentos.....	107
<b>Figura 4.32</b> – Confecção dos instrumentos experimentais.....	108
<b>Figura 4.33</b> – Momentos de Oficinas no IFBA.....	110
<b>Figura 4.34</b> – Preparação das oficinas em casa e observações feitas no ambiente residencial .....	111
<b>Figura 5.1</b> – Dados para observação do Analema .....	115
<b>Figura 5.2</b> – Construção de instrumentos para Observação do Analema .....	116
<b>Figura 5.3</b> – Etapas preparatórias para oficinas.....	117
<b>Figura 5.4</b> – Analema em vinte e sete marcações.....	120
<b>Figura 5.5</b> – Gráfico do analema – gnômon – em casa – Horário: 09:50 .....	122
<b>Figura 5.6</b> – Analema – cetro – em casa – Horário: 09:01 .....	124
<b>Figura 6.1</b> – Depoimentos de estudantes a cerca do Projeto Analema.....	128

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 4.1</b> – Turmas alcançadas pelo Projeto Analema.....	65
<b>Tabela 4.2</b> – Etapas para o desenvolvimento do Projeto Analema.....	67
<b>Tabela 4.3</b> – Detalhamentos de atividades de Oficina e apresentações de trabalho .....	69
<b>Tabela 4.4</b> – Representação do processo avaliativo do Projeto Analema .....	71
<b>Tabela 4.5</b> – Custos dos materiais.....	104
<b>Tabela 5.1</b> – Cronograma de execução do Projeto Analema .....	113
<b>Tabela 5.2</b> – Registros das coordenadas de marcação do analema com gnômon.....	121
<b>Tabela 5.3</b> – Registros das coordenadas de marcação do analema com cetro.....	122

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 3.1</b> – Classificação dos Relógios de Sol.....	36
<b>Quadro 4.1</b> – Lista de Materiais para confecção da Câmara escura.....	79
<b>Quadro 4.2</b> – Materiais para confecção do Relógio de Sol.....	86
<b>Quadro 4.3</b> – Materiais para confecção do Relógio de Sol.....	93
<b>Quadro 4.4</b> – Listagem dos materiais para gnômon.....	99
<b>Quadro 6.1</b> – Síntese das ações no projeto Analema.....	130

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	21
2.1 DA APRENDIZAGEM ESCOLAR À VIDA EM SOCIEDADE.....	21
2.2 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NA PRÁTICA DE ENSINO.....	22
<b>CAPÍTULO III – OS FATORES HISTÓRICOS E O MOVIMENTO ANALÊMICO DO SOL</b> .....	30
3.1 UMA HISTÓRIA DA ASTRONOMIA .....	30
3.2 O MOVIMENTO RELATIVO DO SOL NA ESFERA CELESTE E OS RELÓGIOS DE SOL .....	33
3.3 O MOVIMENTO DO SOL EM RELAÇÃO À TERRA.....	37
3.4 REPRESENTAÇÕES DA DECLINAÇÃO DO SOL.....	38
3.5 MOVIMENTO ANALÊMICO DO SOL NA ESFERA CELESTE.....	39
<b>3.5.1 Origem do Analema</b> .....	39
3.6 EQUAÇÃO DO TEMPO E O ANALEMA NO CÉU.....	40
<b>3.6.1 Efeito da Órbita Elíptica</b> .....	40
<b>3.6.2 Obliquidade da Eclíptica</b> .....	47
<b>3.6.3 O analema e a equação do tempo</b> .....	51
<b>3.6.4 Azimute e altitude</b> .....	55
<b>3.6.5 Analemismo em ascensão</b> .....	56
<b>3.6.6 Analema em ascensão reta</b> .....	58
<b>3.6.7 A Equação do tempo</b> .....	60
<b>CAPÍTULO IV – METODOLOGIA</b> .....	63
4.1 APRESENTAÇÃO DA ESCOLA .....	64
4.2 APRESENTAÇÃO DO PÚBLICO ALVO DO PROJETO ANALEMA.....	65
4.3 APRESENTAÇÃO DO PROJETO ANALEMA .....	65
4.4 DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES .....	68
4.5 AVALIAÇÃO.....	70
4.6 O PROJETO ANALEMA E O DETALHAMENTO DOS CONTEÚDOS .....	71
4.7 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....	76
<b>4.7.1 O Sol e Câmara Escura</b> .....	76
<b>4.7.2 Contexto histórico</b> .....	77
<b>4.7.3 Objetivo</b> .....	78
<b>4.7.4 Contexto físico</b> .....	78
<b>4.7.5 Ideia do Experimento</b> .....	78
<b>4.7.6 Lista de Materiais para confecção da Câmara escura</b> .....	79
<b>4.7.7 Montagem</b> .....	79
<b>4.7.8 Metodologia de Aplicação</b> .....	81
<b>4.7.9 Atividades a serem desenvolvidas com os estudantes</b> .....	82
4.8 CONSTRUÇÃO DE UM RELÓGIO DE SOL COM GARRAFA PET .....	83
<b>4.8.1 Contexto histórico</b> .....	84
<b>4.8.2 Objetivo</b> .....	84
<b>4.8.3 Contexto físico</b> .....	85
<b>4.8.4 Ideia do Experimento</b> .....	85
<b>4.8.5 Lista de Materiais para confecção</b> .....	86
<b>4.8.6 Montagem</b> .....	87

4.8.7 Anexo da folha hora .....	87
4.8.8 Metodologia de Aplicação .....	88
4.8.9 Atividades a serem desenvolvidas .....	90
4.9 O CETRO E O ANALEMA VERTICAL .....	91
4.9.1 Contexto Histórico .....	91
4.9.2 Objetivo .....	91
4.9.3 Contexto Físico .....	91
4.9.4 Ideia do Experimento .....	92
4.9.5 Lista de Materiais para confecção .....	92
4.9.6 Montagem .....	93
4.9.7 Metodologia de Aplicação .....	94
4.9.8 Atividades a serem desenvolvidas .....	96
4.10 O GNÔMON E O ANALEMA HORIZONTAL.....	97
4.10.1 Contexto histórico.....	98
4.10.2 Objetivo .....	98
4.10.3 Contexto Físico .....	98
4.10.4 Ideia do experimento.....	99
4.10.5 Lista de Materiais .....	99
4.10.6 Montagem .....	100
4.10.7 Metodologia de aplicação.....	101
4.10.8 Atividades a serem desenvolvidas .....	101
4.11 ESQUEMATIZAÇÃO DOS INSTRUMENTOS PARA OBSERVAÇÃO DO ANALEMA.....	102
4.12 QUADRO COM CUSTOS DOS MATERIAIS .....	104
4.12.1 Estratégia observacional.....	105
4.13 DESENVOLVIMENTO DAS OFICINAS .....	106
4.14 FASES DA OFICINA .....	107
4.15 DESENVOLVIMENTO DOS PRODUTOS.....	108
<b>CAPÍTULO V – IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO ANALEMA.....</b>	<b>112</b>
5.1 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....	112
5.1.1 Objetivos do cronograma .....	112
5.2 REVISÃO DE LITERATURA .....	113
5.3 CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS .....	114
5.3.1 As oficinas .....	116
5.4 REGISTRO DOS EXPERIMENTOS .....	119
<b>CAPÍTULO VI – ANÁLISES E CONCLUSÕES .....</b>	<b>125</b>
6.1 A PROPOSTA.....	125
6.2 DOS OBJETIVOS .....	126
6.3 RESULTADOS QUALITATIVOS APRESENTADOS.....	127
6.3.1 Depoimentos.....	128
6.4 QUADRO SÍNTESE DAS AÇÕES .....	130
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	131
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>133</b>

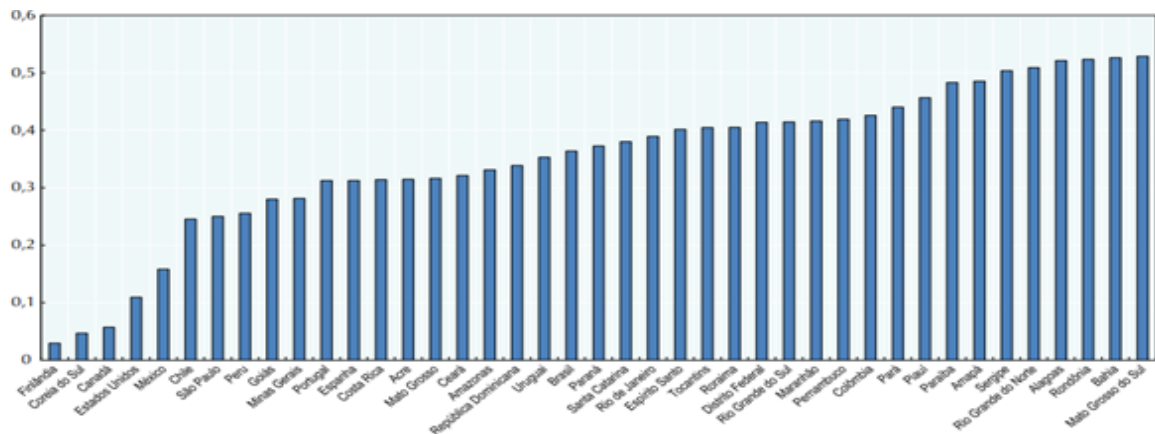


## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas da Educação no Brasil deve-se, também, ao fato dos estudantes apresentarem deficiências, principalmente nos componentes curriculares de Matemática e Português. Em se tratando, especificamente da Matemática, verifica-se que, apenas 4,52% dos estudantes brasileiros no ensino médio avaliados pelo Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) superam o nível 7 da escala de Proficiência. Isto equivale dizer, que apenas 60 mil estudantes, num total de 1,4 milhão que fizeram a prova de Matemática, estariam em condições de acessar um curso superior. Ao avaliar estes índices do SAEB, conclui-se que a Educação Básica carece de uma reestruturação urgente, para atender às demandas da sociedade. O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), avalia que se não for feita uma reestruturação no Ensino Médio, em breve os anos finais do Ensino Fundamental vão superar a etapa da Educação Básica. Isto é, no mínimo alarmante, pois significa uma retração desmedida da Educação no Brasil (SAEB, 2018).

Por outro lado, ao analisar a defasagem idade-série, tabulados pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos [PISA], o Brasil ocupa o 60º lugar em educação entre 70 países avaliados entre 2013 e 2015, o que mostra uma defasagem escolar significativa de uma parcela dos alunos em disciplinas como; ciências, leitura e matemática, refletindo um alto número de repetência e conseqüentemente um atraso em relação à idade-série. A Figura 1.1 indica as informações sobre repetência contidas no PISA Brasil (INEP, 2015) em comparação a outros países.

**Figura 1.1 – Índice de repetência por país e unidade da Federação**



Fonte: OCDE, INEP.

Em média, 20,3% dos estudantes brasileiros com respostas válidas no quesito repetência, reportaram ter repetido pelo menos uma vez nos anos iniciais do Ensino Fundamental (INEP, 2015, p. 212).

Para além dos índices, a educação de qualidade almejada por todos, certamente passa pela valorização dos professores que através dos anos, tem lutado por melhores condições de trabalho. Ao olhar este cenário, procurando os culpados pela defasagem educacional no Brasil, precisamos ser mais cuidadosos para não criticar em demasia a classe docente, como se eles fossem os únicos responsáveis pela formação social do indivíduo, responsabilizando-os à tarefa educativa, como se fosse papel exclusivamente seus, quando na verdade é dever de todos, inclusive da família, conforme bem explicita a Constituição do Brasil.

Ao abordar com real cuidado a necessidade de um ensino de qualidade, nota-se claramente que os professores precisam ser aperfeiçoados dentro de uma tríade: ensino, pesquisa e extensão, pelos quais o docente estará em contato constante com inovações, reformulações pedagógicas de ensino e consequentemente um conhecimento acadêmico sólido que possibilite crescimento não apenas individual, mas que agregue valor social e econômico ao país.

Diante destes dados estatísticos apresentados pelo SAEB (2017) que mostra os índices de baixo rendimento dos estudantes na disciplina de Matemática, do PISA (INEP, 2015), que apresenta um quadro de defasagem idade-série por repetência, bem como, da necessidade de valorização dos professores, no que tange às condições de trabalho e salários mais dignos, surge a seguinte pergunta: Quais ferramentas educacionais poderiam ser usadas para tentar minimizar essa defasagem de conhecimento escolar de boa parte dos estudantes brasileiros, ao tempo em que os professores disponham de múltiplos recursos pedagógicos que lhes possibilitem auxiliá-los na sua prática educacional?

Para tentar responder essa pergunta, é preciso perceber que mudanças profundas só acontecerão quando a formação dos professores deixar de ser um processo de atualização, e considerar o docente como sujeito que em atividade profissional é conduzido a situações formais de aprendizagem dentro e fora da escola.

Para Tardif (2014) o professor é um ator social, participa de espaços formativos, tem uma história de vida, cultura e personalidade. Obviamente por ser

um agente transformador na educação, esses aspectos citados da sua condição humana irão influenciar diretamente no seu fazer pedagógico.

Na escola, principalmente na interação entre professor e aluno, são apresentadas diariamente situações problemas, que permitem garantir conhecimento significativo para ambos. Para Brasil (2002), as identidades linguísticas, étnicas e culturais dos estudantes, precisam ser respeitadas nas propostas pedagógicas para que efetivamente os pares envolvidos no espaço escolar, contribuam para o crescimento de todos.

Neste sentido, percebe-se uma necessidade de aquisição e desenvolvimento de novas competências por parte dos professores para que os estudantes possam acessar outros saberes e, conseqüentemente, estejam preparados para lidar com novas tecnologias e linguagens, dentro de ritmos e processos acentuados (BRASIL, 2002).

Nessa busca incessante de todos educadores comprometidos com uma educação de qualidade que possibilitem aos professores e estudantes novas abordagens significativas no contexto escolar, este trabalho apresenta uma proposta de descrição de vários fenômenos físicos associados à Astronomia que não raramente estão presentes na vida escolar de todos que estudam disciplinas como, Física, Matemática, Ciências, História e Geografia, a fim de que seja mais uma ferramenta, que agregue valor educacional, profissional e científico para formação pessoal do educando.

Ao favorecer o desenvolvimento cognitivo, o docente poderá propor uma aprendizagem que possibilite ao educando, por exemplo, ampliar sua visão de mundo, sendo motivados a estudarem fenômenos astronômicos através de práticas experimentais.

Dentro de uma perspectiva de se buscar uma abordagem metodológica de ensino de ciências suportada na realização de práticas experimentais, autores como, Oliveira (2010), Giordan (1999) e Taha *et al.* (2016), tem externado preocupação com a implementação de ações desta natureza.

Já associado com as Ciências Físicas, os trabalhos de Séré, Coelho e Nunes (2013), Grasselli (2014), Oliveira (2010) e Ribeiro *et al.* (2016), apresentam a importância da experimentação na prática pedagógica para o ensino de Física.

Em se tratando do ensino de Astronomia experimental, os trabalhos de Langhi, (2017), Aroca e Silva (2011), Cardinot e Namen (2017), Trogello, Neves e

Silva (2015), apontam claramente que criar situações de experimentação em Astronomia no ambiente escolar é possibilitar ao estudante acesso a novas formas de aprendizagem através de práticas científicas prazerosas.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), Brasil (2002) apontam muitas competências que permitem aos professores e alunos desenvolverem habilidades ao estudarem conteúdos como; movimento relativo, variações e conservações, equilíbrios e desequilíbrios, interação gravitacional, referenciais inerciais, dentre outros.

Ao abordar o tema – Terra e Universo, os PCNs destacam a importância de orientar o estudante para articular informações com dados de observação direta do céu. O educando ao ser instigado a observar o céu diurno, por exemplo, poderá verificar que os astros, Sol e a Lua variam suas posições de “nascimento” ao longo dos dias e periodicamente ao longo do ano. Ao se movimentar em relação ao horizonte, a luz do Sol projeta sombras que também se movimentam, variando em comprimento e direção.

Ao estudar o movimento relativo do Sol, o estudante poderá ser provocado em sua curiosidade e perceber que o Relógio de Sol Analógico é um método que possibilita a aproximação do educando com conteúdos estudados em Física e Matemática, quando se relaciona, por exemplo, os pontos de marcação das sombras declinantes de um gnômon, com os eixos  $x$  e  $y$  no plano cartesiano associados ao triângulo retângulo e que possibilita discussões na sala de aula aumentando a interação entre estudantes e professor (AZEVEDO *et al.*, 2013).

Dentro da temática relacionada à educação em Astronomia, Langhi (2017) afirma que em decorrência das dimensões do território nacional, as ações destinadas às mudanças relativas à prática docente, ao se referir à introdução de tópico ligado ao Ensino de Astronomia são pouco efetivas. Para educadores que possuem um anseio por novas formas de pensar, aprender e fazer educação, a utilização de práticas observacionais astronômicas é um potencial vertente que pode ser explorado dentro e fora da sala de aula em qualquer parte do território nacional. Para Azevedo *et al.* (2013) o relógio de Sol com interação humana, por exemplo, é uma poderosa ferramenta educacional que trabalha as observações do movimento relativo do Sol numa perspectiva analógica.

Tendo em vista que parte dos estudantes brasileiros enfrentam uma defasagem de conhecimento escolar, que os professores podem acessar múltiplos

recursos pedagógicos de baixo custo para aplicar em sua prática docente, este trabalho apresenta como objetivo geral uma proposta de inserção de atividades práticas de observação do movimento relativo do Sol na Educação Básica.

Assim, são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- Observar o Movimento Aparente do Sol utilizando, gnômon e um cetro;
- Construir analema solar ao longo de um ano;
- Relacionar o estudo do analema solar com as estações do ano;
- Relacionar o estudo da Astronomia com Física; Matemática, Ciências, Geografia e História estudadas no Ensino Médio.

Como produto são propostas a realização de oficinas, assim como o desenvolvimento de um Manual Didático para a implementação das atividades observacionais.

Dessa forma, esse trabalho, se destina aos estudantes e professores do ensino médio e fundamental, sendo que para os estudantes o objetivo é introduzir uma prática de realização de observações de fenômenos astronômicos. Já para os professores, visa desenvolver um manual para que os mesmos o insiram em suas atividades docentes. Para tanto, o presente trabalho está estruturado em seis capítulos dos quais: a Introdução compõe o Capítulo 1 e apresenta um panorama sobre dificuldades enfrentadas por professores e estudantes na educação brasileira, em particular no ensino de ciências, bem como a proposição de uma intervenção viável, sob o ponto de vista prático-pedagógico utilizando conteúdos de Astronomia. No Capítulo 2 é feita uma revisão da literatura apontando vários autores que defendem a prática experimental / observacional como ferramenta educacional, bem como, é apresentado o ensino de Astronomia numa perspectiva de construção do Analema. No Capítulo 3 é destacado o Movimento Analêmico do Sol no céu e suas implicações quanto à equação do tempo. No Capítulo 4 é mostrada a metodologia, ressaltando como será o desenvolvimento do projeto Analema e aplicação das atividades experimentais. No Capítulo 5 o leitor poderá acessar o cronograma das atividades executadas, e o resgate das etapas desenvolvidas durante o Projeto Analema. Por fim, no Capítulo 6 serão apresentadas as análises, resultados e conclusões.

## CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será feita uma reflexão sobre os pilares que fundamentam a educação inserida na sociedade. Entre estes pilares destacamos, conforme os eixos estruturantes apresentados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. É bem verdade que no contexto social, o indivíduo deve ser um participante ativo que deve contribuir com os conhecimentos adquiridos fundamentalmente na formalidade educacional, para que esta sociedade usufrua não de forma exploratória destes conhecimentos adquiridos, para o bem de todos.

### 2.1 DA APRENDIZAGEM ESCOLAR À VIDA EM SOCIEDADE

Conforme assinalamos na introdução do trabalho, o ponto de partida e de referência para a realização da presente pesquisa foi a busca por uma abordagem metodológica de ensino que contemple o anseio por novas formas de pensar, aprender e fazer educação. Dentro desta perspectiva, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) destaca que os eixos estruturais da educação na sociedade contemporânea se fundamenta sobre quatro pilares, que são eles: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser (BRASIL, 2002, p. 43).

Aprender a conhecer diz respeito ao domínio dos próprios instrumentos do conhecimento para compreender o mundo com suas estruturas de funcionamento. O homem sempre procurou dominar o ambiente natural que o cerca e, por conseguinte, buscou conhecer, por exemplo, os princípios físicos que regem o mundo habitável.

Para Brasil (2002), a vida na sociedade trás benefícios, como a realização de projetos comuns, ou mesmo a gestão inteligente dos conflitos inevitáveis. Em se tratando, do aprender a viver, percebe-se que o compartilhamento do conhecimento resultará nas condições necessárias para que o homem viva em comunidade e, dessa forma, a percepção do outro pode gerar, por exemplo, a autonomia e liberdade na prestação de serviços a todos, ou para o bem de todos.

O resultado do aprender a viver em comunidade deve favorecer ao homem aprender a ser. Essa concretização passa pela educação que deve estar comprometida com o desenvolvimento total da pessoa. Para Brasil (2002), aprender

a ser implica na gestão pessoal, que permite ao indivíduo conceber pensamentos autônomos, críticos e que agregue juízo de valor.

Quando o homem passa a dominar certas tecnologias, dá-se a concretização do aprender a fazer. Nessa perspectiva, percebe-se que o conhecimento deve ser transmitido a gerações futuras para que as novas demandas da sociedade sejam atendidas. Uma vez que o conhecimento é internalizado por um ou mais indivíduos, ele se torna parte da construção humana, e isso pode “privilegiar a aplicação da teoria na prática” (BRASIL, 2002, p. 34). Daí verifica-se que o legado cognitivo alcançado pelos antepassados é substancialmente produto do aprender a fazer.

Portanto, nessa perspectiva do aprender a fazer, como um dos pilares estruturantes para a vida em sociedade, a educação se mostra como um meio fundamental para que o indivíduo desenvolva habilidades necessárias para o bem de todos. Por isso a escola tem papel relevante na formação do ser e, deve oportunizar aos estudantes condições para que a experimentação seja uma ferramenta fundamental para além da teoria.

Diante desses pilares estruturantes apresentados pelo PCN, destacaremos alguns trabalhos científicos em que autores abordam sobre a importância da experimentação num ambiente educacional, mas especificamente no ensino de Ciências, Física e Astronomia.

## 2.2 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NA PRÁTICA DE ENSINO

Em se tratando dos processos e práticas de experimentação na educação, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio (BRASIL, 2017). Em decorrência dessa visão mais analítica do ensino através da experimentação, percebe-se, que a Astronomia assume um papel de grande relevância, ao propor observações feitas do céu. Ao estudar, por exemplo, o movimento relativo do Sol, tanto em suas posições que variam ao longo do dia, quanto em sua periodicidade ao longo do ano, os estudantes podem ser aproximados de procedimentos e instrumentos de investigação tais como: identificação de variáveis relevantes, elaboração de argumentos e explicações, escolha e utilização de instrumentos de medida, dentre outras.

Dessa forma o processo investigativo, permitirá uma abordagem analítica que deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem pelo qual o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nesse ínterim, a Base Nacional Comum Curricular, destaca também que a escolarização deve ser desencadeada, a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental.

Considerando esses pressupostos, a BNCC (BRASIL, 2017) em articulação com as competências gerais da Educação Básica, tanto do Ensino Fundamental, quanto do Ensino Médio, propõe que a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias devem garantir aos estudantes o desenvolvimento de competências específicas, como: observar fenômenos naturais buscando relacionar matéria e energia, analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da vida na Terra, bem como:

Propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos e minimizem impactos socioambientais [...] melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global [...]. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos. [...]. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza (BRASIL, 2017, p. 553).

Para que os estudantes assumam o protagonismo nas ações individuais e coletivas nas práticas experimentais, a BNCC propõe que “os estudantes do Ensino Médio ampliem e explorem, sobretudo, experimentações e análises qualitativas e quantitativas de situações-problema” (BRASIL, 2017). Para tanto, torna-se imprescindível o domínio, por parte dos educandos, das linguagens próprias da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Objetivando, sobre tudo, desenvolver no estudante as competências e habilidades para que o mesmo compreenda os conceitos físicos estudados, a Base Nacional Comum Curricular, propõe que os educandos realizem previsões sobre fenômenos físicos em situações cotidianas observadas experimentalmente e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, bem como, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.



Ao escrever sobre as contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências, Oliveira (2010, p. 1) reafirma que a “experimentação no ensino de ciências tem sido amplamente debatido no meio acadêmico”, dando total relevância ao desenvolvimento de saberes conceituais, procedimentais e atitudinais.

Para Oliveira (2010), buscar responder ainda que parcialmente questões cruciais como: quais competências e habilidades os alunos poderão acessar através de práticas experimentais? Ou ainda, quais estratégias podem ser colocadas em prática para uma eficiente abordagem de conteúdos do ponto de vista pedagógico? São questionamentos que visam sobretudo buscar meios para motivar e despertar a atenção dos alunos para os assuntos explanados pelo professor.

Tal fato, conforme observa o pesquisador, favoreceria o processo de ensino-aprendizagem, a implementação de estratégias empregadas pelo professor, como; solicitar aos estudantes que façam registros dos fenômenos experimentais, ou ainda incentivá-los a levantarem questionamentos sobre as várias etapas desenvolvidas durante a atividade proposta (OLIVEIRA, 2010, p. 143).

Segundo Giordan (1999), o levantamento maciço de dados experimentais e observações de um determinado fenômeno que se repete no tempo, permite a formulação de enunciados, bem como, a formalização de princípios ou teorias científicas. Fica claro, então, que a experimentação tem seu papel destacado na proposição de uma metodologia científica, sempre buscando a racionalização das etapas, visando a assimilação de características de indução e dedução

Desta forma, os estudantes poderão acessar novos conhecimentos que os impelirão a decidir, por exemplo, qual será a abordagem científica mais eficiente para obtenção de resultados analisados, ou ainda, a descrição formal da lei que corrobora com a atividade experimental.

Ao se considerar por exemplo, o método indutivo para tratar os dados em uma observação experimental que permita enunciar lei gerais, Francis Bacon afirma:

Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma que consiste em saltar das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, em se descobrirem os axiomas intermediários a partir desses princípios e de sua inamovível verdade. E outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade. Esse é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado (BACON, 1989 *apud* GIORDAN, 1999, p. 2).

Para René Descartes, a experimentação assume um novo papel, diferente daquele defendido por Bacon. Descartes defende o método dedutivo, no qual em suas próprias palavras afirma

[...], no que concerne às experiências, que estas são tanto mais necessárias quanto mais adiantado se está em conhecimentos. [...], tentei descobrir, em geral, os princípios ou causas primitivas de tudo o que é ou que pode ser no mundo. [...] Depois, examinei quais eram os primeiros e mais comuns efeitos que podiam ser deduzidos de tais causas. [...] Após isso, quis descer às mais particulares (DESCARTES, 1980, *apud* GIORDAN 1999, p. 2).

Desta forma, poderia sugerir o questionamento: qual seria o melhor método a ser empregado para descrever um fenômeno observado experimentalmente? Penso que os dois métodos são igualmente importantes, pois os mesmos instigam os estudantes a levantarem questionamentos na investigação de um determinado fato observado na prática experimental. Só assim o estudante poderá optar pelo melhor método para análise do fenômeno.

Parece que o professor é o detentor único do conhecimento, portanto estaria acima de questionamentos. Por isso, a experimentação deve ser considerada como um objeto pedagógico para o ensino de Ciências, uma vez que pode influenciar no modo como os estudantes aprendem e essa experimentação pode representar um protagonismo pessoal e significativo para o estudante.

A experimentação para o ensino de Ciências é ratificado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que orientam a observação e a prática experimental como ferramentas para fazer brotar informações em um contexto de problematizações (BRASIL, 2002).

Ao escrever sobre o Papel da experimentação do ensino de Física, Seré, Coelho e Nunes (2003), considera que um experimento pode ser realizado com diferentes abordagens. De forma que, usualmente, o aluno aprende como escolher um material para análise, um método, ou até mesmo como fazer a manipulação de uma lei, podendo variar algum parâmetro observacional.

Para Seré, Coelho e Nunes (2003), outra forma de abordagem experimental é a aplicação da lei, onde a mesma já é conhecida e utilizada em cálculos, sem questionamentos sobre sua credibilidade, como por exemplo, a aplicação das leis de Newton, em que geralmente um estudante encontra apenas um único resultado.

Porém, ao medir um parâmetro comparativo, o estudante é instigado a perceber que o resultado é apenas uma informação, que deve ser trocada entre duas ou mais pessoas, e que por isso mesmo, carece de uma avaliação mais criteriosa dos resultados obtidos, condição essa que nem sempre é utilizada no ensino.

Segundo Grasselli (2014), o ensino de Física experimental possibilita ao aluno uma aprendizagem mais significativa do ponto de vista da contextualização do conceito físico abordado, pois se acredita que atividades práticas estimuladas pelo professor tem um efeito de pró-atividade por parte do estudante. Neste ínterim, o pesquisador afirma que o ensino experimental, “se justifica pela importância da abordagem do assunto ensino da disciplina de Física através de experimentações no Ensino Médio como estratégia que possibilita a aprendizagem da disciplina de forma prática e concreta” (GRASSELLI, 2014, p. 3).

Para o pesquisador, tal fato, mostra que a Física Experimental tem sua condição de existência na verificação de situações práticas do dia-a-dia, discutidas e sugeridas pelos físicos teóricos. Obviamente o planejamento e execução de etapas experimentais propostas pelos físicos, tem resultado em aplicações tecnológicas nas mais variadas áreas do conhecimento. Portanto, a utilização de experimentos para o ensino da Física torna-se essenciais no campo educacional, de acordo com Araújo e Abib (2003).

Pautando ainda sobre, a experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física, Higa e Oliveira (2012), destacam que entre os anos de 1960 e 1970, foram-se intensificadas as estratégias para incorporação de práticas experimentais como forma de sedimentação do ensino-aprendizagem, especificamente na área de Física, de maneira que, muitos projetos em nível nacional e internacional se multiplicaram nas escolas do Brasil. Tal fato levou pesquisadores a se debruçar sobre o tema ensino e aprendizagem, e dessa forma, houve um favorecimento de pesquisas na área de Educação.

Segundo Higa e Oliveira (2012), muitos artigos publicados no **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** tinham características bem peculiares sobre a experimentação no ensino dessa disciplina. A pesquisadora destaca que foram selecionados 14 artigos publicados nos últimos dez anos, com o intuito de analisar os aspectos epistemológicos-pedagógicos adotados pelas pesquisas sobre práticas no ensino de Física, e verificou-se que houve um predomínio de dois enfoques: “um que valoriza a aprendizagem e outro que valoriza a interação” (HIGA; OLIVEIRA,

2012, p. 91). Em se tratando especificamente do ensino dessa disciplina, percebe-se que a aprendizagem deve permitir ao estudante uma aproximação do assunto estudado com uma realidade de experimentação vivenciada num espaço formal ou não formal.

Ao abordar sobre o ensino de Física no nono ano através de atividades experimentais, Ribeiro *et al.* (2016, p. 170), destaca que é necessário despertar no estudante “gosto pela exploração, pela descoberta e pela curiosidade”. Isso implica em, abordar temas que resgate o interesse dos alunos, visando sobre tudo a contextualização e experimentação. Sempre que possível, o professor deve instigar os educandos, apresentando fatos históricos relacionados à Física e reproduzindo experimentos que foram importantes para o conhecimento. Pode-se destacar, por exemplo, o deslocamento de um corpo no movimento circular uniforme, enfatizando a relação existente entre a força gravitacional e a força centrípeta neste tipo de movimento.

Quando se pensa em experimentação na área de Astronomia, autores como Langhi (2017), incentivam professores a desenvolverem projetos de observação astronômica, visando sobre tudo à autonomia dos mesmos na elaboração de suas aulas que estarão permeadas por conteúdos abordados em Matemática, Física, Geografia e História, como consequência, as atividades experimentais permitirão aplicar estratégias mais eficientes que permitam aos estudantes desenvolverem atividades científicas no ambiente escolar.

No sentido de executar atividades práticas com a utilização de experimentação e observação em Astronomia, trabalhos como de Amaro (2015), propõe a construção de um relógio solar para o museu de ciências naturais objetivando não só indicar as horas, mas, sobretudo demarcar a época e o mês corrente. Ações desse tipo visam propor meios para que ocorra uma dialogia entre a teoria e a prática experimental voltada para inserção de observações astronômicas em ambientes também externos à escola. Para Gurgel e Gester (2016), a metodologia pedagógica baseada no método da descoberta, a qual relaciona a realização de uma atividade prática fazendo uma posterior relação com a teoria, se adequa bem com a inserção de tópicos de Astronomia no ensino médio baseado em observações astronômicas.

Para Damasceno (2016), a Astronomia possui um caráter motivacional e também possibilita inovações nas práticas de ensino. Esta motivação para estudar

Ciências é importante para criar um ambiente agradável em que ocorra o desenvolvimento da aprendizagem. É neste sentido que se entende inovação, não apenas nos aspectos tecnológicos, mas também na inserção de novas práticas pedagógicas. Para Trevisan e Lattary (2000) apenas a teoria não é o suficiente, é necessário fornecer ao estudante subsídios a mais, ou seja, aquela em que ele pratica, construindo artefatos/experimentos, entre outros. Dessa forma, as práticas utilizadas pelo professor, mesmo quando simples devem ser eficientes para ilustrar os conceitos fundamentais estudados.

Percebe-se também que trabalhos publicados sobre experimentação astronômica voltados para observações analêmicas tem sido uma poderosa ferramenta para implementação de ações que possibilitem uma aplicação direta nos conteúdos estudados nos currículos escolares. Neste sentido, trabalhos como o de Kitller e Darula (2004), analisa os fatos históricos sobre um bastão chamado gnômon colocado sobre uma superfície vertical, que permite projetar uma sombra para prever as horas, ou ainda, determinar os princípios da geometria descritiva nas regras tradicionais do analema que posteriormente foram interpretadas em fórmulas matemáticas. Seguindo a mesma linha de ação, o trabalho de Karney (2005), sobre a construção e utilização de relógio de Sol, faz um estudo rigoroso das diferenças ou erros entre o tempo civil e a horário solar verdadeiro, levando em consideração o conceito direto de que nosso tempo deveria se basear na rotação diária percebida da Terra e em sua órbita anual ao redor do Sol, abordando os efeitos de excentricidade e obliquidade da Terra, ilustrada por intermédio do Analema. Já o trabalho de Sawyer (1994), estuda uma similaridade em nomes para sugerir mais de um parentesco entre o mostrador do relógio de Sol e a curva do Analema, fazendo ainda um resgate histórico dos relógios de Sol descritos, por exemplo, nas obras de Vitruvius e Ptolomeu. Finalmente o trabalho de Yeow (2002), aborda sobre a equação do tempo, mostrando que a posição do Sol observada em poucos dias consecutivos é quase que imperceptível, porém ao fazermos observações ao longo de um ano têm-se a figura descrita na forma do analema. Neste sentido são discutidas as razões pelas quais o Sol segue um caminho relativo na esfera celeste, relacionando os efeitos independentes associados com a inclinação e a elipticidade da órbita da Terra.

Tendo em vista os comentários aqui expostos, fica evidente a importância do Ensino de Astronomia associada às várias áreas do conhecimento humano, bem

como, elencar os vários teóricos que abordam sobre a importância da experimentação na prática de ensino, tratando sobre elementos de Astronomia aplicados à prática de observações do Movimento Relativo do Sol, que servirão como ferramenta pedagógica para ações voltadas para a prática de ensino experimental nas escolas, com o intuito de introduzir nestas práticas, os conteúdos ensinados em disciplinas como, Física, Matemática, Geografia, História, Ciência, dentre outras e tendo como finalidade o robustecimento acadêmico dos estudantes.

## **CAPÍTULO III – OS FATORES HISTÓRICOS E O MOVIMENTO ANALÊMICO DO SOL**

Neste capítulo serão abordados alguns fatores históricos que são relevantes para o entendimento das várias formas como o homem percebe os fenômenos associados ao movimento do Sol e demais corpos celestes. Para isso, são destacados pensadores que contribuíram de maneira efetiva para que pudéssemos compreender os movimentos dos corpos celestes que nos cercam. No entanto, evidencia-se a necessidade de compreender as leis que regem estes movimentos, pois através delas entenderemos, por exemplo, qual tipo de órbita relativa que a Terra descreve em torno do Sol. Num segundo momento dar-se-á o estudo do movimento analêmico do Sol na esfera celeste, mostrando que os efeitos de excentricidade e elipticidade são responsáveis pela percepção da trajetória analêmica, que por sua vez permite equacionar o movimento relativo do Sol.

### **3.1 UMA HISTÓRIA DA ASTRONOMIA**

A civilização humana foi profundamente impactada pelos registros astronômicos feitos pelos povos antigos que demonstraram grande interesse pelo Universo.

Eles estudaram as estrelas, o movimento dos planetas, desenharam as constelações, criaram calendários, aprenderam sobre as estações do ano. Para estes povos, tudo fazia parte de um todo em que a Terra era o centro de todas as coisas (LOURÊNÇO, 2007, p. 68).

A história, com seus documentos antigos, mostra que os babilônios criaram o zodíaco, os egípcios alinhavam as suas pirâmides e templos com as estrelas do céu, os gregos estudavam as órbitas dos planetas e as constelações, enquanto os árabes enumeravam as estrelas e lhes davam nomes específicos.

A ideia de um Universo ter sido criado era aceita pela grande maioria dos pensadores antigos, com exceção de alguns filósofos gregos, por volta do quinto século antes de Cristo. A percepção do cosmos durante a Idade Média entrelaçou a ciência e a religião. Pouco avanço científico ocorreu dentro do continente europeu. A Igreja Católica Romana de forma imperativa difundia um modelo cósmico geocêntrico, sem dar margens a outras interpretações a respeito do Universo.

Por volta do ano 250 a.C., o matemático e astrônomo grego Aristarco de Samos propôs um modelo do Universo, tendo o Sol como o seu centro. Ele apresentou essa teoria, baseado em elementos geométricos que envolviam as distâncias e tamanhos do Sol e da Lua. Aristarco chegou à conclusão que, a Terra gira em torno do Sol e que as estrelas estariam fixas e muito distantes na esfera celeste. Certamente essa teoria não atraiu a atenção devida, pois confrontava o modelo geocêntrico de Aristóteles e que era aceita por quase todas as pessoas daquela época.

Passaram-se quase dois mil anos, até que o cônego Polonês Nicolaus Copérnico (1473-1543), descreveu um modelo heliocêntrico, que circulou anonimamente por volta de 1510. O seu trabalho intitulava *Commentariolus*, que mais tarde foi publicada após a sua morte, num livro com o título *De Revolutionibus Orbium Coelesti* e dedicada ao papa Paulo III. Copérnico confronta o pensamento aristotélico que defendia a Terra como centro do universo, refutando inclusive a investigação matemática da época que não estava de acordo com suas próprias investigações a respeito dos movimentos dos astros errantes conhecidos até então; Lua, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno.

Copérnico ao falar das investigações matemáticas e do pensamento filosófico tentando explicar a máquina do Mundo, diz:

Andando eu, pois, há muito tempo a meditar comigo nesta incerteza dos ensinamentos tradicionais das matemáticas acerca da dedução dos movimentos das esferas do Universo, começou a desgostar-me o facto de os filósofos não terem conhecimento firme de nenhuma explicação da máquina do Mundo que por nossa causa fora construída pelo mais qualificado e modelar artista de todos (COPÉRNICO, 1566, p. 8 *apud* BUCHMANN, 2018).

Ao se debruçar sobre os muitos livros de vários filósofos, Copérnico buscou com disposição ávida questionar muitas opiniões diferentes ao se referir ao movimento das esferas do mundo e ensinado por eles nas escolas da época. Para sua agradável surpresa encontrou os escritos de Nicetas que reconhecia o movimento da Terra. Assim, ele não perdeu mais tempo, começou a especular acerca da mobilidade da Terra, fazendo demonstrações mais seguras do que os dos filósofos acima citados, a respeito das revoluções das esferas celestes. Contudo ainda lhe faltava dados mais confiáveis no que diz respeito aos aspectos da observação astronômica.

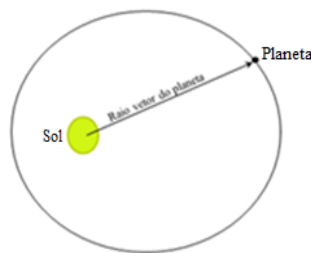


Sob o ponto de vista observacional, Tycho Brahe (1546-1601) contribuiu com importantes informações sobre o movimento do planeta Marte, dados estes que viriam a ser utilizados por Johannes Kepler (1571-1630) para desenvolver as suas três leis do movimento planetário, sendo as duas primeiras publicadas em 1609, num livro intitulado **A Nova Astronomia**, e a terceira, dez anos mais tarde, em 1619 no livro **A Harmonia dos Mundos**.

Afim de estudar o movimento relativo do Sol ao longo da esfera celeste, pelo qual é descrita a equação do tempo, faremos inicialmente o enunciado das Leis de Kepler do Movimento Planetário;

1ª Lei: Cada planeta revolve em torno do Sol em uma órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos da elipse. Conforme representado na Figura 3.1 a seguir, fora de escala.

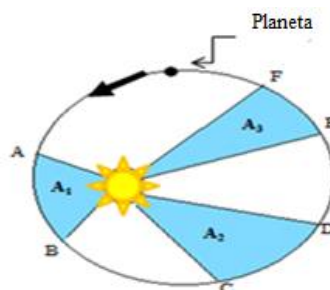
**Figura 3.1 – Órbita Elíptica**



Fonte: Yamamoto (2016). Adaptado pelo autor.

2ª Lei: A linha reta que une o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais. Segue a representação na Figura 3.2, fora de escala.

**Figura 3.2 – Lei das Áreas**



Fonte: Yamamoto (2016). Adaptado pelo autor.

3ª Lei: Os quadrados dos períodos orbitais dos planetas são proporcionais aos cubos dos semieixos maiores das órbitas, em suma;  $T^2 = kr^3$

A partir do entendimento das leis de Kepler pode-se estudar o Movimento Relativo do Sol, numa perspectiva da órbita elíptica da Terra, levando em consideração o efeito de excentricidade e elipticidade que diferencia, por exemplo, o movimento do Sol verdadeiro do movimento do Sol médio como pode explicar também, o Movimento Aparente do Sol na esfera celeste.

Para Karney (2005) o efeito de excentricidade é um desdobramento do funcionamento das leis de Johannes Kepler propostas em 1609. Em sua 1ª lei, ele afirma que os planetas se movem em torno do Sol que este, está em um dos focos da elipse; em sua segunda lei, propõe que uma linha une a Terra ao Sol, varrendo áreas iguais em tempos iguais. Para o autor, as leis de Kepler mostram que a Terra se move mais rapidamente quando se aproxima do Sol no periélio enquanto que no afélio o planeta se move de forma mais lento.

Dadas essas concepções a respeito das Leis de Kepler e o movimento planetário, passaremos a tratar sobre o Movimento Relativo do Sol na esfera celeste, bem como, sobre sua trajetória descrita e os instrumentos usados no passado para descrevê-lo.

### 3.2 O MOVIMENTO RELATIVO DO SOL NA ESFERA CELESTE E OS RELÓGIOS DE SOL

Segundo Karney (2005) nosso tempo civil é baseado no conceito de um Sol Médio, que por definição gira em uma taxa Uniforme ao redor do plano Equatorial. Os relógios de sol, no entanto, leem o Sol Real, que de fato parece girar a uma taxa não uniforme ao redor do plano eclíptico, que por sua vez apresenta uma obliquidade de  $23,5^\circ$  em relação ao plano equatorial. A diferença entre as taxas de rotação uniformes e não uniformes dá origem ao chamado efeito de excentricidade. O ângulo entre os planos eclíptico e equatorial dá origem ao chamado efeito de obliquidade.

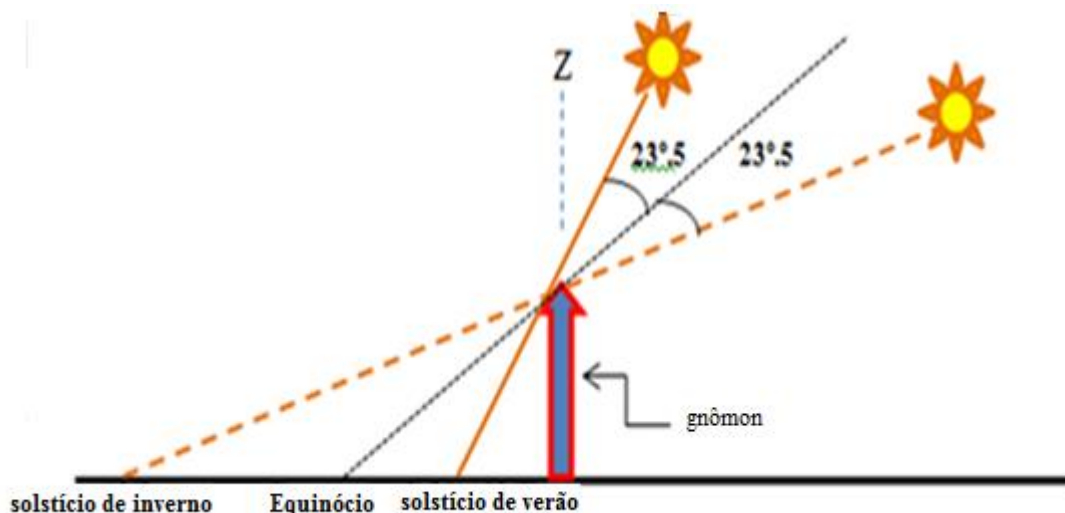
Tendo em vista o movimento de revolução da Terra em torno do Sol em uma órbita elíptica, considerando ainda que o seu eixo de rotação é inclinado em relação ao plano da sua órbita, um observador posicionado sobre a superfície do Planeta terá a impressão de que é o Sol que se movimenta ao longo da Esfera Celeste, deslocamento este que é denominado de Movimento Relativo do Sol.

Este Movimento Relativo do Sol pode ser percebido à medida que o astro descreve uma trajetória parabólica em relação ao horizonte, e sua luz projeta variações de sombras dos objetos ao longo do dia.

O movimento relativo do Sol foi por diversas vezes, e por diferentes civilizações, estudado utilizando um instrumento chamado de gnômon como marcador de tempo. O gnômon (do Grego, *gnomonikos*, “com capacidade de julgar”, de *gnomon*, “o que sabe, o que tem discernimento” de *gignoskein*, “conhecer, vir a saber”), nada mais é que uma vareta verticalmente fincada num solo plano e sob a luz do Sol. Este instrumento serviu para os povos antigos interpretar e precisar o movimento solar aparente, através do registro e comparação da variação da sombra ao longo do tempo medido em frações do dia ou de dias. O gnômon nos permite, também, determinar a direção Norte-Sul, simplesmente observando a direção da sombra ao meio-dia.

Ao mapear a sombra do gnômon ao longo do ano, verifica-se que a mesma é máxima no Solstício de Inverno, e mínima no Solstício de Verão. A bissetriz marca a posição da sombra nos equinócios conforme representado na Figura 3.3, fora de escala.

**Figura 3.3** – Representação de gnômon em comprimento e sombra projetada nos solstícios e equinócios



Fonte: Boczko (1984). Adaptado pelo autor.

Foi observando a variação do comprimento da sombra do gnômon ao longo do ano que os povos antigos definiram o tamanho do dia, do ano e das estações do

ano. Com o passar do tempo a utilização do gnômon se expandiu e foi incorporado aos relógios de Sol, os quais poderiam se apresentar em diversas configurações.

Existem muitos registros antigos sobre a utilização dos conhecidos relógios de Sol. Destaco o relato bíblico no II Livro dos Reis (datado pela cronologia bíblica em aproximadamente 700 a.C.), que descreve o relógio de Sol de Acáz, como instrumento de contagem do tempo, inclusive com relato de inclinação e declinação de ângulo, conforme citado neste relato bíblico do II Livro dos Reis:

Respondeu Isaías: Ser-te-á isto da parte do SENHOR como sinal de que ele cumprirá a palavra que disse: Adiantar-se-á a sombra dez graus ou os retrocederá? Então, disse Ezequias: É fácil que a sombra adiante dez graus; tal, porém, não aconteça; antes, retroceda dez graus. Então, o profeta Isaías clamou ao SENHOR; e fez retroceder dez graus a sombra lançada pelo sol declinante no relógio de Acáz (RYRIE, 2007, p. 383).

Trata-se de um modelo de relógio de Sol dos Egípcios confeccionado na forma de escadaria, construído pelo Rei Acáz, pai do Rei Ezequias, também chamado de escadaria de Acáz. Era um lance de escadas voltado para o oeste que sobe à Câmara Alta ou Quarto Superior do Palácio do Rei Ezequias. Deste modo, normalmente o Sol declinante faria com que a sombra se movesse para cima e para baixo dos degraus. Na antiguidade se usavam relógios de Sol de diversos tipos na Babilônia, Assíria, Egito e Roma. Acáz pode ter conseguido um da Assíria por sua relação com Tiglate – Pileser. Este relógio de Sol está representado na figura 3.4 fora de escala.






**Figura 3.4 – Relógio de Sol de Acáz**



Fonte: Navarro (2016). Adaptado pelo autor.

No sentido de apresentar outros modelos de relógios de Sol, passaremos a classificá-los conforme Quadro 3.1.

**Quadro 3.1 – Classificação dos Relógios de Sol**

Relógios de Sol	Descrição	Imagem
Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gnômon alinhado com o meridiano local;</li> <li>- ponto de origem das linhas de hora voltada para o Norte Verdadeiro, quando instalado no hemisfério sul;</li> <li>- Este relógio recebe a incidência direta do sol, durante todo período entre o nascer e o pôr do sol, durante o ano todo.</li> </ul>	 <p data-bbox="978 573 1417 607"><b>Figura 01:</b> Relógio de Sol Horizontal</p>
Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mostrador perpendicular ao plano horizontal;</li> <li>- face perpendicular à direção norte/sul;</li> <li>- os de face perpendicular à direção leste/oeste são universais,</li> <li>- Face voltada para o leste indicará apenas as horas da manhã e a voltada para oeste as da tarde.</li> </ul>	 <p data-bbox="978 864 1385 898"><b>Figura 02:</b> Relógio de Sol Vertical</p>
Equatorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo inclinado e pode ser instalado em qualquer lugar, desde que o ajuste do ângulo formado pelo plano do “mostrador” e o horizontal seja igual à colatitude do lugar (latitude – 90°);</li> <li>Características:</li> <li>- É Equatorial porque a superfície onde estão inscritas as linhas de hora fica num plano paralelo ao do equador.</li> </ul>	 <p data-bbox="978 1240 1417 1274"><b>Figura 03:</b> Relógio de Sol Equatorial</p>
Polar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projetado para ser assentado sobre superfícies inclinadas em ângulo igual ao da latitude do lugar e alinhado com o eixo leste/oeste;</li> <li>- as linhas de hora são paralelas entre si e simétricas em relação à linha do meio-dia;</li> <li>- o gnomon, paralelo ao eixo terrestre;</li> </ul>	 <p data-bbox="978 1561 1361 1594"><b>Figura 04:</b> Relógio de Sol Polar</p>
Analêmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O objeto cuja sombra é projetada para marcar a hora é vertical e as horas são marcadas por pontos sobre uma elipse.</li> <li>- O objeto precisa ser movido dependendo da época do ano de forma que a sombra intercepte na elipse no ponto correto, o objeto pode ser uma pessoa.</li> </ul>	 <p data-bbox="978 1863 1441 1919"><b>Figura 05:</b> Relógio de Sol analêmico em Saint-EtienneFrança.</p>

Fonte: Produzido pelo autor.

### 3.3 O MOVIMENTO DO SOL EM RELAÇÃO À TERRA

O movimento do Sol em relação à Terra é um resultado dos efeitos combinados de rotação e revolução da mesma ao redor do astro. O eixo de rotação da Terra é inclinado em aproximadamente 23,5 graus em relação ao plano da sua órbita em volta do Sol, e a sua revolução segue um caminho elíptico com excentricidade 0,0167. “A rotação inclinada do eixo e a excentricidade da Terra permitem variações no comprimento de onda da luz ao longo do dia entre o nascer e o pôr do Sol” (BULL, 2013, p. 73).

A trajetória relativa do Sol na esfera celeste ao longo de um ano é referida como analema. Este fenômeno pode ser visualizado e reproduzido a partir da Terra usando simplesmente um gnômon. As dificuldades para observação seriam apenas reservar um tempo diariamente para marcações das sombras projetadas pelo gnômon numa superfície plana e horizontal, além de contar com o céu “aberto”, sem nuvens, para registro das sombras que traçarão a trajetória do Sol ao longo do ano formando assim o analema. A Figura 3.5 fornece um desses registros fotográficos da sombra projetada pelo gnômon registrada às 9:50 da manhã.

**Figura 3.5** – Registro de sombra projetada por gnômon



Fonte: Acervo do autor.

A modelagem do analema requer a capacidade de determinar a posição do sol no céu quando dado um tempo, data e local. Representações gráficas do analema são importantes, pois não é um fenômeno que pode ser visto em um único momento (BULL, 2013, p. 73).

Uma dificuldade que pode surgir ao descrever com precisão o analema plotado em gráfico é induzir o espectador a pensar que o analema será sempre o

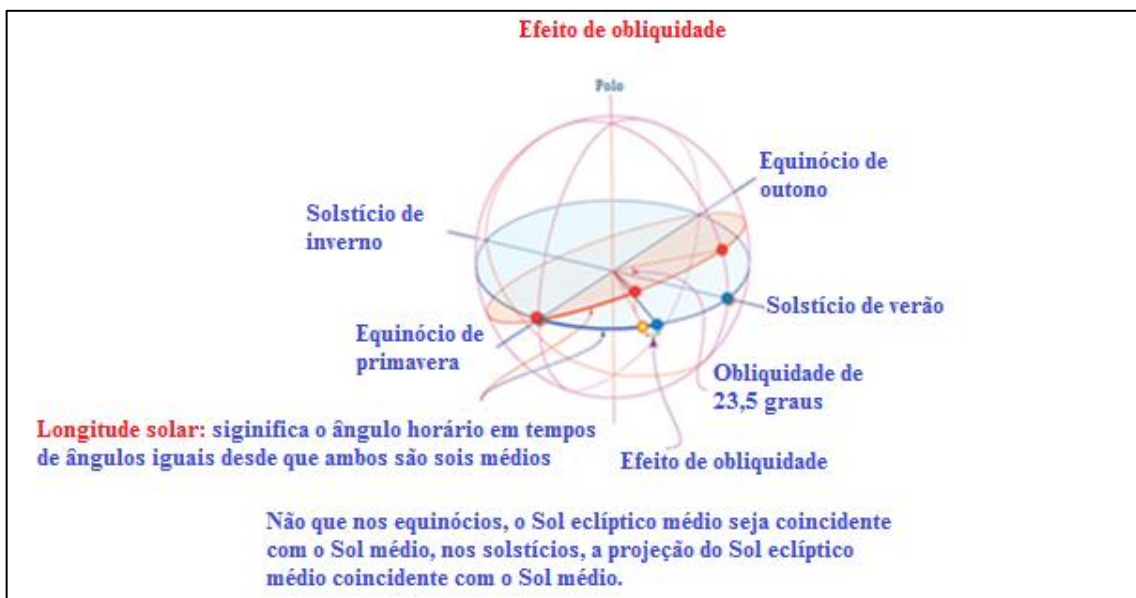
mesmo para qualquer observador em latitudes diferentes. “Correções no ponto de vista permitem a criação de modelos gráficos que se assemelham a fotografias reais do analema da Terra” (BULL, 2013, p. 73).

### 3.4 REPRESENTAÇÕES DA DECLINAÇÃO DO SOL

A declinação do sol é o ângulo que o mesmo faz com o plano do equador celeste. “Nos equinócios, a declinação do sol é de 0 grau e nos solstícios de verão e inverno os declínios máximos e mínimos são atingidos em 23,45 graus” (BULL, 2013, p. 74).

Para se perceber a declinação do Sol, compara-se a trajetória do mesmo sobre a eclíptica com a sua trajetória ao longo do equador celeste. “O sol médio refere-se a um Sol fictício que atravessa o equador celeste. Isto é equivalente ao movimento do Sol se a Terra não estivesse inclinada e se sua revolução ao redor do Sol fosse circular” (BULL, 2013, p. 74), enquanto que o Sol verdadeiro caminha sobre a eclíptica, inclinado em 23,5 graus para o equador celeste. A Figura 3.6 mostra o efeito de obliquidade.

**Figura 3.6 – Efeito de obliquidade**



Fonte: Karney (2005). Adaptado pelo autor.

Como vimos no início dessa seção, o movimento do Sol em relação à Terra é resultado dos efeitos combinados de rotação e revolução da mesma ao redor do

astro. Quanto a trajetória anual do Sol na esfera celeste, a mesma pode ser descrita através da sombra projetada por um gnômon, preservando sempre a posição de observação e a hora certa para demarcações dos pontos de sombra considerados. Na seção seguinte trataremos exatamente sobre o movimento analêmico do Sol na esfera celestial.

### 3.5 MOVIMENTO ANALÊMICO DO SOL NA ESFERA CELESTE

Historicamente, ao estudar o movimento analêmico do Sol numa perspectiva de sua trajetória relativa ao longo da esfera celeste, percebe-se um fato bastante interessante. É que essa trajetória mostrada pelo analema, ao longo do tempo se associou ao relógio de Sol sugerindo uma familiaridade entre o mostrador e a curva representada sobre uma superfície. Neste sentido, faz-se necessário olhar com mais cuidado a etimologia da palavra analema, pois o conceito desta está intimamente ligada à palavra lema (SAWYER, 1994). Em síntese, a palavra analema está para as construções gráficas, bem como, o lema está para as demonstrações geométricas. Para Calil (2008), uma abordagem histórica sobre o analema, permite estudar a construção e utilização dos tipos mais diversos de relógios solares utilizados pelo homem.

Neste sentido, o analema é uma descrição gráfica da sombra projetada por um gnômon sobre uma superfície em determinada hora do dia, através da qual é descrita a forma geométrica da trajetória relativa do Sol.

#### 3.5.1 Origem do Analema

Se a Terra girasse em torno de um eixo perpendicular ao plano da sua órbita e descrevesse sua revolução em torno do Sol numa órbita circular com velocidade constante, a posição aparente do Sol no firmamento seria sempre a mesma de cada dia. Dessa forma, a variação anual dessa posição seria meramente um ponto e não o analema que conhecemos. Assim, o analema resulta da combinação de dois efeitos dependentes, que são: o efeito de inclinação do eixo de rotação da Terra sobre o plano de sua órbita e o efeito de excentricidade da órbita do planeta descrita em forma de uma elipse com o Sol num dos focos.



O efeito de inclinação do eixo de rotação da Terra ao longo de sua órbita permite observar um movimento aparente do Sol em altura, dessa maneira, o analema descrito tem a forma de oito, com um eixo vertical de limite superior entre os dias 21 e 22 de junho, e limite inferior entre os dias 21 e 22 de dezembro.

Quanto ao efeito de excentricidade da órbita terrestre, devido a revolução elíptica em torno do Sol, a conservação do momento angular obriga o planeta aumentar sua velocidade quando este estiver próximo do astro no apside do periélio e o abrandamento desta velocidade quando estiver mais afastado, ou seja, no apside do afélio.

### 3.6 EQUAÇÃO DO TEMPO E O ANALEMA NO CÉU

A posição do Sol observada em poucos dias consecutivos é quase que imperceptível, porém ao fazermos observações ao longo de um ano têm-se a figura descrita na forma do analema. Para Yeow (2002), o movimento norte-sul do Sol é devido à mudança na declinação do mesmo. Enquanto que o movimento leste-oeste deve-se à equação do tempo.

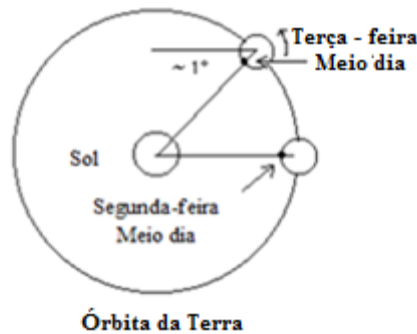
Como vimos, as razões pelas quais o Sol segue um caminho relativo na esfera celeste, deve-se aos efeitos independentes, porém que se somam para formar o analema. Desses efeitos têm-se a inclinação de  $23,5^\circ$  do eixo da Terra, bem como, a órbita elíptica da Terra em torno do Sol.

#### 3.6.1 Efeito da Órbita Elíptica

A Terra leva 23 horas e 56 minutos para fazer uma rotação completa em torno do seu próprio eixo. Este tempo corresponde a um dia sideral. Vamos supor que haja um Sol fictício se movimentando sobre a eclíptica ou ao longo do equador celeste, com uma velocidade constante e percorrendo uma trajetória circular de  $360^\circ$  por um período de um ano, com valor muito próximo de  $1^\circ$  por dia. Isso significa considerar que a Terra se move com velocidade constante em uma órbita circular em torno do Sol, a essas condições atribuímos o nome de Sol médio (YEOW, 2002). Entre dois cruzamentos meridianos consecutivos deste Sol médio, a Terra deve girar aproximadamente 361 graus, ou seja, uma rotação adicional de um dia. Nestas condições, a Terra deve compensar esta diferença em relação ao horário civil do

ponto de vista de um observador na Terra. Como são necessárias 24 horas para o Sol girar 361 graus, tem-se que a taxa de rotação da Terra é  $\frac{360}{(23 \times 60) + 56}$ , isso permite obter como resultado que o tempo entre dois cruzamentos meridianos consecutivos do Sol é de 24 horas (YEOW, 2002, p. 10). A Figura 3.7 ilustra essa condição.

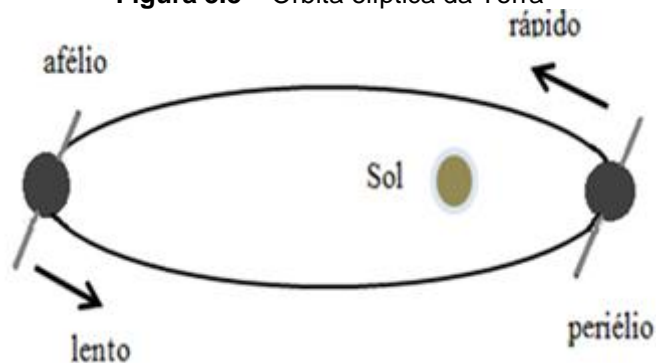
**Figura 3.7** – Duas passagens consecutivas meridianas consecutivas do Sol médio



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Considerando que a Terra não possui uma órbita circular, mas elíptica ao longo do ano, tem-se uma variação da velocidade do planeta no seu movimento de revolução. Ou seja, a Terra possui maior velocidade quando está mais próxima do Sol no mês de janeiro e menor velocidade quando mais distante do Sol no mês de julho. Isto implica que o Sol verdadeiro estará mais rápido que o Sol médio em janeiro e mais devagar que o Sol médio em julho. A figura 3.8 apresenta a condição de elipticidade, fora de escala.

**Figura 3.8** – Órbita elíptica da Terra

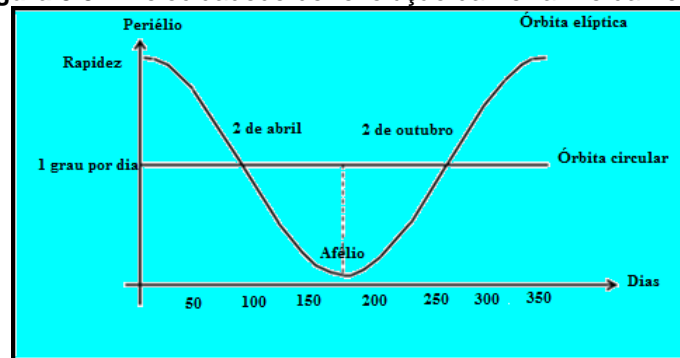


Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Agora, vamos supor que o eixo da Terra não esteja inclinado 23,5 graus. Isso implica em uma diferença de velocidade de revolução do planeta quando sua órbita é circular e quando é elíptica. A Figura 3.9 mostra essa diferença.

Denotaremos a Terra em órbita circular como *Terra A* e em órbita elíptica como *Terra B*.

**Figura 3.9** – Velocidade de revolução da Terra A e da Terra B



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Graficamente percebe-se que, enquanto a velocidade de revolução da *Terra A* é constante em aproximadamente 1 grau por dia, a velocidade de revolução da *Terra B* varia ao longo dos dias, de forma que sua maior rapidez se dá no periélio em 02 de janeiro e sua menor velocidade se dá no afélio no mês de julho. Deve-se observar ainda que as velocidades de revolução da *Terra A* e *Terra B* são iguais nos dias 02 de abril e 02 de Outubro. Contudo a *Terra B* possui maior velocidade entre os meses de janeiro e abril, e de outubro a janeiro, enquanto a *Terra A* possui maior velocidade entre os meses de abril a outubro.

Esse acontecimento orbital da Terra se dá ciclicamente em um período anual. A Figura 3.10 ilustra a diferença de posição da *Terra A* e da *Terra B* um dia após o periélio.

**Figura 3.10** – Efeito da órbita elíptica



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Considerando a posição inicial da *Terra A* e da *Terra B* a mesma em 02 de janeiro, portanto no periélio, pode-se observar que o Sol estará exatamente sob o zênite. Porém, após a rotação de um dia, portanto 24 horas depois, percebe-se um

giro horário de 361 graus, sobre o próprio eixo para ambas as Terras. Como existe uma diferença de velocidade de revolução, a *Terra A* girou 1 grau em torno do Sol, enquanto a *Terra B* girou mais de um grau (YEOW, 2002). O que se verifica é que, após 24 horas a *Terra B* está ligeiramente inclinada a leste. Passadas outras 24 horas, a *Terra B* continuará a se mover cada vez mais na direção leste. Essa discrepância entre o tempo real e tempo médio se acumulará, percebendo o Sol se movendo no céu cada vez mais para a direção leste. Isto ao se comparar a hora lida ao meio-dia no relógio, momento esse que o Sol deveria estar sobre o zênite.

Essa diferença de posição e tempo se acumulará em decorrência da maior velocidade da *Terra B* em comparação com a *Terra A* até aproximadamente, 02 de abril, quando se observa a velocidade de ambas iguais novamente. Naquele momento, a posição do Sol na esfera celeste terá seu deslocamento máximo a leste do zênite, e a diferença de tempo entre a posição do Sol naquele instante e onde ele deveria estar será de aproximadamente 8 minutos.

Entre 02 de abril e 03 de julho, a velocidade da *Terra B* será cada vez mais lenta, pois ela estará indo na direção do afélio e o Sol voltará para o oeste. Após atingir o ponto de mínimo da parábola conforme Figura 3.8 na página 30, a *Terra B* aumentará a velocidade depois do afélio, porém ainda será menor que a velocidade da *Terra A*, entre 03 de julho e 02 de outubro.

Considerando que as velocidades da *Terra A* e da *Terra B*, são as mesmas em 02 de outubro, tem-se que o Sol alcança seu afastamento máximo a oeste e após 02 de outubro, novamente a *Terra B* passa a se mover mais rápido que a *Terra A*, mostrando o Sol voltando para o leste até retornar a sua posição inicial em 02 de janeiro (YEOW, 2002, p. 12).

Como os movimentos dos planetas ao redor do Sol são controlados pela ação da força gravitacional que o astro exerce sobre eles e que ela é inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa. Isaac Newton percebeu que, quanto menor a distância entre o planeta e o Sol, maior será a força de atração entre ambos. A demonstração a seguir mostra essa relação de interdependência entre as grandezas físicas, força gravitacional e distância.

Para uma órbita circular, a 2ª lei de Newton mostra que o movimento é uniforme. A aceleração neste caso é centrípeta, e dada, para uma órbita circular de raio  $R$  e de velocidade angular  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , em que  $T$  é igual ao período:

$$a = -\omega^2 \cdot R \cdot \hat{r} \Rightarrow \mathbf{a} = -\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot R \cdot \hat{r} \quad (1)$$

Onde  $\hat{r}$  é o vetor unitário na direção radial. Se  $m$  é a massa do planeta, a força que atua sobre ele é dada pela 2ª lei de Newton.

Da 3ª lei de Kepler:

$$\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow F = -4\pi^2 m \frac{R}{T^2} \hat{r} \quad (2)$$

$$\frac{R^3}{T^2} = C = \text{constante} \quad (3)$$

Onde C tem o mesmo valor para todos os planetas. Logo, podemos reescrever a (2) como:

$$F = -4\pi^2 C \frac{m}{R^2} \hat{r} \quad (4)$$

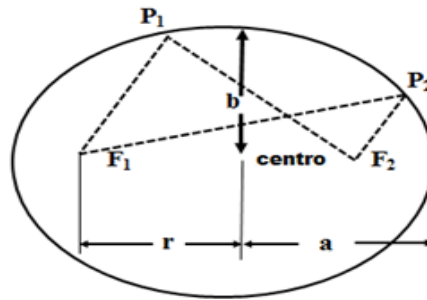
A lei dos períodos de Kepler leva à conclusão de que a força gravitacional varia inversamente com o quadrado da distância do planeta ao Sol, como Newton havia afirmado. A equação (4) mostra também que a força é proporcional à massa do planeta. Pela terceira lei de Newton, o planeta exerce uma força igual e contrária sobre o Sol, a qual deve também ser proporcional à massa M do Sol. Newton foi assim levado à expressão:

$$F = -G \frac{m \cdot M}{R^2} \hat{r}. \quad (5)$$

Onde G seria agora uma “constante universal” característica da força gravitacional (NUNSENZVEIG, 2013, p.197).

Como resultado da relação existente entre a força gravitacional e o inverso do quadrado da distância que separa o planeta ao Sol, a velocidade de revolução do planeta será maior quando este estiver mais próximo do Estrela e vice versa. Para calcular a posição do Sol para um determinado instante nestas condições de velocidade variável, é preciso conhecer a excentricidade e da órbita elíptica da Terra. Para tanto, apresentamos uma elipse, imaginando-a como círculo, ao fazermos  $F_1$  coincidente com  $F_2$ . A Figura 3.11 retrata esta condição da elipse.

**Figura 3.11** – Recursos de uma elipse



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

A excentricidade  $e$  da órbita de um planeta é medida pela medida da distância entre  $F_1$  e  $F_2$ , em que, para um círculo,  $e = 0$ . É verificado que para uma parte das órbitas planetárias a excentricidade é menor que 0,1, de maneira que os desvios de suas órbitas circulares são pequenos, a excentricidade, por exemplo, da órbita terrestre é de 0,0167. No sistema Terra-Sol,  $F_1$  é a posição do Sol,  $F_2$  é um ponto imaginário no espaço, enquanto a Terra segue o caminho da elipse. A distância  $a$  é o semi eixo principal, enquanto a distância  $b$  é o semieixo menor. Podemos calcular a excentricidade pela seguinte relação:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \frac{r}{a}$$

Suponhamos que queiramos encontrar a diferença angular entre um caminho circular da Terra e sua órbita elíptica. Para isso, precisamos encontrar o ângulo  $v$  que a Terra faz em relação ao o Sol após o periélio e compará-lo ao ângulo  $x$  que a Terra faria com o Sol se a órbita fosse circular. Se tomarmos a velocidade da Terra constante em uma órbita circular, o ângulo médio percorrido é  $24,365360 = 0,986^\circ$  por dia. Considerando a trajetória elíptica da Terra, seu ângulo com o Sol pode ser descrito pela seguinte relação:

$N$  = número de dias após o periélio;

$x = 0,986N$ ;

$e$  = excentricidade da órbita elíptica = 0,0167

$v = x + (360 / \pi) e \sin x = x + 1.915 \sin x$

$x - v$  = diferença angular entre a Terra em um caminho circular numa elipse.

Como a Terra leva 3,989 minutos para descrever um arco de circunferência de 1 grau em sua órbita, podemos converter a diferença angular em diferença de tempo multiplicando-a por um fator de 3,989. Assim, o cálculo da diferença horária para a posição do Sol em relação ao nosso relógio em 2 de abril, por exemplo, será:

$$N = 92$$

$$x = 0,986 \times 92 = 90,712^\circ$$

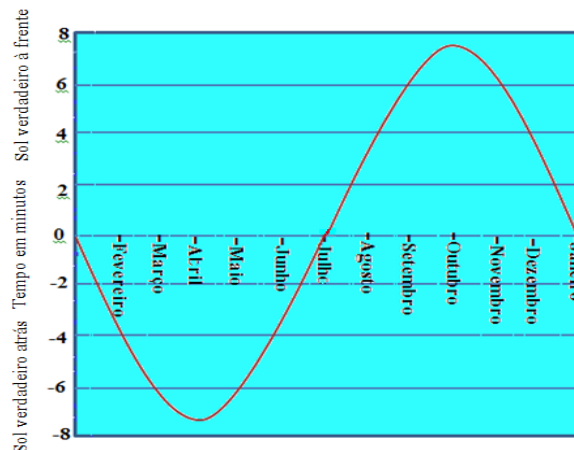
$$v = 90,712^\circ + 1,915 \sin 90,712^\circ \quad (90,712 + 1,915)^\circ \approx (90,712 + 1,915)^\circ$$

$$x - v = -1,915^\circ$$

$$\text{Equação de tempo} = -1,915^\circ \times 3,989 = -7,64 \text{ minutos}$$

Podemos interpretar o sinal negativo, na equação do tempo, como o atraso de 7,64 minutos da posição que deveria estar em conformidade com o relógio. Lembrando que 2 de abril é o dia em que o Sol está no deslocamento máximo para o leste, portanto, a magnitude máxima da equação do tempo, considerando apenas o componente da órbita elíptica, é de 7,64. Utilizando a relação acima, podemos obter uma curva senoidal. A Terra gira em torno do Sol mais rápido quando está no periélio, aproximadamente, em 2 de janeiro. Nesse dia, a taxa de deslocamento do Sol para o Oriente é a mais rápida. Assim, o gráfico é mais inclinado em 2 de janeiro, o que corresponde ao ponto de inflexão da curva. Da mesma forma, há um ponto de inflexão em 3 de julho que corresponde ao afélio. A curva senoidal, na verdade está representada na Figura 3.12.

**Figura 3.12** – Gráfico da equação do tempo para um ano – órbita elíptica



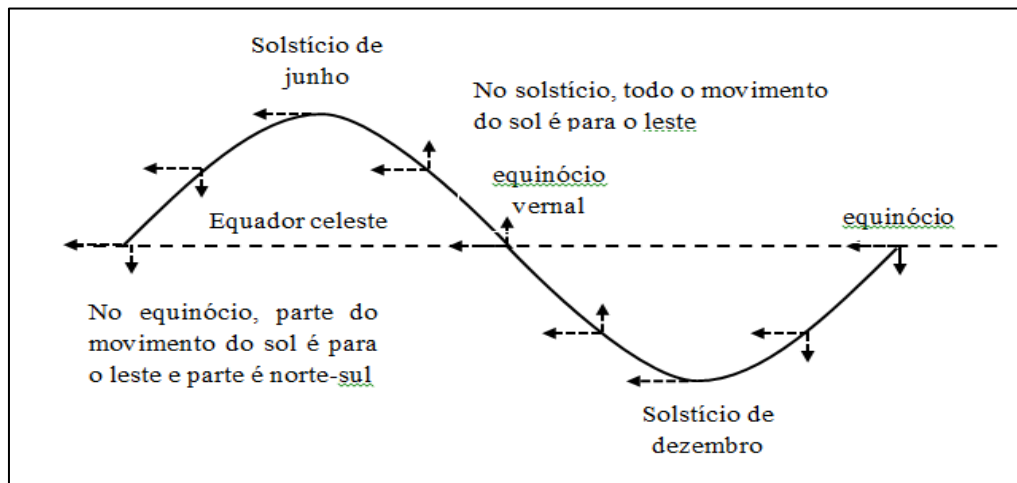
Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

### 3.6.2 Obliquidade da Eclíptica

A eclíptica é definida como a circunferência imaginária correspondente à trajetória relativa do Sol na esfera celeste. O eixo da eclíptica é uma reta perpendicular que passa pelo centro da Terra e possui uma obliquidade em relação ao Equador Celeste em  $23,5^\circ$ , bem como, apresenta uma defasagem secular de  $1^\circ$  com referencia ao prolongamento do eixo imaginário da Terra na esfera celeste.

Como resultado da inclinação da eclíptica, o deslocamento real do Sol contra as estrelas não é uniforme. A não-uniformidade se deve ao fato de que, além do deslocamento geral entre as estrelas para o leste, o Sol está se movendo ao longo da eclíptica para o norte ou para o sul, em relação ao equador celeste. A Figura 3.13 ilustra como o componente leste-oeste da velocidade do Sol varia conforme se move ao longo da eclíptica.

**Figura 3.13** – Resolução leste-norte e sul da velocidade do Sol ao longo da eclíptica



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

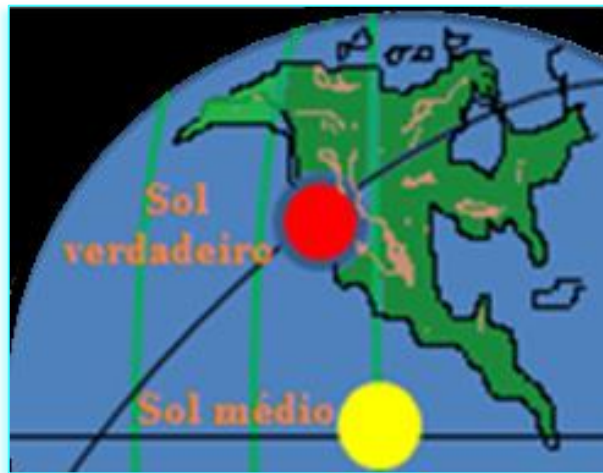
Devemos nos lembrar que estamos assumindo que a órbita da Terra ao redor do sol é circular. Portanto, a velocidade do Sol médio e do Sol verdadeiro são constantes, cada um levando um ano para fazer uma viagem completa ao redor da esfera celestial. Ainda que, o Sol verdadeiro se mova com uma velocidade constante sobre a eclíptica, contudo seu movimento para o leste será mais rápido em alguns períodos, em comparação com outros dados para um observador fixo na Terra. Por exemplo, seu movimento para o leste é maior quando está nos solstícios e menor quando está nos equinócios. O tempo solar aparente baseia-se no componente do



movimento do sol verdadeiro paralelo ao equador celeste. Este efeito por si só seria responsável por até 9 minutos de diferença entre o Sol verdadeiro e um sol médio fictício que se move uniformemente ao longo do equador celeste. Devemos considerar ainda que, apesar de não podermos ver o movimento contínuo do Sol sobre a eclíptica, podemos sentir o seu efeito, pois o seu movimento influencia diariamente o nascer e o por do Sol.

É importante considerar também que nos equinócios, o Sol verdadeiro e o Sol médio estão na mesma posição. Tomemos como exemplo, um observador fora da esfera celeste, num ponto paralelo ao equador um dia depois do equinócio de primavera, conforme representado na Figura 3.14.

**Figura 3.14** – Um dia depois do equinócio de primavera



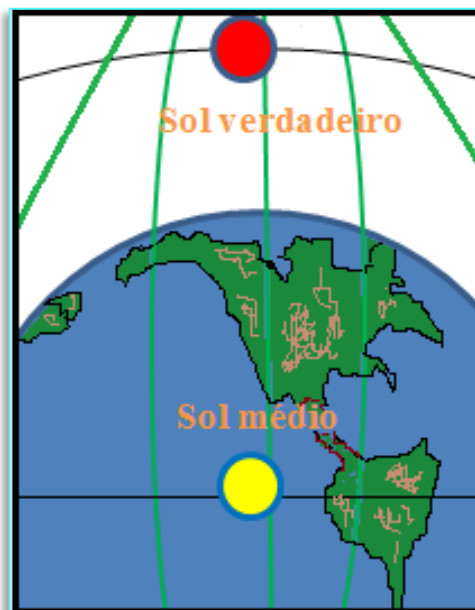
Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

O Sol verdadeiro e o Sol médio deverão percorrer um grau, tanto no equador celestial, quanto na eclíptica. Dessa forma a ascensão reta, denominada de RA, do Sol verdadeiro será menor que a do Sol médio. Isso implica que, um dia depois do equinócio de primavera, o Sol verdadeiro se elevará antes do Sol médio, cruzando assim o meridiano antes do meio-dia. Às 12 horas, o Sol verdadeiro estará à frente do relógio, que é medido em relação ao Sol médio. Assim, podemos concluir que sempre que o ascensão reta do Sol verdadeiro for menor que o do Sol médio, ele estará à frente do relógio e, conseqüentemente, a equação do tempo será positiva, um fato importante é que, a equação do tempo possui o mesmo valor da diferença da ascensão reta do Sol médio e do Sol verdadeiro.

Entre o equinócio de primavera e 4 de maio, que é meio caminho entre o equinócio de primavera e o solstício de verão, a taxa de aumento da ascensão reta

para o Sol médio será maior do que a do Sol verdadeiro. A diferença na ascensão reta entre o Sol médio e o Sol verdadeiro aumentará durante este período. Logo após 4 de maio, a taxa de aumento da ascensão reta será maior para o Sol verdadeiro. Isso se dá, porque à medida que o Sol verdadeiro se desloca em direção ao solstício de verão, o componente vetorial leste de seu movimento aumenta, conforme visto na Figura 3.13. Deve-se observar também que, enquanto o Sol verdadeiro se desloca para uma declinação maior em direção ao solstício de verão, as linhas da ascensão reta se aproximam. Portanto, após 4 de maio, a diferença de uma grau na eclíptica resultará em mais de um grau de separação na ascensão reta, o que leva a concluir que, após este período, a diferença de ascensão reta entre o Sol médio e o Sol verdadeiro diminuirá progressivamente, até que essa diferença seja igual a zero. Isso significa que a equação do tempo aumentará de zero no equinócio vernal, atingirá um valor máximo até o meio do solstício de verão e diminuirá para zero no solstício de verão. A Figura 3.15 representa graficamente esta condição.

**Figura 3.15 – Solstício de verão**

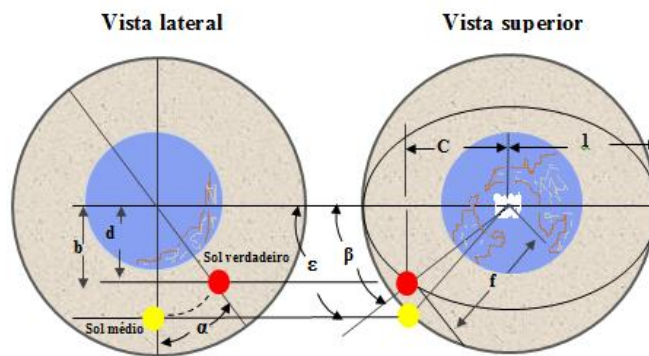


Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Quando o Sol verdadeiro se move em direção ao equinócio de outono, ocorre o inverso. Primeiramente, a ascensão reta do Sol verdadeiro será maior que a do Sol médio, dessa forma ele se levantará mais tarde que o Sol médio. Isso implica que a diferença entre a ascensão reta do Sol médio e o Sol verdadeiro será negativa, e dessa forma a equação do tempo será negativa. Contudo, em 5 de

agosto, que é meio caminho do equinócio de outono, a taxa de aumento da ascensão reta para o Sol médio será maior que a do Sol verdadeiro. Portanto, a diferença de RA terá seu valor máximo negativo alcançado em 5 de agosto. Daí em diante, a diferença da ascensão reta entre os sois médio e verdadeiro, será cada vez menor até alcançar zero no equinócio de outono. Quando o Sol verdadeiro se move do equinócio de outono para o solstício de inverno e de volta ao equinócio vernal, podemos aplicar a mesma teoria, e assim deduzir a equação de tempo para esse período. Pelo exposto, percebe-se que a equação do tempo terá como resultado zero, quatro vezes ao ano, nos equinócios e nos solstícios. A Figura 3.16 apresenta uma vista lateral e superior, representativa para ascensão reta do Sol médio e do Sol verdadeiro.

**Figura 3.16 – Posições do Sol médio e do Sol verdadeiro**



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Podemos derivar as fórmulas para o efeito da inclinação da Terra na equação do tempo, considerando ainda todos os ângulos expressos em radianos, da seguinte forma:

Olhando para a vista lateral:

$$\alpha = \text{inclinação do eixo da Terra} = 0,408983$$

$$d = b \cos \alpha$$

Olhando para o lado e vista de cima:

$$b = \text{sen } \epsilon$$

$$c = \cos \epsilon$$

$$d = (\text{sen } \epsilon) (\cos \alpha) = 0,9175 \text{sen } \epsilon$$

N = número de dias desde o equinócio vernal

$$\epsilon = \text{o ângulo da média do Sol após N dias} = \left( \frac{2\pi}{365,24} \right) N = 0,172 N$$

Nesta equação estamos interessados em encontrar o ângulo  $\beta$ . Este é o ângulo do Sol verdadeiro em N dias após o equinócio de primavera. A partir daí, podemos calcular facilmente a diferença de tempo entre o Sol verdadeiro e o Sol médio. Novamente da vista de cima, podemos ver:

$$\tan \beta = \frac{d}{c}$$

Para encontrar a equação do tempo em 4 de maio, portanto, 44 dias após o equinócio de primavera e a meio caminho do equinócio vernal ao solstício de verão, temos:

$$N = 44$$

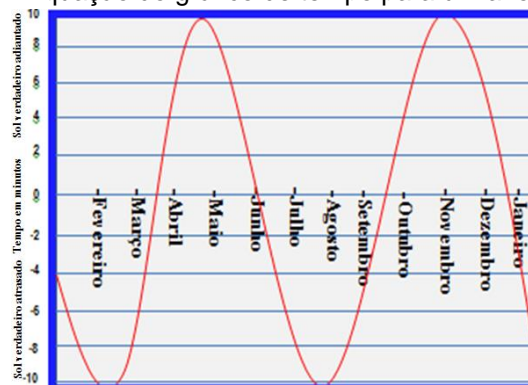
$$\varepsilon = 0,17203N = 0,756932$$

$$\beta = \arctan \left( 0,9175 \frac{\sin \varepsilon}{\cos \varepsilon} \right) = 0,714712$$

$$\varepsilon - \beta = 0,0422 = 2,419 \text{ graus} = 9,65 \text{ minutos}$$

Como a resposta é positiva, esse é o tempo que Sol verdadeiro estará à frente do Sol médio, isso significa que o Sol verdadeiro aparecerá a oeste da posição que deveria estar de acordo com o relógio. Entretanto, não se deve considerar o efeito da órbita elíptica da Terra ao redor do Sol. Deduzimos que a equação do tempo será zero nos equinócios e nos solstícios e possui magnitude máxima em 4 de maio. Das fórmulas acima podemos obter o gráfico representativo na Figura 3.17.

**Figura 3.17** – Equação do gráfico de tempo para um ano – inclinação 23,4 °



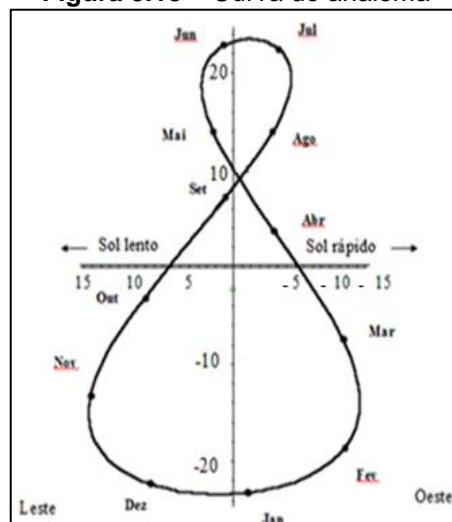
Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

### 3.6.3 O analema e a equação do tempo

Passamos ainda a discutir as interações analêmicas e a equação do tempo, apresentando inicialmente o conceito primitivo da palavra Analema, que tem origem no Latim, significando basicamente um relógio de Sol. A Figura 3.14 mostra a curva

do analema indicando as posições do Sol verdadeiro no céu. O eixo y representa graficamente a declinação do Sol no céu durante todo um ano, variando de  $-23,5^\circ$  no inverno para  $+23,5^\circ$  no verão. O eixo x representa a diferença de tempo entre a posição que o Sol deveria estar naquele instante e a posição real do Sol no céu. Em outras palavras, o eixo x representa a equação do tempo. Vale ressaltar que quando a equação do tempo é negativa, isso significa que o Sol está a leste de onde deveria estar de acordo com o relógio, isso significa, que o Sol verdadeiro está por trás do Sol médio. Quando a equação do tempo é positiva, o oposto se aplica, como na Figura 3.18.

**Figura 3.18** – Curva do analema



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

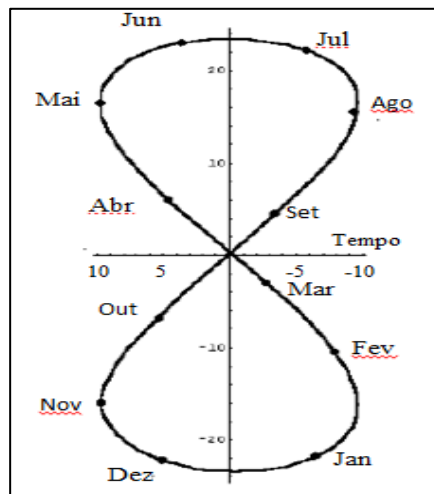
Só é possível a obtenção dessa curva, porque o caminho do Sol não está ao longo do equador celeste, nem seu movimento está a uma taxa uniforme. Caso isso fosse possível, obteríamos apenas um ponto na coordenada zero no gráfico do tempo de declinação. Se colocarmos uma haste fixada perpendicularmente ao chão, e marcarmos sempre na mesma hora e posição, a ponta da sombra horizontal projetada pela haste durante todo o ano, teremos ao final dos 12 meses uma figura padrão em forma de oito ligeiramente distorcido, chamada Analema.

Observe que o analema se cruza em um ponto. Este ponto de intersecção representa duas datas do ano. A declinação do Sol e a equação do tempo para um são iguais às do outro. Como este ponto não corresponde à equação do tempo zero, a cruz está localizada ligeiramente afastada do eixo vertical. Além disso, a equação

do tempo também não é zero nos solstícios ou equinócios. Como resultado, o analema é um pouco inclinado e não se alinha precisamente com o eixo vertical.

Se a órbita da Terra fosse circular e estivesse inclinada, conforme a Figura 3.19, o analema resultante apresentaria uma figura perfeita de um oito, com os pontos extremos representando os solstícios e os equinócios situados no eixo vertical.

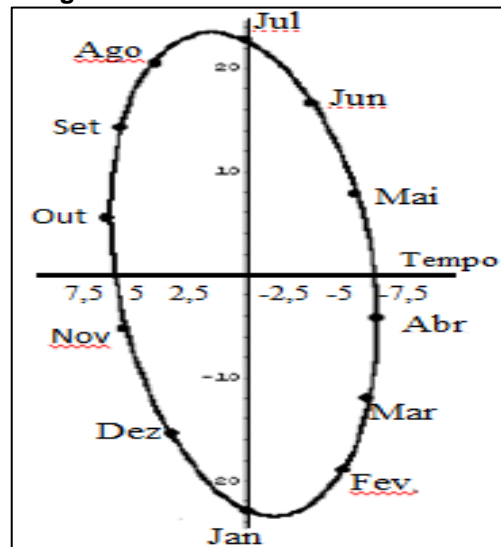
**Figura 3.19 – Efeito de inclinação**



Fonte: Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

A razão pela qual podemos obter essa figura perfeita de oito é porque quando a declinação do Sol muda de  $+ 23,5^\circ$  para  $-23,5^\circ$  do solstício de verão para o solstício de inverno, o gráfico de efeito de inclinação coincidentemente completa um ciclo; e quando a declinação do Sol muda de  $- 23,5^\circ$  para  $+ 23,5^\circ$  do solstício de inverno para o próximo solstício de verão, o gráfico de efeito de inclinação repete outro ciclo. Caso se a órbita da Terra fosse elíptica, mas inclinada, teria como resultado a descrição mostrada na Figura 3.20.

**Figura 3.20 – Efeito de excentricidade**



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Quando o efeito de inclinação e o efeito de excentricidade são somados, obtém-se a o analema resultante conforme descrito na seção 3.4.3 - Figura 3.18. Os pontos que representam os solstícios têm equação do tempo igual a zero se considerarmos apenas o efeito de inclinação. No entanto, para o efeito de excentricidade, o ponto que representa o solstício de verão tem aproximadamente - 1.4 minutos ou +1.4 minutos no solstício de inverno.

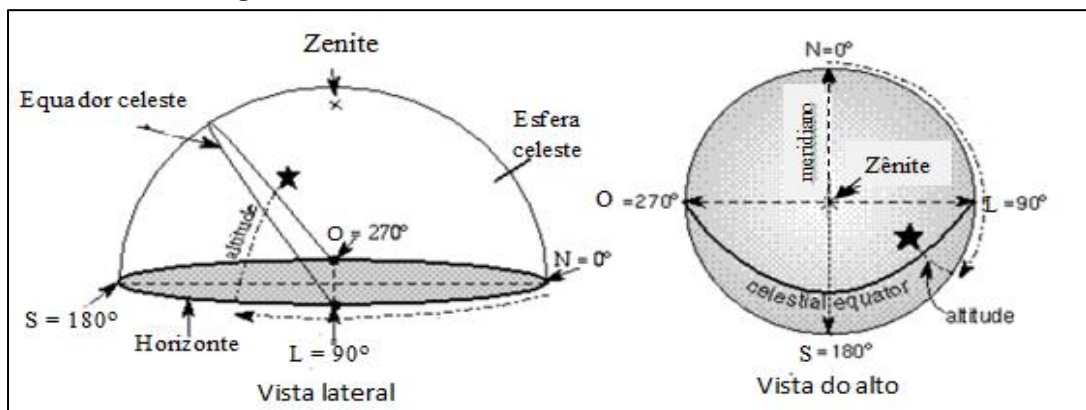
É necessário notar que, do equinócio de primavera ao equinócio de outono, os pontos que representam esse período apresentam sinais opostos. Por exemplo, o ponto que representa 1 de abril na figura 3.19 tem uma equação de tempo positiva; mas na Figura 3.20, tem equação negativa de tempo. Isso se deve ao efeito de inclinação após um gráfico em figura em forma de oito e as alterações, indicam a passagem dos equinócios e dos solstícios. No entanto, há uma pequena discrepância no comentário acima. Do solstício de verão a 3 de julho (afélio), os pontos que representam este período têm equação negativa de tempo tanto para a Figura 3.19 como para a Figura 3.20. Por outro lado, a maioria dos pontos representando o período do equinócio outonal ao equinócio de primavera tem o mesmo sinal em ambos os gráficos. Como resultado, do equinócio de primavera ao equinócio de outono, o efeito de inclinação e o efeito de excentricidade se contrapõem; do equinócio outonal ao equinócio primavera, o efeito de inclinação e o efeito de excentricidade reforçam-se mutuamente. Portanto, a curva de analema resultante na Fig 3.18 é uma figura de oito distorcida com um pequeno ápice e uma base maior.

É importante ressaltar que a curva do Analema na Figura 3.18 foi obtida usando o relógio de Sol no Hemisfério Sul, como resultado, por exemplo, o mês de fevereiro está localizado à direita do eixo y, que representa a declinação solar.

### 3.6.4 Azimute e altitude

Para conhecer a posição do analema no horizonte em horários diferentes, precisamos primeiro conhecer o sistema de coordenadas azimutal-altitudinal. A altitude de um corpo celeste representa o número em graus pelo qual o mesmo está acima do horizonte. Seus ângulos variam de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . Enquanto que a coordenada azimutal de um corpo celeste é o número em graus ao longo do horizonte e corresponde à direção da bússola. O azimute começa exatamente no norte em  $0^\circ$  azimute e aumenta no sentido horário: exatamente a leste em  $90^\circ$ , bem como, ao sul em  $180^\circ$  e a oeste em  $270^\circ$ . O acima é a definição convencional para o azimute. Quanto ao sistema de coordenadas de altitude azimutal, o mesmo depende da posição do horizonte do observador. Portanto, dois observadores em diferentes latitudes, olhando para a mesma estrela, terão diferentes coordenadas de altitude de azimute para a estrela. A Figura 3.21, mostra esses referenciais de coordenadas.

Figura 3.21 – Sistema de coordenadas Altitude-Azimute

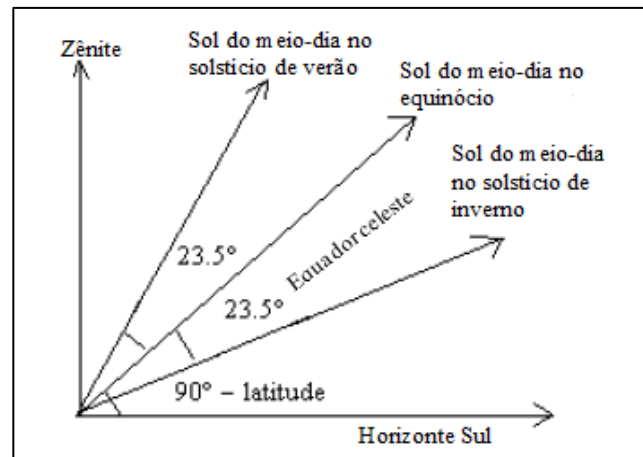


Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

A altitude do Sol depende de sua declinação. A figura 3.22 mostra como a altitude do sol ao meio-dia difere nos solstícios e equinócios. Ou seja, para um observador no hemisfério norte a declinação do Sol é  $x$  e a latitude do observador é  $L$ , assim a altitude do meio-dia neste hemisfério será  $90^\circ - L + x$ .



**Figura 3.22 – Altitude do Sol**



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Conhecendo a latitude do observador, a declinação  $\delta$  do Sol e seu ângulo horário  $H$ , poderemos calcular sua altitude e azimute. Para isso, podemos usar as seguintes relações matemáticas.

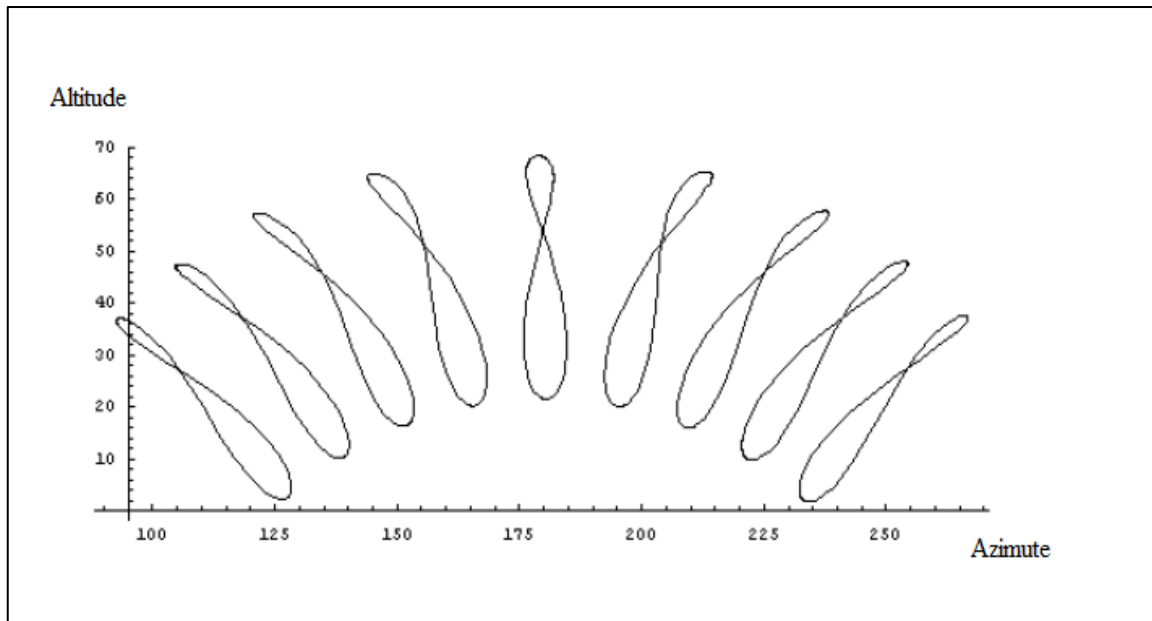
$$\tan A = \frac{\text{sen } H}{\cos H \text{sen } \Psi - \tan \delta \cos \Psi}$$

$$\text{sen } h = \text{sen } \Psi \text{sen } \delta + \cos \Psi \cos \delta \cos H$$

### 3.6.5 Analemismo em ascensão

A Figura 3.23 delinea a trajetória do Sol analemático através do céu, começando de leste a oeste para um observador no hemisfério norte. É possível notar que alguns analemas parecem com alteração na forma. Essas alterações resultam do hemisfério de altitude azimutal do observador para uma visão bidimensional. Como a altitude do Sol é máxima quando ele passa pelo Meridiano, tem-se que o Analema alcança a altura máxima ao meio dia.

**Figura 3.23 – Analema no céu**

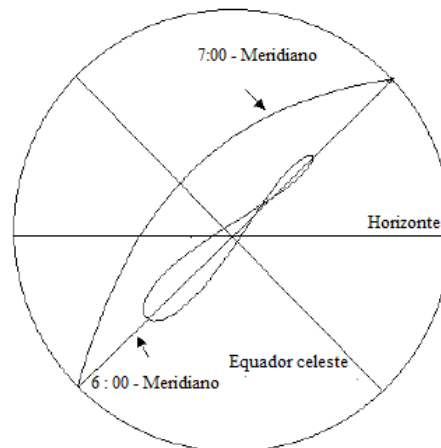


Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

É importante ressaltar que para um determinado observador, o eixo do analema deve estar sobre o meridiano local, por exemplo, se a observação for às 9:00 da manhã, o eixo do analema deve estar no meridiano das 9 horas, já que o meridiano das 9h representa a equação do tempo igual a zero naquele instante. Sabendo que os meridianos se encontram na superfície da esfera celeste, eles se curvam de tal maneira que é apenas paralelo ao eixo Norte-Sul da esfera celeste na metade do meridiano. Este é o ponto de interseção do equador celeste e do meridiano.

Quanto à inclinação do analema, a definirmos como sendo o ângulo entre o eixo do analema e o horizonte, a inclinação do analema às 6:00 ou 18:00 dá a latitude do observador. Porém, às 6 da manhã ou às 6 da tarde, parte do analema estaria escondida sob o horizonte, assim seria difícil localizar o eixo do analema. Como resultado, para aproximar a latitude do observador, usamos o primeiro analema completo que é visível acima do horizonte ou o último analema completo que é visível acima do horizonte como pode ser visto na figura 3.24.

**Figura 3.24** – Ponto de interseção do horizonte, equador celeste e meridiano



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

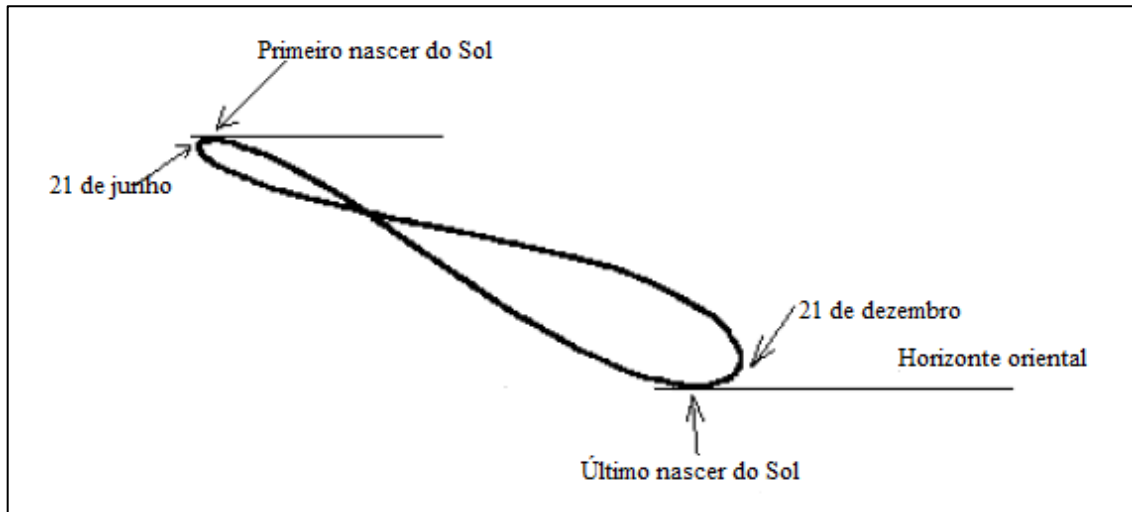
Para um observador em baixas latitudes, o analema crescente pode ser visto menos de uma hora depois das 6h da manhã, bem como, ele poderá ser visto menos de uma hora antes das 18h. Como resultado, o desvio é muito pequeno em baixas latitudes. No entanto, à medida que a latitude do observador aumenta, o desvio também aumenta, porém, esse desvio não é demais para ser notado.

Para um observador no Polo Norte, o analema sempre fica em linha reta para cima e para baixo, já que o “analema ascendente” será inclinado a 90 graus do horizonte. Contudo, para um observador no equador, o analema aumenta e se deita de lado. Em outras palavras, veremos uma elevação horizontal do analema.

### 3.6.6 Analema em ascensão reta

É possível usar o analema crescente para nos ajudar a deduzir as datas em que o primeiro e o último nascer do sol acontecem. Quando o Sol está na parte inferior do analema inclinado, tem-se o último nascer do Sol do ano no hemisfério norte. Igualmente, o primeiro nascer do sol ocorre quando o Sol atinge o ponto superior no analema que é o primeiro ponto a sair do horizonte todas as manhãs. Percebe-se que o primeiro nascer do sol ocorre antes do solstício de verão, aproximadamente no início de junho e o último nascer do sol ocorre após o solstício de inverno, isto é, na entrada do mês de janeiro. A Figura 3.25 mostra a elevação do analema no hemisfério norte.

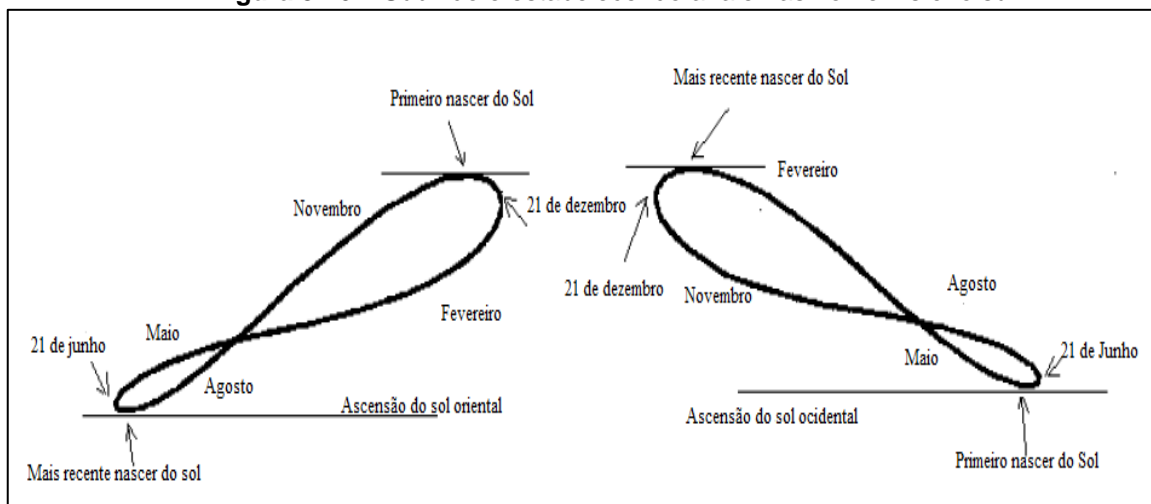
**Figura 3.25 – Subida do analema no hemisfério norte**



Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

Em se tratando do hemisfério sul o analema crescente é orientado de maneira diferente do analema no hemisfério norte. No hemisfério norte o analema tem sua base inclinada para baixo e o ápice para cima. Enquanto que no hemisfério sul o analema crescente tem sua base inclinada para cima e o ápice inclinado para baixo. As datas do solstício de verão e do solstício de inverno no hemisfério sul são invertidas daquelas do hemisfério norte. Desta maneira, esperamos que o primeiro nascer do sol e o último pôr do sol ocorram em dezembro e o mais recente nascer do sol e o primeiro pôr do sol a ocorrer em junho. A Figura 3.26 ilustra o caso do hemisfério sul.

**Figura 3.26 – Subindo e estabelecendo analemas no hemisfério sul**

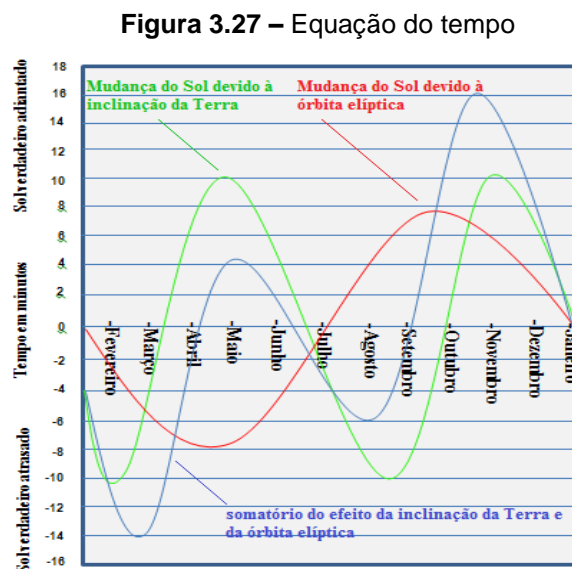


Fonte: Yeow (2002). Adaptado pelo autor.

### 3.6.7 A Equação do tempo

A Equação do tempo é a quantidade em tempo real que o Sol verdadeiro está adiantado em relação ao Sol médio, em minutos e segundos. É o resultado da soma da órbita elíptica da Terra em torno do Sol e da inclinação do eixo da Terra em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol. Percebe-se pela figura 3.27, que a equação do tempo corta quatro vezes o eixo representativo dos meses, isso implica que a equação é zero quatro vezes por ano e atinge um valor máximo local duas vezes no ano, bem como, atinge um valor mínimo local duas vezes no ano.

Ao observar a Figura 3.27, nota-se que a equação do tempo preserva a forma geral do gráfico correspondente à inclinação do eixo da Terra. Isso é esperado, pois a soma do gráfico de inclinação da Terra com o gráfico da órbita elíptica implica em o componente mais importante da equação do tempo que é caracterizado pelo gráfico resultante devido à obliquidade do eixo da Terra. Consequentemente, mesmo que a órbita da Terra fosse exatamente circular, a equação do tempo ainda existiria, ou seja, ainda haveria quatro zeros e quatro extremos locais em um ano.



Fonte: Yeow (2002, p. 20). Adaptado pelo autor.

Da Figura 3.27, podemos ver que tanto o gráfico do efeito de inclinação da Terra quanto o gráfico do efeito de órbita elíptica são, na verdade, curvas senoidais.

Seja  $N$  o número de dias após o periélio.

Permita que o gráfico do efeito de órbita elíptica seja aproximado por:

$$E_1 = -7,64 \operatorname{sen} \left( \frac{360N}{364,24} \right)$$

Essa aproximação é feita observando que:

1. O gráfico é uma curva senoidal refletida em torno do eixo x.
2. Sua magnitude máxima é de 7,64.
3. Inicia seu ciclo no periélio e completa um ciclo após cerca de 365 dias.

Deixe o gráfico do efeito de inclinação da Terra ser aproximado por:

$$E_2 = 9,65 \operatorname{sen} (92.180) 78 (-N)$$

Essa aproximação é feita observando que:

1. O gráfico é um gráfico senoidal.
2. Sua magnitude máxima é 9,65.
3. Começa seu ciclo no equinócio vernal (78 dias após o periélio) e completa um ciclo após cerca de 183 dias, no equinócio de outono. Do equinócio de outono até o próximo equinócio vernal, ele repete um ciclo.

Portanto, agora temos uma fórmula aproximada viável para encontrar a equação do tempo, usando o número de dias que passaram após o periélio:

$$E = E_1 + E_2 = -7,64 \operatorname{sen} \left( \frac{360N}{364,24} \right) + 9,65 \operatorname{sen} (92.180) 78 (-N)$$

Nos tempos antigos, quando os relógios ainda não tinham sido inventados, as pessoas dependiam do relógio de sol para leitura do tempo. Em outras palavras, o tempo empregado era a do Sol verdadeiro em determinada posição. Assim, para obter o tempo médio do Sol, eles precisavam adicionar  $E$ , conforme definido pela segunda equação, ao tempo verdadeiro do Sol. No entanto, após os relógios serem inventados, as pessoas dependem do tempo médio do Sol.

Para que eles obtenham o tempo verdadeiro do Sol a partir do tempo médio do Sol (tempo do relógio), eles precisam adicionar  $E$ , conforme definido pela

primeira equação, ao tempo médio do Sol. Para esta condição empregamos a equação, que é:  $E = T - M$

## **CAPÍTULO IV – METODOLOGIA**

A proposta deste trabalho visa oferecer aos professores e estudantes ferramentas educacionais voltadas para o Ensino de Astronomia, com o intuito de associar os conceitos físicos que estão presentes na vida escolar do educando, principalmente aqueles que são estudados em disciplinas como, Física, Matemática, Ciências, História e Geografia. Neste sentido, este capítulo se destina a apresentar procedimentos metodológicos para a construção e aplicação de experimentos voltados para observação do Movimento Relativo do Sol. É bem verdade que, muitos conteúdos ensinados nas disciplinas citadas, têm sua aplicação prática em vários fenômenos astronômicos observados e pesquisados, porém são pouco explorados como instrumentação experimental e que pode retratar muito bem fenômenos naturais observáveis. Vale ressaltar, que o educando pode introduzir os conceitos vistos em Física, por exemplo, ao delinear a trajetória pontual da sombra de um gnômon ao longo de uma superfície, sempre numa mesma posição e no mesmo horário, descrevendo ao final de um ano uma figura em forma de um oito assimétrico, chamado Analema. Em se tratando de Matemática, o estudante perceberá, por exemplo, que os elementos de Geometria, mais especificamente, as relações do triângulo retângulo são basilares para determinação de coordenadas das sombras projetadas pelo gnômon.

Quanto ao professor é sabido que as várias formas de abordar um determinado conteúdo terá muito melhor assimilação por parte do estudante, se houver práticas experimentais que respaldem o assunto trabalhado de forma teórica. Para Brasil (2004), deve-se motivar o educando a fazer, por exemplo, observações do céu, incentivando-o a reconhecer a natureza cíclica dos eventos de forma que este estudante possa identificar os vários corpos celestes, inclusive o Sol no seu movimento diário muito peculiar. Assim, percebe-se que ao desenvolver e construir ferramentas educacionais no ambiente escolar, o professor poderá ajudar o estudante a superar alguma defasagem de conhecimento acadêmico e incentivá-lo a crescer também como pesquisador.



#### 4.1 APRESENTAÇÃO DA ESCOLA

O Instituto Federal da Bahia (IFBA) em Vitória da Conquista, Figura 4.1, situado à Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150, Zabelê, foi inaugurado em 24 de novembro de 1994, como Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET). No ano seguinte iniciou suas atividades com o curso Pró-Técnico. Em 2008, por decreto presidencial deixou de ser CEFET e recebeu o nome de Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), *Campus* de Vitória da Conquista ampliando sua atuação, além de oferecer cursos Técnicos, o IFBA passou a oferecer cursos Superiores com a mesma qualidade já reconhecida em toda região Sudoeste. Hoje o IFBA de Vitória da Conquista conta com mais de 2000 alunos e 11 cursos entre técnicos e superiores.

**Figura 4.1** – Instituto Federal da Bahia – Campus Vitória da Conquista



Fonte: <http://portal.ifba.edu.br/conquista>.

O público estudantil é composto de educandos que ingressam por seleção no primeiro ano do Ensino Médio e pode dar continuidade aos seus estudos de Graduação através de processo seletivo. Muitos estudantes são recebidos da própria cidade e de várias outras pertencentes ao sudoeste da Bahia, que veem no Instituto Federal uma oportunidade de preparar-se não só para o vestibular, mas, sobretudo para formação técnica e profissional de qualidade.

O IFBA enquanto Instituição de Ensino incentiva a criatividade dos seus estudantes através da pesquisa, da extensão, das artes, da música, dos esportes, da robótica, entre outras, mas, sobretudo, uma educação pautada na autonomia e contribuição de toda comunidade acadêmica para uma educação de qualidade.

#### 4.2 APRESENTAÇÃO DO PÚBLICO ALVO DO PROJETO ANALEMA

O Público Alvo do Projeto Analema consta de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio Integrado que se dispuseram a observar o movimento relativo do Sol, através de duas técnicas observacionais, que são: observação da sombra projetada horizontalmente por um gnômon e observação da sombra projetada verticalmente por um cetno, de forma que ao final de um ano têm-se a descrição gráfica do Analema. Para isso, foram convidadas as turmas dos primeiros anos dos cursos integrados para participarem do Projeto, como segue na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1 – Turmas alcançadas pelo Projeto Analema**

TURMA DE ELETROMECAÂNICA		TURMA DE INFORMÁTICA		TURMA DE MEIO AMBIENTE	
Ano	Série	Ano	Série	Ano	Série
2017	1º ano	2017	1º ano	2017	1º ano
I e II Semestres	2º ano	I e II Semestres	2º ano	I e II Semestre	2º ano

Fonte: Produzido pelo Autor.

#### 4.3 APRESENTAÇÃO DO PROJETO ANALEMA

A proposta deste trabalho está legitimada pelas fases determinantes para o desenvolvimento do Projeto Analema, em que a pesquisa investigatória e exploratória esteve em todo tempo presentes. Ao se intensificar as atividades de elaboração, construção e aplicação das atividades experimentais, por exemplo, a construção de plataformas para observação da trajetória da sombra projetada pelo gnômon.

Inicialmente foi feito o convite aos estudantes para comparecerem ao auditório do IFBA-VC no dia 02 de fevereiro de 2017, a fim de conhecerem o Projeto

Analema. Como professor de Física e estudante do Mestrado Profissional para o Ensino de Astronomia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), apresentei o Projeto Analema aos estudantes dos 1º anos Integrados de Informática, Meio Ambiente e Eletromecânica do Ensino Básico do IFBA. Primeiramente foi abordada a proposta de trabalho, na qual foram expostos os objetivos do projeto de observação da trajetória aparente do Sol, em seguida foram listados 16 estudantes que gostariam de compor o grupo de estudos e que compareceram neste mesmo número para desenvolver as atividades de observação do fenômeno astronômico proposto. Ao longo dos dias, percebeu-se um envolvimento mais constante dos estudantes na demarcação dos pontos coordenados sobre a plataforma de marcações, que descreveriam a trajetória para formação do Analema, inclusive com a presença de voluntários e curiosos.

Os objetivos do Projeto elencavam as fases de construção de um analema solar que tratava do registro das sombras demarcadas a partir de um gnômon, em uma superfície plana, mostrando aos estudantes que os povos antigos, apesar de não possuírem os recursos tecnológicos disponíveis dos dias atuais, podiam muito bem demarcar o tempo, e prevê, por exemplo, períodos apropriados para o plantio. Em seguida os dados eram tabulados e discutidos em forma de aplicações dos conteúdos de Física, Matemática, Geografia e História, presentes nas observações astronômicas para a formação do Analema.

Em um segundo momento, as ações de oficinas foram gradativamente sendo implementadas em Escolas da Rede Pública Estadual, ou em eventos de Ciências, como o da I Jornada de Astronomia de Jequié – 2018 – JASTRO/IFBA; da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia – 2018 – SNCT/IFBA/Campus: Vitória da Conquista; IV Feira de Ciências – 2018 – no Colégio Estadual Boanovense, Bahia, ou ainda, na Escola Estadual Padre Palmeira, Bahia, sobre a supervisão do Professor Salomão, de Física da referida escola. Nestes espaços, foram realizadas oficinas de construção de plataformas para demarcação das sombras projetadas pelo gnômon ao longo dos dias, relógios de Sol, bem como, construção de câmaras escuras com ajuste de foco, com finalidade de mapear a trajetória do Sol no céu.

Os objetivos do Projeto elencam as fases de construção de um analema solar que trata do registro das sombras demarcadas a partir de um gnômon, em uma superfície plana. A Tabela 4.2 mostra uma síntese referente ao público alvo, bem

como, apresentam as ações correlatas e previstas, na direção dos objetivos propostos no Projeto Analema.

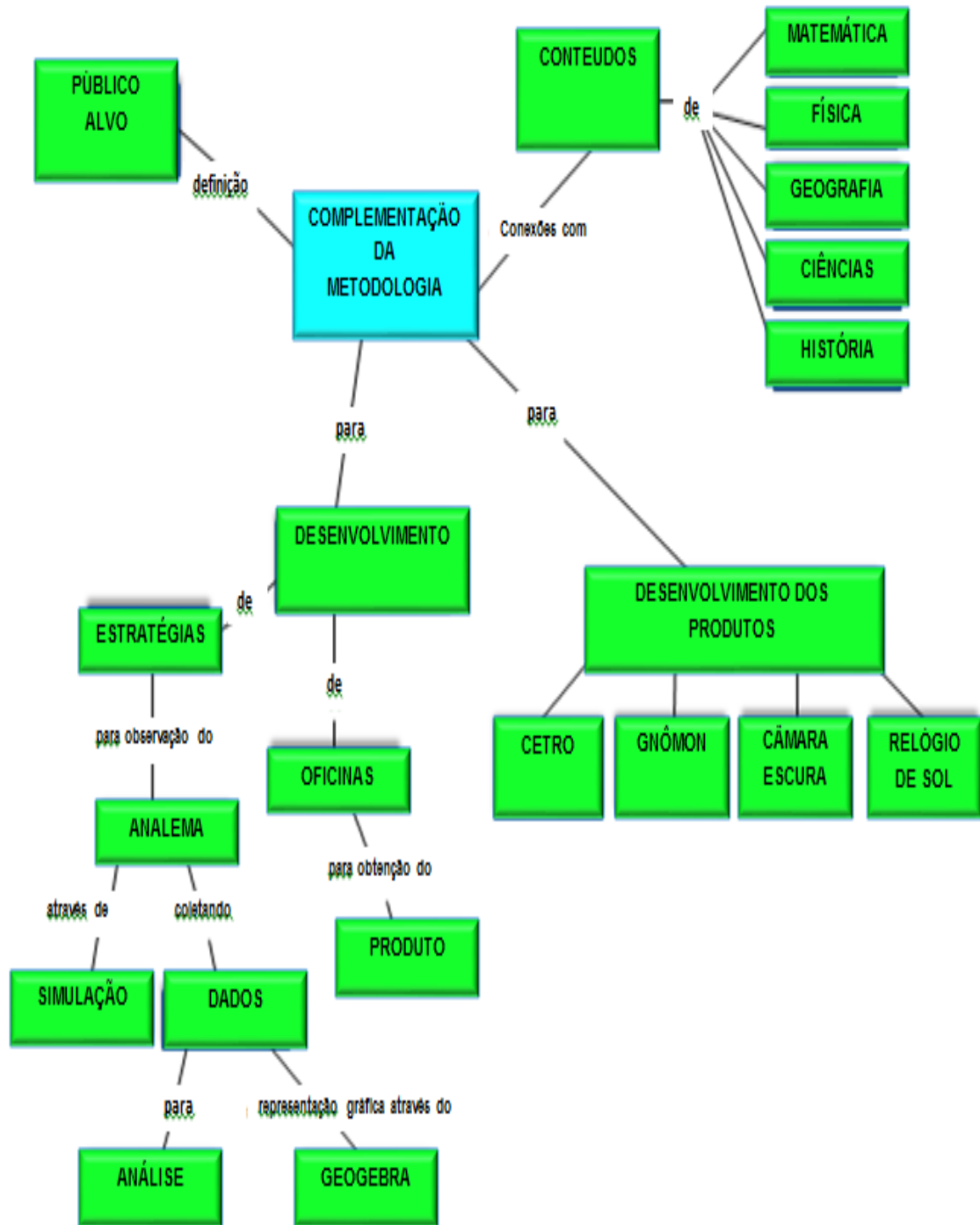
**Tabela 4.2** – Etapas para o desenvolvimento do Projeto Analema

ETAPAS	APLICAÇÃO
1 <sup>a</sup>	Apresentação do Projeto Analema aos estudantes dos 1 <sup>o</sup> anos Integrados de Informática, Meio Ambiente e Eletromecânica do Ensino Básico do IFBA e exposição dos objetivos do projeto de observação da trajetória aparente do Sol
2 <sup>a</sup>	Escolha de integrantes para o Projeto Analema mediante entrevista com 16 selecionados que gostariam de compor o grupo de estudos sobre o Movimento Aparente do Sol (M.A.S)
3 <sup>a</sup>	Observação e marcação das sombras projetadas pelo gnômon no pátio da escola às 10:30, uma vez por semana
4 <sup>a</sup>	Ministração de Oficinas para construção de instrumentos para observação do M.A.S.
5 <sup>a</sup>	Reconhecimentos de conteúdos trabalhados em outras disciplinas que integram as atividades do M.A.S.
6 <sup>a</sup>	Tratamento das informações de coordenadas x e y contidas na plataforma de observações das sombras projetadas.
7 <sup>a</sup>	Conclusão de atividades de observação do M.A.S.

Fonte: Produzido pelo autor.

Este projeto tem intenção de aprofundar os conceitos estudados pelos educandos nas disciplinas de Física, Matemática, Ciências, História e Geografia, através da aplicação de práticas experimentais de Astronomia voltados para observação do Movimento Relativo do Sol. Para Lattari e Trevisan (2005) somente a teoria não é o suficiente, é necessário fornecer ao estudante elementos educacionais que permitam a ele, construir artefatos ou experimentos que o enriqueçam em sua capacidade de compreensão de fenômenos físicos observados. Dessa maneira, procuramos fazer um levantamento de ações importantes neste processo de assimilação de conhecimentos, que serão apresentados no esquema ilustrado na Figura 4.2, especificando as etapas de aplicação do projeto Analema.

Figura 4.2 – Esquemática da aplicabilidade do Projeto Analema



Fonte: Produzida pelo autor.

#### 4.4 DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES

Como o Projeto Analema foi pensado numa perspectiva do envolvimento dos estudantes, que voluntariamente se apresentaram para as marcações dos pontos coordenados visando à obtenção do Movimento Relativo do Sol, as etapas do

projeto estão distribuídas em conformidade com a Tabela 4.3, onde o detalhamento das atividades foi apresentado.

**Tabela 4.3** – Detalhamentos de atividades de Oficina e apresentações de trabalho

Atividades	Data	Série/turno	Número de Estudantes	Objetivo	Recursos
Apresentação do Projeto Analema	02-02-17	1º ano de Informática e 1º de Eletromecânica	45	Definir o público alvo e apresentar o Movimento Relativo do Sol, como meio para disseminar a cultura do estudo experimental	Áudio visuais; Datashow; Livro didático; Sites de astronomia; Resolução de Exercício
Introdução aos conceitos de Astronomia;	03-02-17	1º ano de Informática	30	Motivar os estudantes para a prática do estudo de Física, Matemática, Ciências, Geografia e História, através dos conceitos de Astronomia aplicados experimentalmente.	Discussão em grupo sobre filme Apolo 13; Atividade relacionada a Força gravitacional; Quadro; Marcador;
	06-02-17	1º de Eletromecânica	30		
	08-02-17	1º de Meio Ambiente	35		
Exibição do filme "Apolo 13";	14-02-17	1º ano de Informática e 1º de Meio Ambiente	65	Introduzir os conceitos Rotação e Revolução e Força Gravitacional	Filme; Força Gravitacional–exercícios
Oficina 01 - Construção de Plataforma para gnômon e bastão do gnômon	14-02-17	1º ano de Informática e 1º de Meio Ambiente	16	Aplicar os conceitos de geometria para obtenção da plataforma; Desenvolver estratégias para obtenção do Analema	Madeirite; Cola branca; Serra; Pregos; Cano PVC; Tapa de cano; Papel mm
Oficina 02 – Início das marcações	14-02-17	1º ano de Informática e 1º Meio Ambiente	16	Determinar coordenada projetada/ Gnômon	Marcador; Tabela.
Oficina 03 – Determinação dos pontos cardeais	17-02-17	1º ano de Informática e 1º Meio Ambiente	12	Relacionar coordenadas geográficas com a posição de observação do Movimento Relativo do Sol	Bússola; Bastão 40 cm; Barbante; Marcador; Régua; Câmera fotográfica
Oficina 04 – Graduação de Painel para determinação do Analema Vertical	09-03-17	1º ano de Informática e 1º Meio Ambiente	12	Graduar painel vertical, usando elementos de coordenadas cartesianas estudadas em Matemática.  Relacionar as marcações de sombra projetada pelo cetro com os eixos coordenados;  Mostrar o "caminho" do Sol no céu, relacionando com os conceitos de trajetória estudados na Física	Cetro de Madeira 1,20 m; Pincel; Tinta; Câmera do celular Tabela
Oficina 05 – Construção de Câmara escura	15,16 e 20-03-17	1º ano de Informática e 1º Meio Ambiente	12	Relacionar a formação de imagem com o estudo da Óptica	Caixa de papelão; Fita adesiva; Papel vegetal;

Atividades	Data	Série/turno	Número de Estudantes	Objetivo	Recursos
com regulagem de foco				Geométrica	Cola.
VII Jastro – 2017	17 a 19-05-17	1º ano de Informática e 1º Meio Ambiente	07	Apresentar à comunidade acadêmica o que é o Movimento Relativo do Sol	Baner
Seleção de Monitoria para Projeto Analerma	06-09-17	1º ano de Informática	04	Apoiar os trabalhos de extensão em Astronomia nas escolas da rede estadual	Entrevista com dissertação sobre conhecimentos de Astronomia
XX Semana de Física – UEFS	06-10-17	1º ano de Informática e 1º Meio Ambiente	12	Apresentar as oficinas de Astronomia feitas no Campus Vitória da Conquista – IFBA	Baner

Fonte: Produzida pelo autor.

#### 4.5 AVALIAÇÃO

A avaliação dar-se-á no processo, levando em consideração a participação e contribuição do educando nas atividades propostas nas oficinas de Astronomia. Para tanto, a experimentação deve contextualizar os conhecimentos adquiridos em sala de aula, através das disciplinas de Física, Matemática, Ciências, História Geografia, fomentando assim o interesse de aprendizagem por parte do estudante. Dessa forma, toda e qualquer atividade desenvolvida deve gerar uma ação, reflexão e ação, para que os objetivos nas oficinas sejam alcançados e processualmente se verifique uma aprendizagem significativa por parte do estudante.

A avaliação dentro do contexto da voluntariedade dos estudantes apresenta principalmente aspectos qualitativos, pois através da dialogia, o professor fará questionamentos ao educando sobre as atividades experimentais e sempre que possível, discutirá a aplicação dos conteúdos de outras disciplinas nas práticas de observação do fenômeno astronômico.

Finalmente, considerando que no processo da aprendizagem a ação-reflexão-ação devem ser constantemente retomadas, os conhecimentos adquiridos nas oficinas de Astronomia sobre o Movimento Relativo do Sol serão sempre rediscutidos com uma nova abordagem, buscando apresentar novos conceitos de forma diagnóstica e formativa ao educando e que estão representados na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4** – Representação do processo avaliativo do Projeto Analema

Modalidades	Função	Propósito	Aplicação
Diagnóstica	Diagnosticar os conhecimentos	Verificar os conhecimentos prévios para aprendizagem.	Na apresentação do Projeto, através das discussões pré-estabelecidas.
Formativa	Contextualizar	Constatar se os objetivos estabelecidos estão sendo alcançados pelos alunos.	Durante todo o ano letivo, em todas as séries trabalhadas.

Fonte: Produzida pelo autor.

#### 4.6 O PROJETO ANALEMA E O DETALHAMENTO DOS CONTEÚDOS

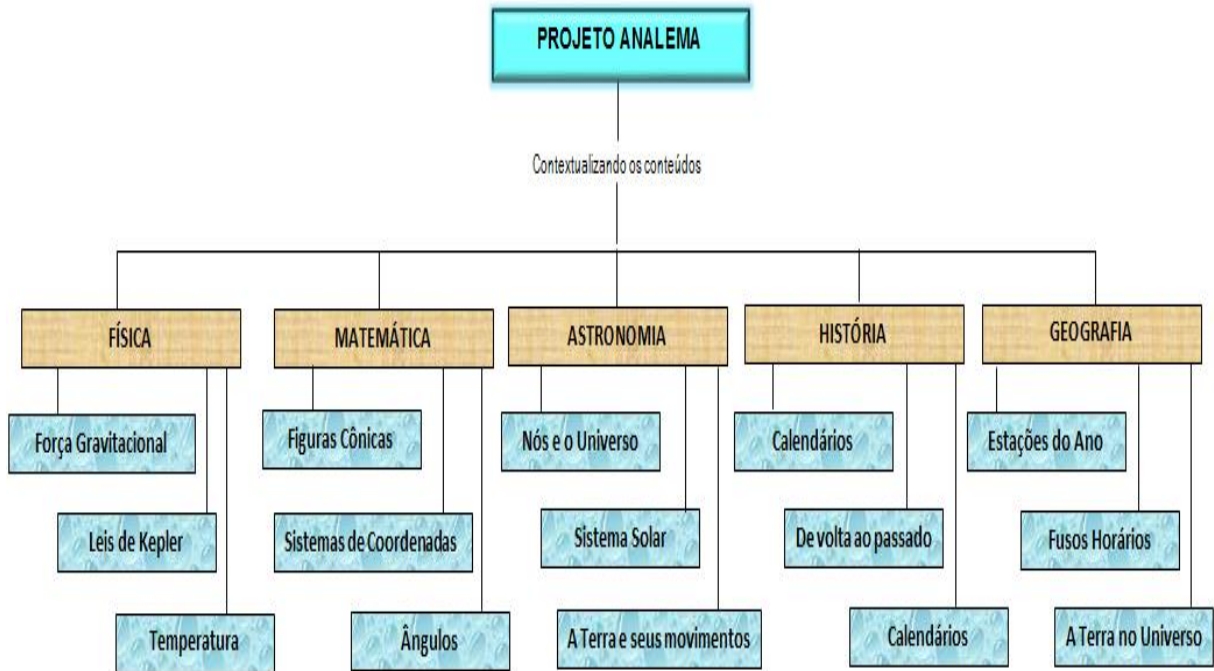
Uma das principais metas do Projeto Analema é contribuir significativamente para que os educandos possam interagir com os conteúdos estudados na sala de aula e aplicar estes novos conhecimentos adquiridos dentro do Projeto para resolver situações-problemas, bem como desenvolver uma criticidade a respeito dos fenômenos físicos observados e interpretá-los de forma correta.

Neste sentido, podemos considerar os vários conteúdos, das disciplinas de Matemática, Física, Ciências, Geografia e História, que podem ser abordados na aplicação direta de Observação do Movimento Relativo do Sol, em que se observa a formação do Analema após um ano de marcações das sombras projetadas pelo gnômon num anteparo perpendicular ou superficial.

No esquema da Figura 4.3 estão representadas as disciplinas e os conteúdos que tem uma relação direta com o Projeto Analema, pois as mesmas inserem assuntos que estarão sendo abordados em algum momento, no estudo do Movimento Relativo do Sol. Destacaremos as disciplinas e os conteúdos que poderão fazer parte das observações astronômicas propostas dentro do projeto.



**Figura 4.3** – Disciplinas e conteúdos trabalhados dentro do Projeto Analema



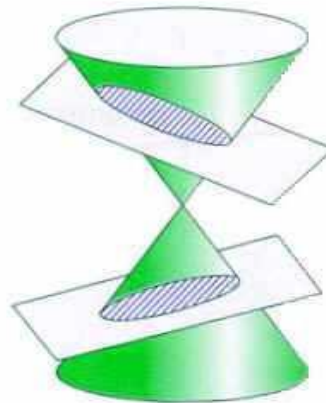
Fonte: Produzida pelo autor.

Na disciplina de Física, por exemplo, os modelos, geocêntrico e heliocêntrico, serão abordados de forma introdutória na apresentação do Projeto Analema, a seguir será dada ênfase à terceira Lei de Kepler que descreve a constância entre o período e o raio da Terra dentro da órbita elíptica de baixa excentricidade, bem como, a força gravitacional que une o planeta Terra ao Sol, dentro do Sistema Solar.

Ao fazer a relação entre a terceira Lei de Kepler e a força gravitacional de Newton dentro do Projeto Analema, buscamos mostrar ao estudante a interdependência gravitacional existente dentro do Sistema Solar, e que, por exemplo, a órbita elíptica da Terra em torno do Sol é um dos fatores responsáveis pela observação do movimento relativo do astro, no céu.

Ao observar a curva característica do Analema, pode-se, por exemplo, mostrar ao educando, que o conceito físico de trajetória corresponde ao espaço percorrido por um ente físico ao longo do tempo. Em Matemática, podemos inferir o conceito de elipse como a curva plana fechada que se obtém quando um plano intercepta um cone reto de maneira inclinada em relação à sua base, sendo que essa inclinação deve ser menor do que a inclinação da geratriz do cone. A Figura 4.4 mostra a obtenção de uma elipse a partir do corte de um cone por um plano não paralelo à base.

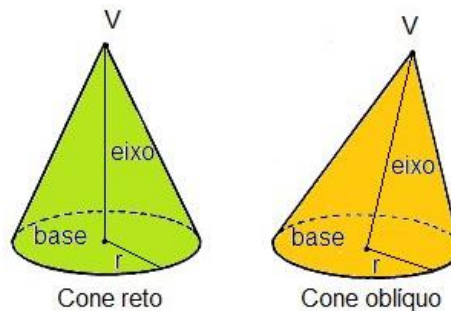
**Figura 4.4** – Corte de um cone por um plano não paralelo à base



Fonte: lezzi *et al.* (2013).

Pode-se mostrar ao estudante que os cones são classificados em: cone reto ou cone oblíquo que possui eixo oblíquo ao plano da base. Quanto aos elementos eles possuem: Vértice ( $v$ ) que é o ponto fora do plano da base. O eixo que é o segmento de reta que liga o vértice ao centro da base. Altura ( $h$ ) que é a distância entre o vértice e o plano da base. E finalmente o raio ( $r$ ) que é o raio da base, conforme mostrada na Figura 4.5.

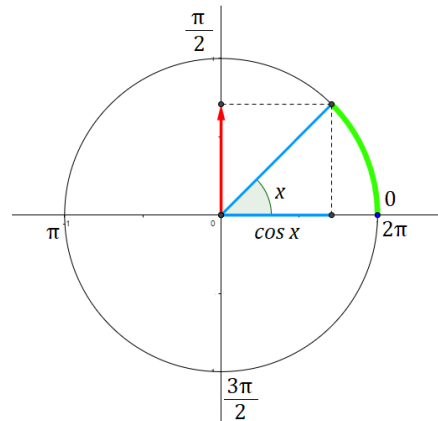
**Figura 4.5** – Elementos e classificação de um cone



Fonte: lezzi *et al.* (2013).

Dentro do Projeto Analema, outros elementos de Matemática podem ser abordados, como a função cosseno em que, seja  $x$  um número real e  $P$  sua imagem na circunferência trigonométrica, chama-se função cosseno a função  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  que associa a cada número real  $x$  um número  $\cos x$ , isto é,  $f(x) = \cos x$ . A Figura 4.6 é uma representação do ciclo trigonométrico:

**Figura 4.6 – Ciclo Trigonométrico**

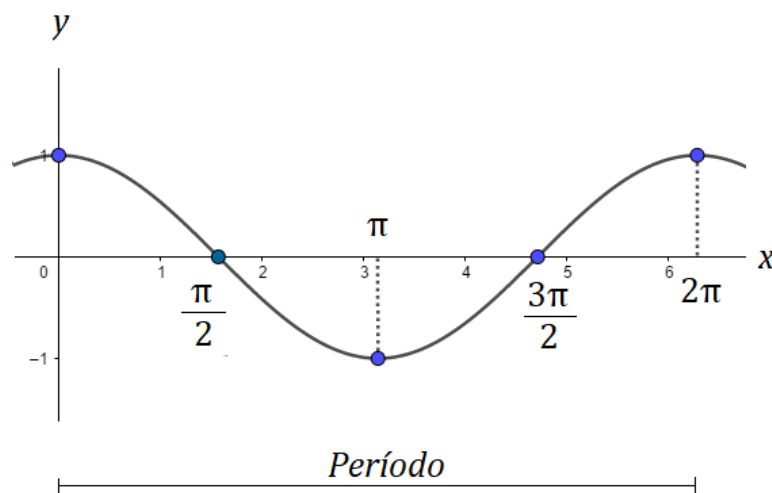


Fonte: lezzi *et al.* (2013).

**Imagem:** A imagem da função cosseno é o intervalo  $[-1, 1]$ . Isso é um fato conhecido pois os valores que o cosseno pode assumir para qualquer valor de  $x$  podem variar apenas de  $-1$  e  $1$ .

**Período:** O período da função cosseno é  $2\pi$  pois se  $\cos x = y$  (qualquer valor de  $x$  teremos um valor em  $y$ ) então  $\cos(x + 2k\pi) = y, \forall k \in \mathbb{Z}$ , terá a mesma imagem no ciclo, ou seja:  $y = \cos x = \cos(x + 2k\pi)$ . O gráfico da Figura 4.7 exemplifica essa condição.

**Figura 4.7 – Gráfico da função cosseno**



Fonte: lezzi *et al.* (2013).

Na disciplina de História, podemos destacar, por exemplo, que a ideia de função que temos hoje em dia se deve ao esforço de vários matemáticos ao longo do tempo. Na antiguidade, por exemplo, a ideia de função, aparece implicitamente em tabuletas babilônicas. Já na obra da francesa Nicole Oresme (1323-1382)

aparece uma ideia de construir “um gráfico” para representar graficamente uma quantidade que varia. Porém, somente com os trabalhos de G. W. Leibniz (1646-1716) que a palavra função, aparece com o mesmo sentido que conhecemos hoje (BOYER, 1995).

Outro importante aspecto que podemos destacar no estudo do Movimento Relativo do Sol, é a contagem do tempo. Historicamente, percebe-se que o homem sempre buscou alternativas para controlar e executar suas atividades diárias. Ao observar, por exemplo, a alternância entre claridade e escuridão, esse homem percebeu que havia ciclos muito bem definidos para fases da Lua (chamada lunação), bem como, a percepção de dias mais longos e dias mais curtos em períodos anuais, de forma que o Sol se mantinha por mais tempo no céu durante o verão e se matinha menos tempo no céu durante o inverno. Dessa maneira, foram sendo criados calendários que agrupavam os dias em diversos períodos, possibilitando um fácil registro dos dias passados ou futuros.

Ao mostrar ao estudante esses aspectos históricos, sobre a observação e experimentação concernentes ao Movimento Relativo do Sol, este estudante poderá perceber que a disciplina de História está ligada à atividade humana, de tal forma que ao considerar o homem como agente transformador que se apropria dos conhecimentos científicos, visando contar às gerações futuras, por exemplo, as conquistas tecnológicas adquiridas pelo ser humano no tempo.

Em se tratando de Ciência, os estudantes podem ser arguidos sobre os fenômenos de movimentos associados à Terra, digo de revolução e rotação, que são a base científica para explicar as estações do ano em razão da maior ou menor incidência dos raios solares nos hemisférios Norte e Sul terrestres.

Ademais o Sistema Solar poderá ser abordado, como conteúdo, pelo professor numa exposição sobre as órbitas elípticas dos planetas destacando por ordem de classificação, de acordo com sua composição, em rochosos ou gasosos. Explanando aos estudantes que Mercúrio, Vênus, Terra e Marte são planetas rochosos. Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são planetas gasosos.

Na disciplina de Geografia, o professor pode destacar as coordenadas geográficas, explicitando os conceitos de latitude e longitude, fusos horários, além do horário de verão, cujo objetivo é que a população reduza o consumo de energia elétrica no período do dia em que o consumo é mais elevado.

## 4.7 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A ação direta no desenvolvimento de atividades experimentais permite ao estudante acessar novos conhecimentos de maneira que, ao construir artefatos ou mesmo experimentos, ele adquira novos subsídios que poderão levá-lo a uma maior autonomia.

Tendo em vista, as argumentações de vários autores destacados nesta dissertação, sobre a importância da prática experimental no processo investigativo em um ambiente educacional, passaremos a tratar sobre a aplicação do Projeto Analema neste contexto, destacando o desenvolvimento e aplicação de instrumentação didática que foram utilizados em oficinas de Astronomia, bem como nas observações do Movimento Relativo do Sol ao longo de um ano.

Com o objetivo de disseminar uma cultura investigativa por parte do estudante, de forma que ele observe e ponha em prática os conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Física, Matemática, Ciências, História e Geografia, este Projeto apresenta uma proposta de atividades práticas de Astronomia para observação do Analema solar.

Neste sentido, passaremos a abordar inicialmente para cada experimento o contexto histórico, o objetivo, o contexto físico, a ideia do experimento, a lista de materiais, a montagem, a aplicação e finalmente, uma atividade proposta a ser desenvolvida com os estudantes envolvidos no Projeto Analema.

### 4.7.1 O Sol e Câmara Escura

Este experimento de construção da câmara escura com regulagem de foco baseia-se no princípio de propagação retilínea da luz, evidenciando a formação de imagem em um anteparo dentro caixa coletora do espectro luminoso. Neste sentido, esta atividade prática propõe a observação do Movimento Relativo do Sol, sempre no mesmo local e horário com vistas a obter o Analema descrito ao longo de um ano, descrito no anteparo da câmara escura e fotografado ao longo desse período.

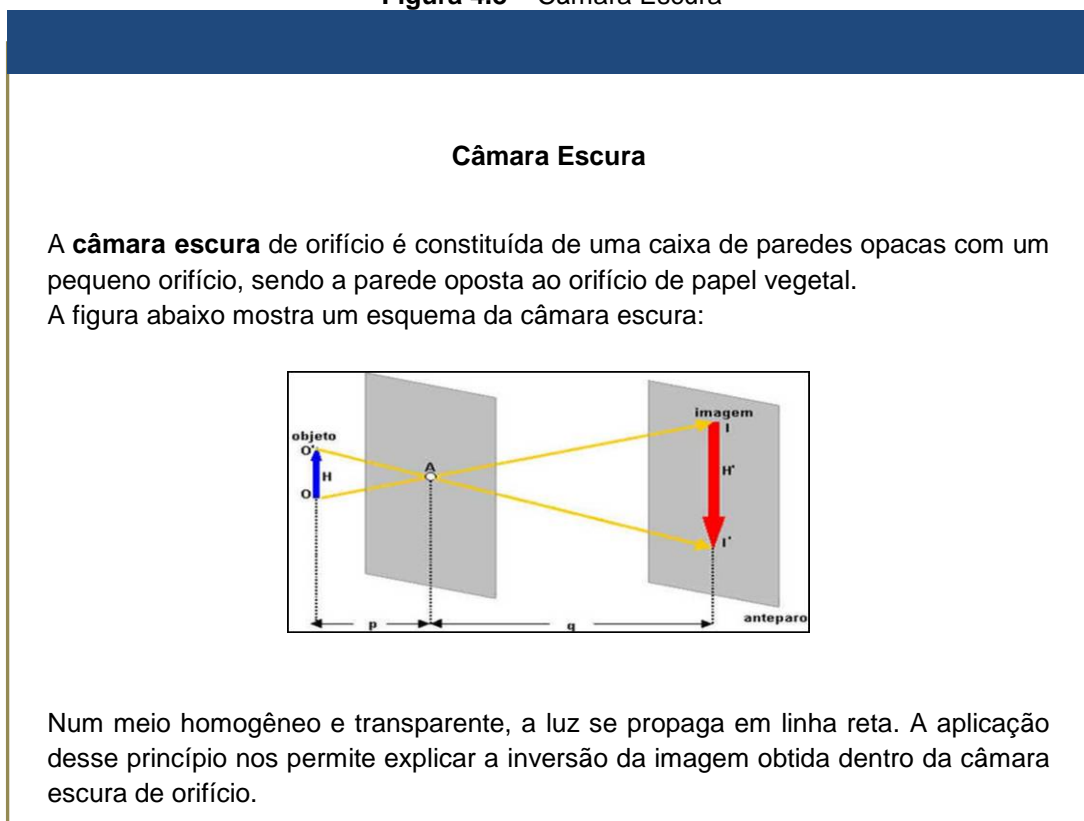
Vale ressaltar que, esta atividade pode ser desenvolvida por qualquer estudante a partir das séries finais do Ensino Fundamental, desde que tenha um acompanhamento de um instrutor, para o manuseio de ferramentas cortantes, como por exemplo, tesoura, estilete, etc. No que se refere a uma abordagem de conteúdos

específicos, como formação de trajetória, tabulação de dados, construção de gráficos, demonstrações de equações horárias, etc., esta atividade dar-se-á com estudantes do ensino médio, pois os pré-requisitos necessários para aplicação destes conceitos matemáticos citados se aplicam preferencialmente a este nível de ensino.

#### 4.7.2 Contexto histórico

Conta-se que na antiga Grécia já se conhecia uma caixa mágica que intrigava a todos por permitir ver o mundo “no escuro”; a comunicação com o mundo exterior se dava por um furo em uma das suas faces. Na parede oposta do orifício, era fixado um tecido translúcido que funcionava como uma espécie de tela, no qual eram projetadas as imagens. Porém, historicamente, a patente dessa caixa misteriosa, ou câmara escura, ficou com um astuto estudioso árabe chamado pelo nome de Alhazen. A Figura 4.8 esquematiza a aplicação da câmara escura.

Figura 4.8 – Câmara Escura



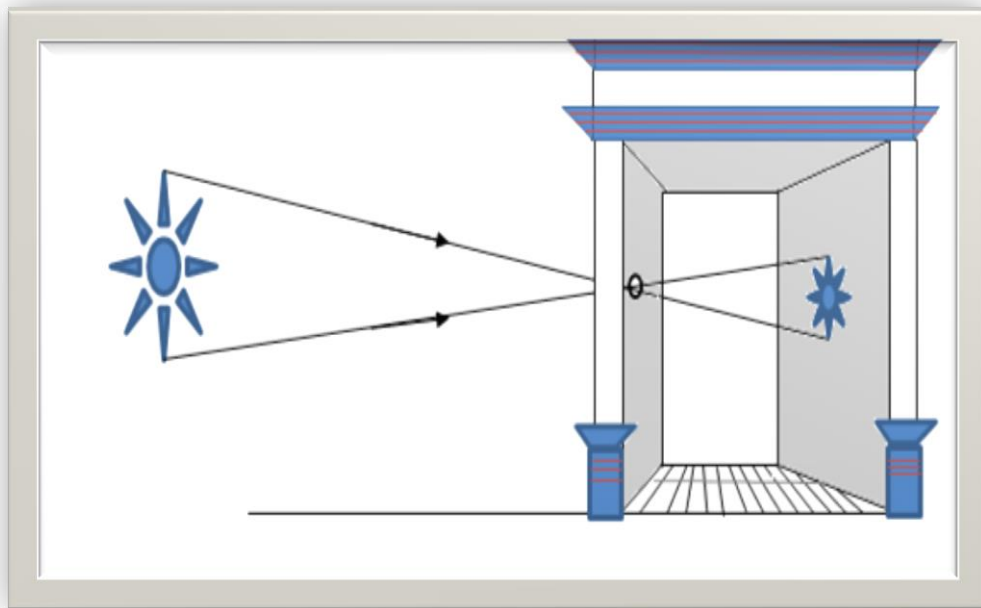
### 4.7.3 Objetivo

Este experimento tem por objetivo a construção de uma câmara escura de orifício para observação do movimento relativo do Sol.

### 4.7.4 Contexto físico

Na câmara escura, todos os raios de luz que são provenientes do Sol, passam através de um pequeno orifício da caixa e atinge o anteparo no interior dela. Dessa forma, a luz que passa pelo ponto mais alto do objeto atingirá o anteparo no ponto mais baixo e vice-versa, formando uma imagem real e invertida como mostra a figura 4.9.

**Figura 4.9** – Ilustração de uma câmara escura



Fonte: Produzida pelo autor.

### 4.7.5 Ideia do Experimento

A ideia do experimento é fotografar periodicamente (uma vez por semana), a imagem do Sol projetada no anteparo da câmara escura, sempre no mesmo horário e posição, com propósito de mapear a trajetória do Sol sob a esfera celeste durante

um ano. Dessa forma, pode-se obter graficamente o analema, que tem a forma de oito.

#### 4.7.6 Lista de Materiais para confecção da Câmara escura

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 4.1, está disposta para confecção de câmara escura. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas.

**Quadro 4.1** – Lista de Materiais para confecção da Câmara escura

Quantidade	Item
01	Caixa de sapatos ou caixa de encomenda
01	Fita adesiva preta
01	Tesoura
01	Estilete
01	Lente de lupa
01	Papel Vegetal
01	Cartolina preta

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4.7.7 Montagem

##### ➤ Tubo de foco

Inicialmente, desmonta-se a lupa tirando a lente do plástico, em seguida faz-se um tubinho preto de cartolina, com aproximadamente 14 cm, em torno da lente. Deve-se colocar um pedaço de fita no tubo de cartolina para fixa-la bem. Se a lente ficar meio solta no tubinho de cartolina, pode-se colocar pontualmente um pouco de cola quente para prendê-la, veja a figura 4.10.



**Figura 4.10 – Fixação da lente no tubo de foco**



Fonte: Produzido pelo autor

### ➤ Caixa externa

Para confecção da caixa externa da câmara escura, deve-se fazer um corte retangular grande no fundo da mesma e depois revesti-la com papel vegetal, conforme figura 4.11.

**Figura 4.11 – Caixa Externa**



Fonte: Produzido pelo autor

### ➤ Encaixe do tubo de foco

Do outro lado da caixa, deve-se fazer um furo exatamente de diâmetro igual ao do tubo de foco. Para isso, pode-se recortar o orifício com ajuda do estilete, que em seguida deve encaixar perfeitamente na caixa externa da câmara, conforme figura 4.12.

**Figura 4.12 – Encaixe do tubo de foco**



Fonte: Produzido pelo autor

➤ **Câmara escura com foco regulável**

Finalmente obtemos uma câmara escura de orifício, com foco perfeitamente regulável conforme figura 4.13.

**Figura 4.13 – Câmara escura com foco regulável**



Fonte: Produzido pelo autor

#### **4.7.8 Metodologia de Aplicação**

Após a confecção da câmara escura, a mesma deverá ser colocada numa plataforma que permita ter movimentação azimutal e de elevação em ângulo conforme descrição na Figura 4.14. Com o posicionamento da câmara na plataforma, os feixes de luz passarão pela abertura ocular da mesma e serão projetadas linearmente sobre o anteparo da caixa interna, produzindo a imagem do Sol. Dessa forma, a imagem projetada, poderá ser fotografada. As fotos tiradas na mesma horária e posição permite ter ao final de um ano a formação da trajetória descrita pelo Sol no céu, em forma de um Analema.

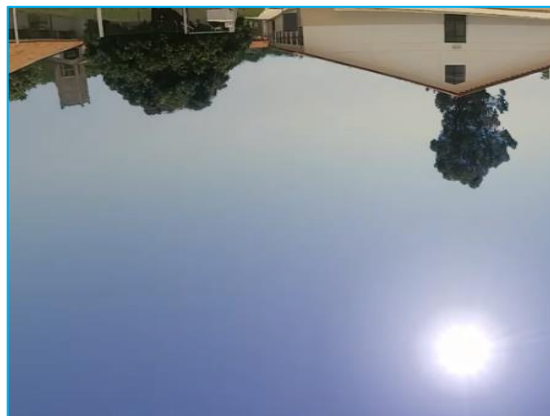
**Figura 4.14** – Câmara escura em suporte – IFBA/VC



Fonte: Produzido pelo autor.

As imagens invertidas e projetadas sobre o anteparo da câmara escura, sempre no mesmo horário e posição de observação, permitirá visualizar a imagem da trajetória do Sol, mostrando a formação do analema ao fim de um ano de observações, a Figura 4.15 retrata esta condição.

**Figura 4.15** – Imagem Invertida – câmara escura



Fonte: Stellarium (2017). Adaptado pelo autor.

#### **4.7.9 Atividades a serem desenvolvidas com os estudantes**

Como proposta de atividades para ser aplicadas aos estudantes, colocamos como sugestão algumas questões pertinentes à propagação retilínea da luz, que são utilizadas no uso da câmara escura para observação do Movimento Relativo do Sol.

01 – Observando a formação de imagem dentro da câmara escura, explique porque essa imagem fica invertida?

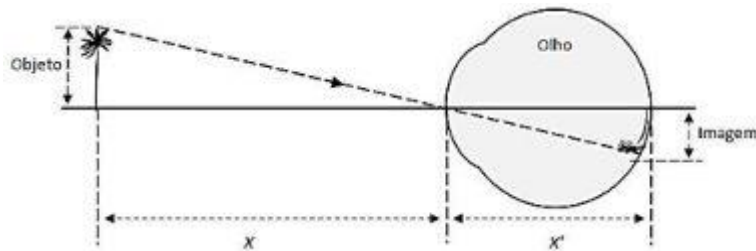
02 – Porque podemos afirmar que os raios luminosos são independentes?

03 – Porque ao observarmos semanalmente a imagem projetada pelo Sol na câmara escura, verificamos que a posição do mesmo muda, descrevendo uma trajetória?

04 – O que é Eclíptica?

05 – O que é movimento relativo do Sol?

06 – O olho humano comporta-se de forma semelhante a uma câmara escura de orifício. Sabemos que os raios de luz que partem do objeto e atravessam o orifício determinam a imagem no fundo do olho. A figura a seguir representa um esquema simplificado do comportamento de formação de imagens no fundo de um olho saudável. Vemos que a imagem formada no fundo do olho se apresenta invertida, de cabeça para baixo.



Sabe-se que o olho humano apresenta aproximadamente  $20\text{ mm}$  de profundidade ( $x' = 20\text{ mm}$ ) e o objeto tem  $8\text{ m}$  de altura colocado em uma posição a  $32\text{ m}$  de distância do orifício do olho ( $x = 32\text{ m}$ ). Nessa situação, a altura da imagem formada no fundo do olho será de:

- a) 5 mm.
- b) 7,5 mm.
- c) 8 mm.
- d) 10,8 mm.
- e) 12,8 mm.

#### 4.8 Construção de um relógio de Sol com garrafa PET

A construção de um relógio de Sol pode apresentar várias situações nas quais o estudante poderá interpretar qualitativamente os fenômenos físicos decorrentes da Movimentação Relativa do Sol na Esfera Celeste. Vale ressaltar que, dentre estes fenômenos, a projeção da sombra por qualquer elemento físico

permitirá a leitura das horas, se houver o uso de critérios matemáticos bem delineados como: triângulação entre o elemento projetor de sombra e a superfície onde estarão impressas as 12 horas do dia.

Neste sentido, esta prática experimental visa contribuir de forma significativa para a formação acadêmica do educando, ao observar que ele estará diretamente construindo um artefato experimental para leitura do tempo, usando estruturas matemáticas bem fundamentadas, como as relações métricas no triângulo retângulo, os conceitos geográficos de latitude e longitude, coordenadas geográficas, coordenadas cartesianas, como também, os conceitos de trajetória, de tempo e espaço.

#### **4.8.1 Contexto histórico**

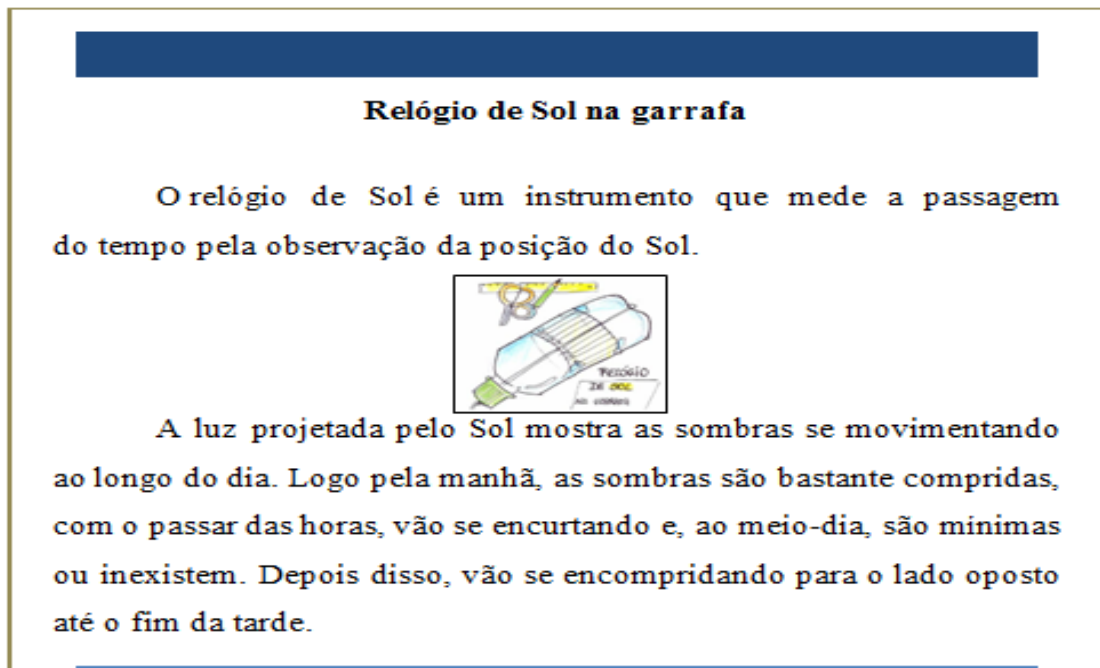
Existem muitos registros antigos sobre a utilização dos conhecidos relógios de Sol. Destaco o relato bíblico no II Livro dos Reis, datado pela cronologia bíblica em aproximadamente 700 a.C., que descreve o relógio de Sol de Acaz, como instrumento de contagem do tempo, inclusive com relato de inclinação e declinação de ângulo conforme descrito no II Livro dos Reis, como também no Livro do Profeta Isaías no capítulo 38 nos versos: 7 e 8. “Este é o sinal de que o SENHOR fará o que prometeu: Farei a sombra do sol retroceder os dez degraus que ela já cobriu na escadaria de Acaz. E a luz do sol retrocedeu os dez degraus que tinha avançado” (RYRIE, 2007).

Também é fato que os povos antigos mostraram grande interesse pelo universo. “Eles estudaram as estrelas, o movimento dos planetas, desenharam as constelações, criaram calendários, aprenderam sobre as estações do ano”. (LOURÊNÇO, 2007, p. 68).

#### **4.8.2 Objetivo**

Este experimento tem por objetivo a construção de um relógio de Sol baseado na sombra de um barbante esticado em garrafa pet e projetado em folha branca enumerando as doze horas do dia, digo, de 6:00 às 18:00. A Figura 4.16 ilustra o relógio de Sol com garrafa pet.

**Figura 4.16** – Relógio de Sol numa garrafa pet



Fonte: Produzida pelo autor.

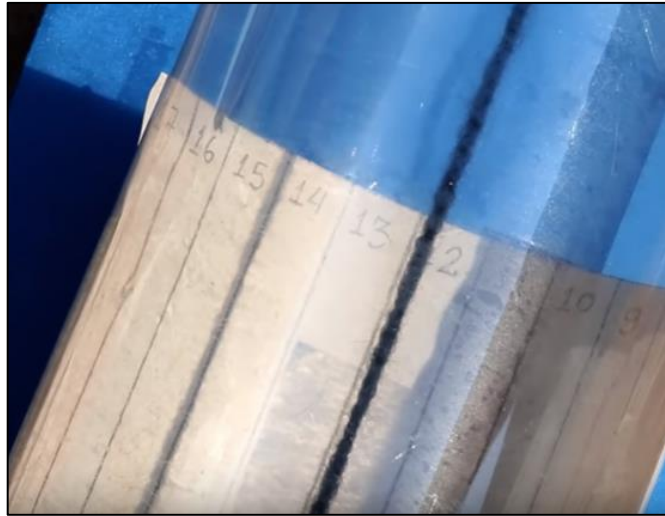
### 4.8.3 Contexto físico

O relógio de Sol construído com garrafa pet permite visualizar as horas do dia para a latitude local, basicamente observando a aplicação do princípio de projeção retilínea da luz, em que um barbante bem esticado por dentro da garrafa projetará a sombra retilínea sobre a marcação da hora observada.

### 4.8.4 Ideia do Experimento

A ideia do experimento é construir um relógio de Sol na garrafa pet, usando basicamente um barbante esticado por dentro de uma garrafa pet, que é capaz de projetar sua sombra numa plataforma com elevação em ângulo de acordo com a latitude local. Dessa forma, a sombra projetada poderá estar exatamente sobre o horário local impresso numa folha anexada à garrafa. A Figura 4.17 apresenta um modelo.

**Figura 4.17** – Impressão das horas do dia no rótulo anexo à garrafa pet



Fonte: Produzido pelo autor

#### 4.8.5 Lista de Materiais para confecção

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 4.2, está disposta para confecção de câmara escura. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas.

**Quadro 4.2** – Materiais para confecção do Relógio de Sol

Quantidade	Item
01	Garrafa Pet transparente
01	Rolo de barbante
01	Folha de ofício
01	Fita adesiva transparente
01	Marcador de CD
01	Folha de isopor – 15 mm
01	Parafusadeira
01	Régua de acrílico – 30 cm
01	Lápis
01	Régua de madeira
01	Globo terrestre – opcional
01	Bastão 50 cm com plataforma horizontal
01	Cola de isopor

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4.8.6 Montagem

Inicialmente faz-se um furo central na tampa e no fundo da garrafa. Em seguida passa-se um pedaço de barbante entre os furos depois, deve-se prendê-lo nos extremos com fita adesiva, de maneira que o barbante fique bem esticado. A Figura 4.18 apresenta essa condição.

**Figura 4.18** – Garrafa Pet com barbante esticado



Fonte: Produzido pelo autor

#### 4.8.7 Anexo da folha hora

A folha de ofício deve ser cortada com largura de 15 cm, em seguida recobre-se a parte central da garrafa pet o pedaço da folha com pequena emenda. Após esse momento deve-se cortar a folha conforme mostrado na Figura 4.19.

**Figura 4.19** – Anexo da folha hora



Fonte: Produzido pelo autor.



Como a Terra apresenta uma curvatura ao longo do seu eixo, se faz necessário construir um plano inclinado com ângulo de elevação igual à latitude local onde deve ser colocado o relógio de Sol de garrafa, a Figura 4.20 mostra o plano inclinado que é suporte para o relógio de Sol.

**Figura 4.20** – Plano Inclinado com ângulo de elevação com latitude local

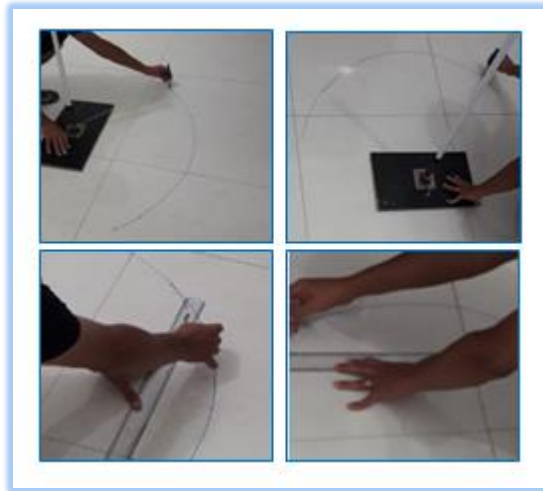


Fonte: Produzido pelo autor

#### **4.8.8 Metodologia de Aplicação**

Após a confecção do Relógio de Sol e do plano inclinado, estes instrumentos deverão ser colocados em local bem plano. Para o próximo passo, deve-se colocar um bastão (gnômon) perpendicular à superfície, preferencialmente numa plataforma – tipo suporte de instrumentação para laboratório, dessa forma a sombra do bastão será projetada na superfície regular. Na parte da manhã deverá ser marcado o ponto de sombra do bastão num horário específico, por exemplo, às 10h30min. Após esse momento, deve-se esperar para nova marcação depois do meio dia. No entanto, essa sombra deverá ter o tamanho da anterior. Para que isso ocorra, podemos na parte da manhã, amarrar um barbante na base do bastão, de forma que o mesmo tenha comprimento igual à base do bastão ao ponto de sombra marcado às 10h30min, em seguida deve-se descrever um arco de circunferência, no sentido anti-horário, conforme descrito na Figura 4.21.

**Figura 4.21** – Demarcação de sombras – arco de circunferência



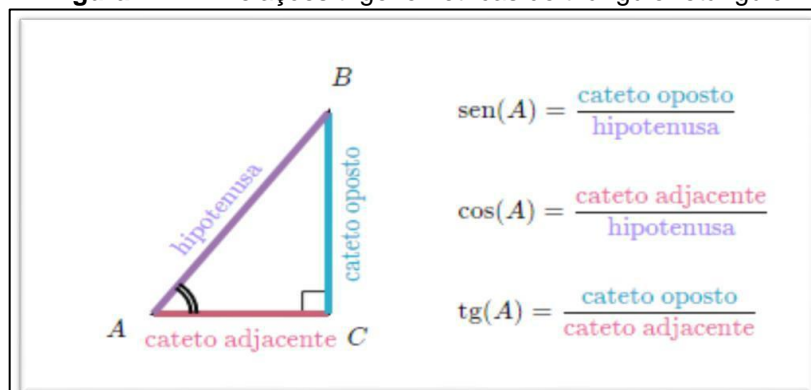
Fonte: Produzido pelo autor

Dessa forma usando uma régua, traça-se uma reta unindo os dois pontos de sombra encontrados pela manhã e à tarde. Essa linha determina a direção leste - oeste. Pelo ponto médio determinado pela reta que une os dois pontos, traça-se novamente uma reta perpendicular à direção leste - oeste. Essa nova reta determina a direção norte-sul.

Vale ressaltar que, para as atividades relacionadas à obtenção dos pontos de sombra usando o gnômon, cujo objetivo é encontrar, por exemplo, a linha do meridiano local, bem como, para determinação da linha norte-sul, podemos utilizar também as relações trigonométricas do triângulo retângulo, que se seguem:

As razões dos lados de um triângulo retângulo são chamadas razões trigonométricas. Três razões trigonométricas comuns são o seno (sen), cosseno (cos) e tangente (tan). Elas estão definidas no triângulo agudo representado na Figura 4.22.

**Figura 4.22** – Relações trigonométricas do triângulo retângulo



Fonte: lezzi *et al.* (2013). Adaptado pelo autor.

Nessas definições, os termos cateto oposto, cateto adjacente e hipotenusa se referem aos comprimentos dos lados. Dados estes padrões trigonométricos estabelecidos, podemos demarcar, por exemplo, o ângulo de inclinação do ponto da sombra do gnômon em um determinado instante em relação à posição do Sol. E com isto, traçar, por exemplo, o arco de parábola que permitir encontrar o outro ponto sobre a parábola na parte da tarde. Feito isso, podemos então traçar a reta norte-sul, para colocação correta do nosso relógio de Sol com mostrador de garrafa.

#### 4.8.9 Atividades a serem desenvolvidas

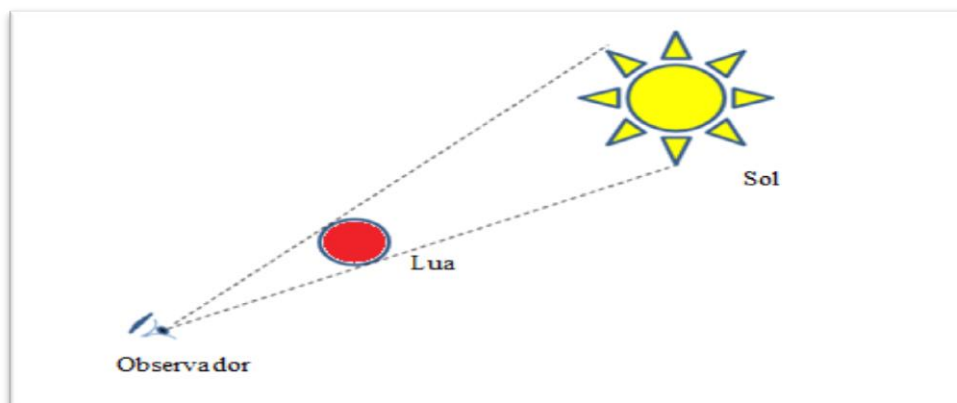
Nessa atividade serão propostas aos estudantes, questões pertinentes às relações conceituais do triângulo retângulo que estarão presentes na construção das plataformas inclinadas e que permitem colocar o relógio de Sol num ângulo referente à latitude local. Vale ressaltar que os exercícios são gerais neste íterim, assim segue as questões propositais:

01 - Num triângulo retângulo, a hipotenusa mede 10 cm e um dos catetos mede 8 cm. Nessas condições, determine:

- a) a medida da altura relativa à hipotenusa;
- b) a área do triângulo.

02 - Determine a medida das projeções em um triângulo retângulo cuja hipotenusa mede 13 cm e um dos catetos 5.

03 - Num eclipse total do Sol, o disco lunar recobre exatamente o disco solar, o que comprova que o ângulo sob o qual vemos o Sol é o mesmo sob o qual vemos a lua. Considerando que o raio da Lua é 1 738 km e que a distância da Lua ao Sol é 400 vezes a da Terra à Lua, calcule o raio do Sol. (Fora de Escala).



## **4.9 O Cetro e o analema Vertical**

Esta atividade prática apresenta a projeção da trajetória do Sol em um anteparo vertical usando basicamente um cetro fincado perpendicularmente no solo, ou em uma plataforma nivelada com uma superfície plana. A sombra projetada pelo cetro permite delinear cada ponto referente ao deslocamento do Sol no céu, de maneira que ao final de um ano de observações teremos delimitado essa trajetória em uma forma muito peculiar, que é o símbolo do infinito.

Neste sentido, estaremos apresentando uma série de passos para a aplicação desta prática voltada para Observação do Movimento Relativo do Sol ao longo de um ano.

### **4.9.1 Contexto Histórico**

Os primeiros relógios, que datam de aproximadamente de 3500 a.C., eram compostos apenas por um pilar ou cetro, chamado gnômon, e podiam mostrar as duas metades do dia. Mais tarde, escalas de medidas foram adicionadas em volta do cetro para que os dias pudessem ser divididos em períodos mais curtos.

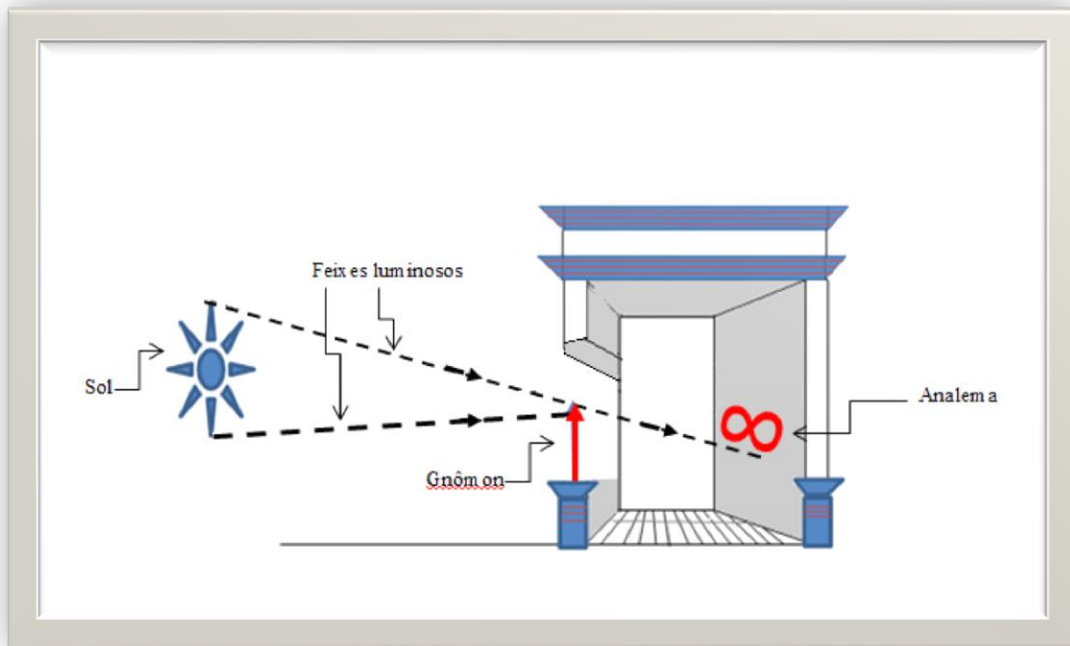
### **4.9.2 Objetivo**

Este experimento tem por objetivo a demarcação da sombra projetada por um cetro em uma superfície vertical, com intuito de obter a figura do Analema, que corresponde de forma descritiva em gráfico a trajetória do Sol no céu.

### **4.9.3 Contexto Físico**

É possível reproduzir a trajetória do Sol na esfera celeste, usando um cetro fincado perpendicularmente a uma superfície horizontal e que projeta sombra em anteparo vertical formando ao final de um ano a figura do Analema. Isso só será possível, se observarmos esta sombra variando entre 6:00 e 9:00, ou no final da tarde, entre 15:00 e 18h. A Figura 4.23 retrata a forma do analema nestas condições.

**Figura 4.23 – Cetro e Analema**



Fonte: Produzida pelo autor.

#### 4.9.4 Ideia do Experimento

A ideia do experimento é obter graficamente o analema, fazendo observações das projeções de sombras do cetro em um anteparo vertical, pelo menos uma vez por semana, sempre no mesmo horário e posição. Esta prática tem a finalidade de, além, da obtenção do analema, rever com o estudante os conceitos de trajetória, movimento curvilíneo, coordenadas cartesianas, ângulo de incidência, relações trigonométricas do triângulo retângulo, coordenadas geográficas, entre outros aspectos característicos do Movimento Relativo do Sol.

#### 4.9.5 Lista de Materiais para confecção

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 4.3, está disposta para construção do cetro e do anteparo vertical. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas.

**Quadro 4.3 – Materiais para confecção do Relógio de Sol**

Quantidade	Item
01	Bastão de madeira 1,20 m
03	Folhas de isopor – 15 mm
08	Folhas de papel milimetrado
01	Tubo de cola para isopor
01	Fita adesiva transparente
01	Folha Fullcontact- 1,50 m
01	Marcador de escrita fina

Fonte: Produzido pelo autor.

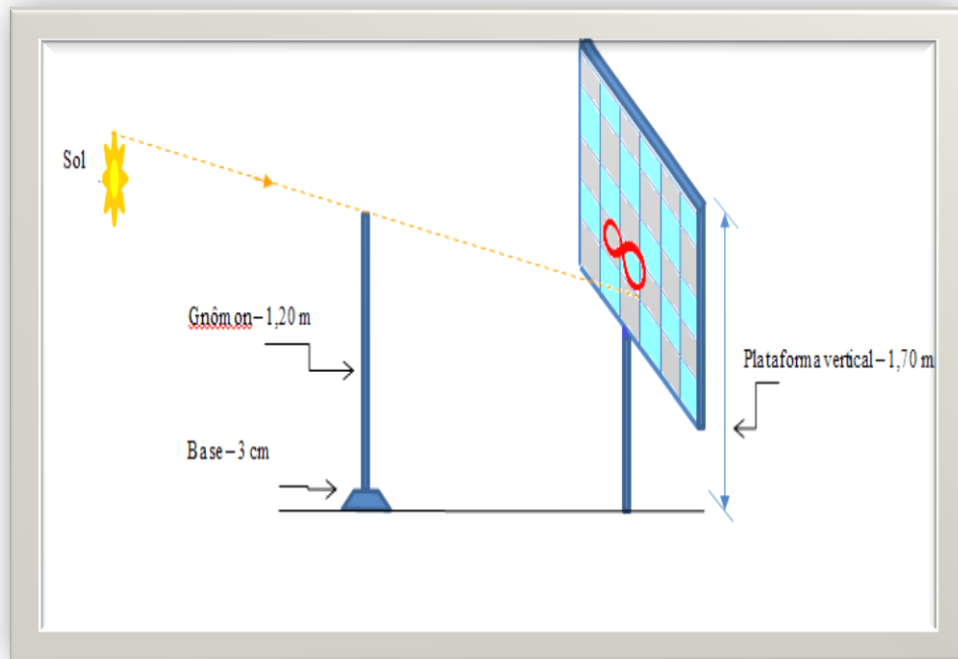
Vale ressaltar que os materiais são de baixo custo, se considerarmos os resultados obtidos com as observações. Outro fato importante a considerar é que, poderão existir dias nublados, porém esperamos sempre o retorno do brilho do Sol no outro dia para marcação da sombra pontual. Por isso, não devemos desanimar, pois ainda que haja tempo nublado em alguns momentos é possível identificar a sombra projetada pelo cetro no anteparo vertical.

#### 4.9.6 Montagem

Inicialmente, tomamos um bastão de madeira que pode ser até mesmo um cabo de vassoura de comprimento 1,20 m, adaptamos a uma plataforma com base de aproximadamente 3 cm de altura. Fazemos uma perfuração no centro da plataforma e adaptamos o cetro no centro da plataforma.

É importante lembrar que para fazer as observações do Movimento Relativo do Sol usando o cetro, o estudante deverá ser sempre respeitar o mesmo horário e a mesma posição para observação, isso garantirá ao final de um ano a formação do analema e seu estudo, por exemplo, os solstícios de verão e inverno serão identificados nas bordas do Analema. De forma que será identificado o solstício de verão, no ponto em que a sombra será mínima no anteparo, ou seja, ao extremo da direita na Figura 4.24, e será identificado o solstício de inverno no extremo à esquerda.

**Figura 4.24** – Medidas do conjunto – Cetro e plataforma vertical



Fonte: Produzida pelo autor.

#### 4.9.7 Metodologia de Aplicação

Após a confecção dos instrumentos de observação, foram feitas as primeiras observações às 09h00min, com alunos dos cursos integrados que estudam à tarde. Inicialmente, procuramos o melhor local para ser instalado o cetro para não correr o risco de ter alguma sombra de prédios ou árvores durante o período de observação. Vale ressaltar que para encontrarmos esse lugar no IFBA, foi um tanto quanto difícil, em função das paredes dos prédios que poderiam servir de anteparo vertical ter em algum momento do ano sombras de outros prédios. Em função dessa dificuldade, pedimos que os servidores responsáveis pela infraestrutura do Instituto Federal da Bahia, liberassem uma área livre para construirmos ali uma plataforma para fixação do cetro, bem como, um anteparo vertical. A Figura 4.25 registra um dos momentos de marcações com estudantes do IFBA/VC.

De posse desse local começamos as observações 09 de março de 2017, no final do verão e início do inverno aqui no Hemisfério Sul.

**Figura 4.25** – Início das marcações de sombras com cetro



Fonte: Acervo do autor.

Posicionamo-nos para fazer a primeira marcação, tomando cuidado para garantirmos os parâmetros de perpendicularidade. Vale destacar que Vitória da Conquista, especificamente no ano de 2017 apresentou muitos dias nublados, porém como havia dito anteriormente, não se pode desanimar, pois invariavelmente o Sol acaba brilhando. As marcações começaram a ser feitas em dias com luminosidade satisfatória, destacando o dia, horário e coordenadas grafadas no local de marcações. A Figura 4.26 em mosaico apresenta momentos de registros das sombras projetadas e demarcadas no painel vertical.

**Figura 4.26** – Marcações do ponto de sombra do cetro – IFBA/VC



Fonte: Acervo do autor.



Em função dos dias nublados e sem aula por motivos de paralizações, busquei alternativas viáveis como reproduzir o mesmo experimento no ambiente de casa, mas especificamente em frente do apartamento onde morava. Inicialmente construí um painel para projeção das sombras do cetro e apliquei na observação conforme Figura 4.27. Os resultados foram bastante satisfatórios, se considerarmos os muitos dias nublados.

**Figura 4.27** – Marcações com cetro para obtenção do Analema

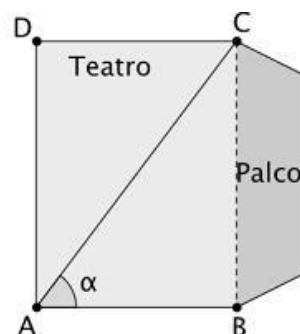


Fonte: Acervo do autor.

#### 4.9.8 Atividades a serem desenvolvidas

Nessa atividade serão propostas aos estudantes, questões pertinentes às relações conceituais do triângulo retângulo que estarão presentes na marcação dos pontos de sombra, bem como, poderá ser abordada a trajetória curvilínea que o Analema assume ao longo dos dias.

01- (FGV) A plateia de um teatro, vista de cima para baixo, ocupa o retângulo ABCD da figura a seguir, e o palco é adjacente ao lado BC. As medidas do retângulo são  $AB = 15\text{m}$  e  $BC = 20\text{m}$ .

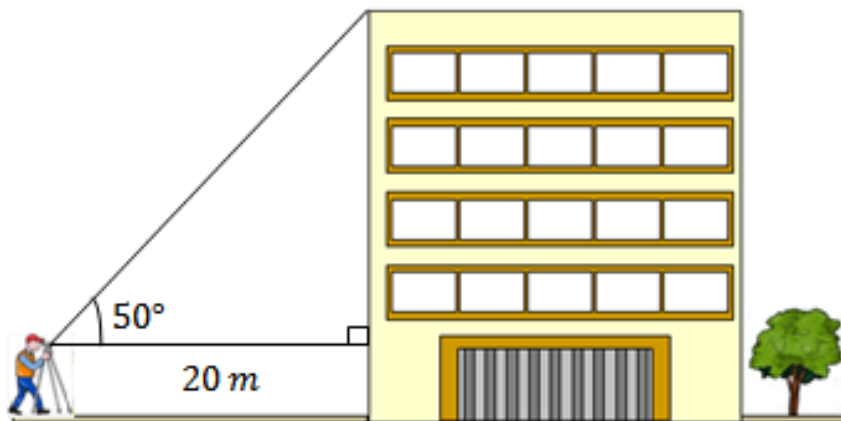


Um fotógrafo que ficará no canto A da plateia deseja fotografar o palco inteiro e, para isso, deve conhecer o ângulo da figura para escolher a lente de abertura adequada.

O cosseno do ângulo da figura acima é:

- a) 0,5
- b) 0,6
- c) 0,75
- d) 0,8
- e) 1,33

02 - Uma pessoa com 1,75 m de altura e que se encontra a 20 m da base de um edifício vê o ponto mais alto dele sob um ângulo de  $50^\circ$ . Qual a altura aproximada do edifício?



#### 4.10 O Gnômon e o Analema Horizontal

Este experimento é igualmente especial, pois permite ao observador montar uma plataforma móvel para armação do gnômon, isto permitirá ao estudante mapear a trajetória do Sol em uma superfície horizontal, tão somente, recobrendo a plataforma com papel milimetrado em que serão marcados os pontos de sombra projetados pelo gnômon. Algo realmente singular é verificar os pontos de sombra que delineiam o período do ano em que se dão os solstícios de verão e inverno.

#### 4.10.1 Contexto histórico

Com o crescer da civilização, as necessidades sociais tornaram-se mais sofisticadas, e o cômputo de grandes intervalos de tempo passou a ser premente. A humanidade descobriu no ano solar um excelente período que poderia ser usado como padrão de medida de tempo.

Os antigos puderam associar as épocas de quente, frio ou intermediária, que são as quatro estações do ano, com algumas particularidades que destacamos principalmente a verificação do tamanho da sombra de um pilar ao meio-dia era muito maior na estação fria (inverno) que na estação quente (verão).

A este pilar, deu-se o nome de Gnômon (do Grego, *gnomonikos*, “com capacidade de julgar”, de *gnomon*, “o que sabe, o que tem discernimento” de *gignoskein*, “conhecer, vir a saber”), nada mais é que uma vareta verticalmente fincada num solo plano e sob a luz do Sol e serviu para os povos antigos interpretar e precisar o movimento solar aparente, através do registro e comparação da variação da sombra ao longo do tempo medido em frações do dia ou de dias na sua claridade

#### 4.10.2 Objetivo

A Utilização do gnômon como instrumento para a observação do Movimento Relativo do Sol, com vistas a obter um Analema, é uma ferramenta educacional muito interessante quando se baseia na aplicação de conteúdos correlacionados à obtenção do gráfico analêmico. Portanto, esta prática, tem como finalidades, o estudo deste gráfico analêmico com suas particularidades relacionadas, por exemplo, à identificação das estações do ano quando observadas as coordenadas de marcação de sombra e os respectivos períodos do ano.

#### 4.10.3 Contexto Físico

Sabemos que a luz se projetada num meio homogêneo e transparente de forma retilínea. Portanto as sombras do gnômon terão tamanhos variados ao longo do ano. Se olharmos da perspectiva de delineação das sombras, veremos claramente uma trajetória descrita em curva, de forma que a sombra descrita pelo

gnômon terá percorrido a metade da distância entre os solstícios de verão e inverno, neste período então, poderemos identificar a entrada do outono aqui no Hemisfério Sul, por volta de 20 de março e da primavera em torno de 20 setembro. Ou seja, podemos através da trajetória descrita identificar, por exemplo, quando começam as estações do ano.

#### 4.10.4 Ideia do experimento

A ideia do experimento é obter graficamente o analema, fazendo observações das projeções de sombras do gnômon em um anteparo horizontal, pelo menos uma vez por semana, sempre no mesmo horário e posição. Esta prática tem a finalidade para além da obtenção do analema, de rever com o estudante os conceitos de trajetória, movimento curvilíneo, coordenadas cartesianas, ângulo de incidência, relações trigonométricas do triângulo retângulo, coordenadas geográficas, entre outros aspectos característicos do Movimento Relativo do Sol na esfera celeste.

#### 4.10.5 Lista de Materiais

A lista de materiais que estão apresentados no Quadro 4.4, está disposta para construção do gnômon e da plataforma horizontal. Se houver necessidade, o professor e os estudantes podem se prover de quantidades múltiplas das que estão listadas. Vale ressaltar ainda que, as medidas dos instrumentos podem ser adaptadas de acordo à necessidade.

**Quadro 4.4** – Listagem dos materiais para gnômon

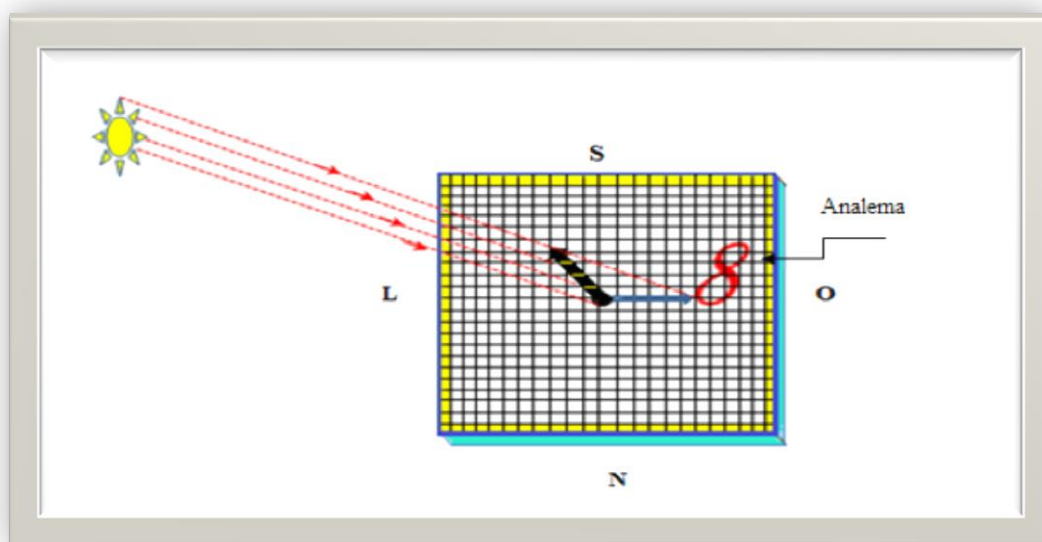
Quantidade	Item
01	Bastão de madeira 15 cm
03	Base de madeirite 40 cm x 40 cm
04	Folhas de papel milimetrado
01	Tubo de cola branca
01	Fita adesiva transparente
01	Folha Fullcontact- 1,0 m
01	Marcador de escrita fina

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4.10.6 Montagem

Inicialmente, medimos a base do gnômon e depois devemos fazer um furo central com mesmo diâmetro na base da plataforma. A seguir, recobrimos a plataforma com papel milimetrado e revestimos com papel adesivo (fullcontact) Podemos dar um acabamento lateral na plataforma revestida com fita adesiva colorida, tipo durex. Após o revestimento introduzimos o gnômon no furo central, tendo o cuidado de colocá-lo perpendicularmente na plataforma. A Figura 4.28 representa essa condição.

**Figura 4.28** – Esquema do gnômon e da plataforma



Fonte: Produzida pelo autor.

Devemos preparar uma tabela contendo os seguintes parâmetros: número da observação, data, horário e coordenadas, como mostra a Figura 4.29, pois com esses dados obtidos e tabulados durante um ano poderemos reproduzir o Analema para determinada latitude, neste caso específico foi-se obtido o gráfico analêmico para latitude de  $14^{\circ}$  – Hemisfério Sul – cidade de Vitória da Conquista na Bahia.

**Figura 4.29** – Estrutura para tabela de dados observacionais

Observação	Data	Horário	Coordenadas	
			x	y

Fonte: Produzida pelo autor.

#### **4.10.7 Metodologia de aplicação**

Após a confecção do gnômon e da plataforma, os mesmos deverão ser posicionados. Para tanto, inicialmente devemos localizar a direção norte-sul conforme descrito na p.67, referente ao posicionamento do relógio de Sol com garrafa pet. Há de considerar que para descrever corretamente o Analema, a plataforma deverá estar posicionada na direção e sentido norte-sul. Daí pode-se começar a fazer as observações do Movimento Relativo do Sol, considerando ainda que a posição de colocação da plataforma com gnômon será sempre a mesma e a leitura das coordenadas deverão ser sempre na mesma hora.

#### **4.10.8 Atividades a serem desenvolvidas**

Nessa atividade serão propostas aos estudantes, questões pertinentes a instrumentação de medidas do tempo, das quais o educando poderá compreender que, em diferentes períodos históricos, o homem criou diferentes mecanismos como, gnômon, relógio de Sol, com intuito de medir o tempo.

As atividades aqui propostas serão mais bem desenvolvidas se os estudantes tiverem conhecimentos sobre a importância da noção de tempo como organizador das atividades humanas para compreender os motivos para a criação dos vários instrumentos utilizados para fracionar e medir o tempo. Além destes aspectos considerados acima, serão feitos exercícios sobre triângulo retângulo que estarão presentes na marcação dos pontos de sombra, bem como, poderá ser abordada a trajetória curvilínea que o Analema assume ao longo dos dias.

Atividade 1 - Pesquisando instrumentos de medir o tempo;

Atividade 2 - Conhecendo os instrumentos de medida do tempo;

Atividade 3 - Pesquisando o funcionamento dos relógios de Sol;

Atividade 4 - Relacionar as funções do triângulo na marcação dos pontos para formação do Analema;

Atividade 5 - A partir dos pontos coordenados, refazer em folha de papel milimetrado a trajetória curvilínea do Analema;

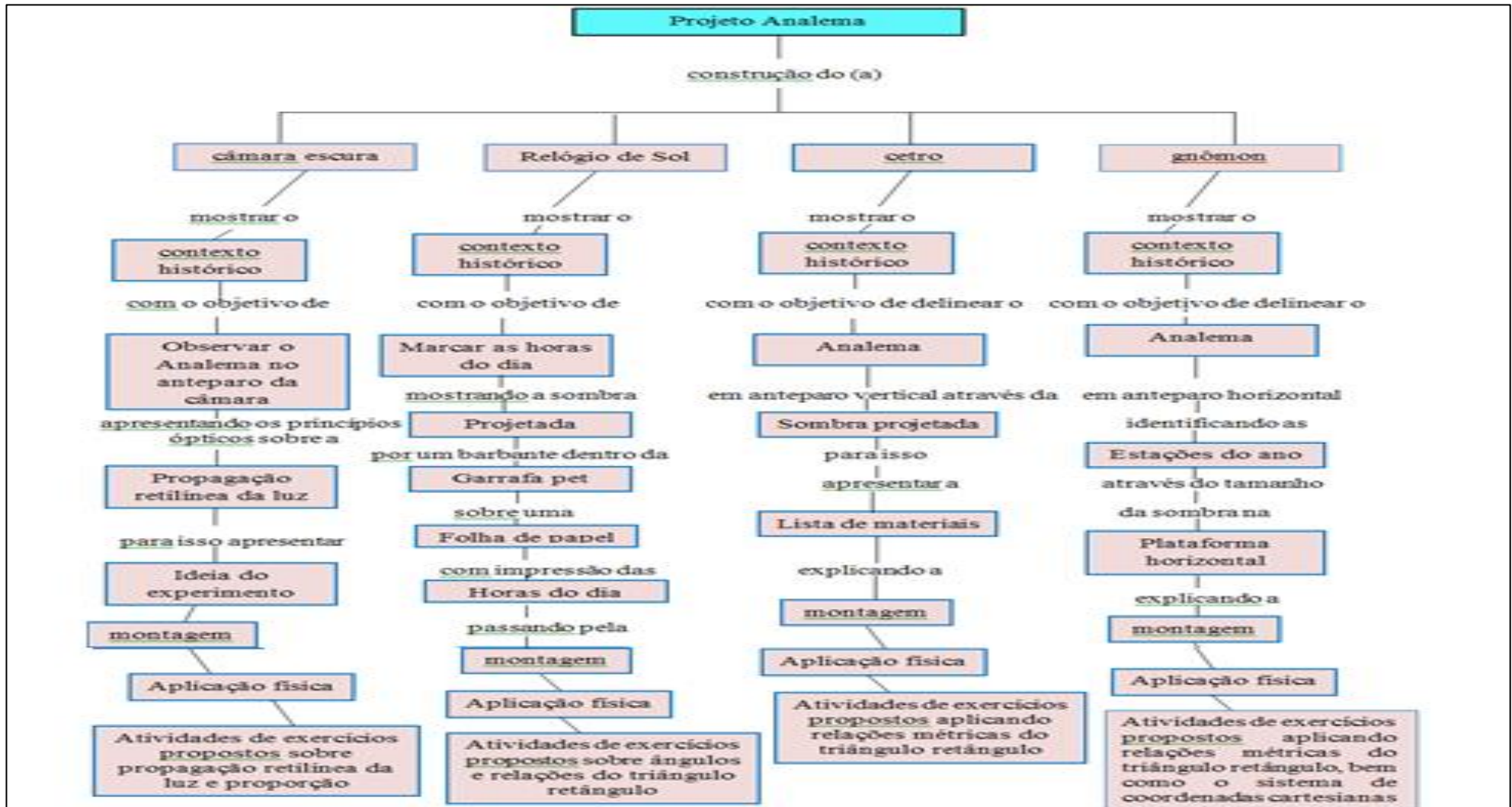
Atividade 6 - Identificar as estações do ano na figura do Analema relacionando-as com o comprimento das sombras;

Atividade 7 - Pesquisar sobre o ponto de inflexão na figura do Analema.

#### **4.11 Esquematização dos instrumentos para observação do Analema**

Tendo em vista, proporcionar uma visão mais geral dos instrumentos para a observação do analema, a Figura 4.30, apresenta um esquema do projeto e sua aplicação aos estudantes, visando relacionar as atividades práticas com os conteúdos trabalhados em sala de aula como, por exemplo, as relações métricas do triângulo retângulo, bem como os fatores históricos associados a cada um dos experimentos.

Figura 4.30 – Esquemática dos instrumentos para observação do Analema



Fonte: Produzido pelo autor.



#### 4.12 Quadro com custos dos materiais

Após apresentados os experimentos propostos para observação do movimento relativo do Sol, passamos a tratar os custos associados aos itens para construção dos instrumentos astronômicos, conforme apresentado na Tabela. 4.5.

**Tabela 4.5 – Custos dos materiais**

<b>Câmara escura</b>		
<b>Quantidade</b>	<b>Item</b>	<b>Valor em R\$</b>
01	Caixa de sapatos ou caixa de encomenda	-
01	Fita adesiva preta	3,50
01	Tesoura	4,00
01	Estilete	2,60
01	Lente de lupa	3,50
01	Papel Vegetal	0,60
01	Cartolina preta	1,60
<b>Valor aproximado dos custos</b>		<b>15,80</b>
<b>Relógio de Sol</b>		
01	Garrafa Pet transparente	-
01	Pedaço de barbante	0,05
01	Folha de ofício	0,10
01	Fita adesiva transparente	3,50
01	Marcador de CD	3,40
01	Folha de isopor – 15 mm	2,00
01	Parafusadeira	56,90
01	Régua de acrílico – 30 cm	2,00
01	Lápis	0,50
01	Régua de madeira	16,90
01	Globo terrestre – opcional	20,00
01	Bastão 50 cm com plataforma horizontal de 40 cmx 40 cm	10,00
01	Cola de isopor	2,50
<b>Valor aproximado dos custos</b>		<b>117,85</b>
<b>Cetro</b>		
01	Bastão de madeira 1,20 m	3,00
03	Folhas de isopor – 15 mm	2,00
08	Folhas de papel milimetrado	1,60
01	Tubo de cola para isopor	2,50
01	Fita adesiva transparente	3,50
01	Folha Fullcontact- 1,50 m	3,50

<b>Gnômon</b>		
<b>Quantidade</b>	<b>Item</b>	<b>Valor em Reais</b>
01	Bastão de madeira 15 cm	0,50
03	Base de madeirite 40 cm x 40 cm	3,50
04	Folhas de papel milimetrado	0,80
01	Tubo de cola branca	2,50
01	Fita adesiva transparente	3,50
01	Folha Fullcontact- 1,0 m	2,50
01	Marcador de escrita fina	3,40
<b>Valor aproximado dos custos</b>		<b>16,70</b>

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4.12.1 Estratégia observacional

Como estratégia observacional, o Projeto Analema pretende aliar a interatividade dos experimentos, para promover a integração entre os estudantes do 1º Ano e do 2º Ano do Ensino Médio do IFBA ao processo educativo. Nesta direção, Pretende-se aprimorar a convivência sadia entre estes estudantes, buscando de forma contínua desenvolver a autonomia participativa, para que ao final do processo investigativo promovido pela experimentação observacional, haja o encorajamento por parte dos educandos, visando desenvolver seus talentos e aptidões.

Para tanto, serão propostas aos educandos ações de experimentação prática voltada para a observação do Movimento Relativo do Sol, a fim de descrever geometricamente o Analema. Como o primeiro instrumento a ser confeccionado é uma câmara escura de foco regulável será interessante fazer uma breve apresentação histórica a respeito deste artefato e suas aplicações.

Neste sentido, os estudantes poderão acessar historicamente os relatos do uso da câmara escura desde a Antiguidade, pelo filósofo grego Aristóteles, que a utilizava para fazer observações astronômicas. Mais tarde, no século XI, o árabe Ibnal-Haitham também fez referência à câmara escura como auxiliar na observação de um eclipse solar. No século XIV, alguns artistas já utilizavam a técnica da câmara escura como auxiliar na produção de desenhos e pinturas. No Renascimento, Leonardo Da Vinci escreveu sobre o mecanismo de captura de imagens. Posteriormente, no século XVII, foi colocado um sistema óptico, a fim de melhorar a qualidade e a captura das imagens.

Em se tratando do relógio de Sol, as estratégias observacionais, partirão também de um levantamento histórico sobre os mesmos, com intuito de mostrar ao estudante que o homem sempre buscou meios de medir o tempo. Para tanto, os relatos históricos apontam que os relógios de sol mais antigos de que se tem notícia em registros arqueológicos são dos obeliscos (construídos em 3500 a.C.) e os relógios de sombra (1500 a.C.), que, respectivamente, eram usados pelos astrônomos antigos do Egito e da Babilônia. Mas é bem provável que os seres humanos estivessem usando o comprimento das sombras para saberem a hora mesmo em tempos mais antigos, apesar dessa hipótese ser de difícil confirmação.

A cerca de 700 a.C, o Velho Testamento descreve um relógio de sol, o “relógio de Ahaz”, que é mencionado em Isaías 38:8 e II Reis 20:9. Vitruvius, o escritor romano, lista uma série de relógios de sol conhecidos naquele tempo. O astrônomo Padovani publicou uma dissertação sobre o relógio de sol em 1570, no qual, ele dava instruções para a construção e posicionamento de um relógio de sol vertical e horizontal. Em 1620, o astrônomo e matemático, Giuseppe Biancani escreveu o seu *Constructio instrumenti ad horologia*, que ensinava as técnicas para a criação de um relógio de sol perfeito. Dentre estas técnicas, destacam-se o uso do cetro e do gnômon para observação do Analema. Estrategicamente, se faz necessário diferenciá-los, de maneira que, enquanto o gnômon faz projeções de sombra em anteparo horizontal, o cetro permite projeções em anteparo vertical. Os dois instrumentos remontam graficamente a mesma figura analêmica. Porém, em se tratando do cetro, ele só permite delinear o Analema, em observações de meio período, enquanto com o gnômon, é possível a qualquer hora do dia, descrever graficamente o Analema.

Após diferenciar estes instrumentos de observação, e de balizá-los historicamente, os estudantes serão estimulados a produzirem o seu próprio instrumento de observação astronômica, munidos de conhecimentos prévios discutidos com o professor que é o orientador das atividades experimentais para observação do Analema.

#### **4.13 Desenvolvimento das oficinas**

Em se tratando das oficinas, devem-se tomar alguns cuidados para que bons resultados sejam alcançados pelos estudantes ao final. Em primeiro lugar,

deve-se considerar que o trabalho de grupo pode ser mais eficiente na construção dos equipamentos para Observação do Movimento Relativo do Sol. Porém, os grupos devem ser pequenos, ou seja, de três a quatro pessoas, para que o trabalho renda em tempo e qualidade.

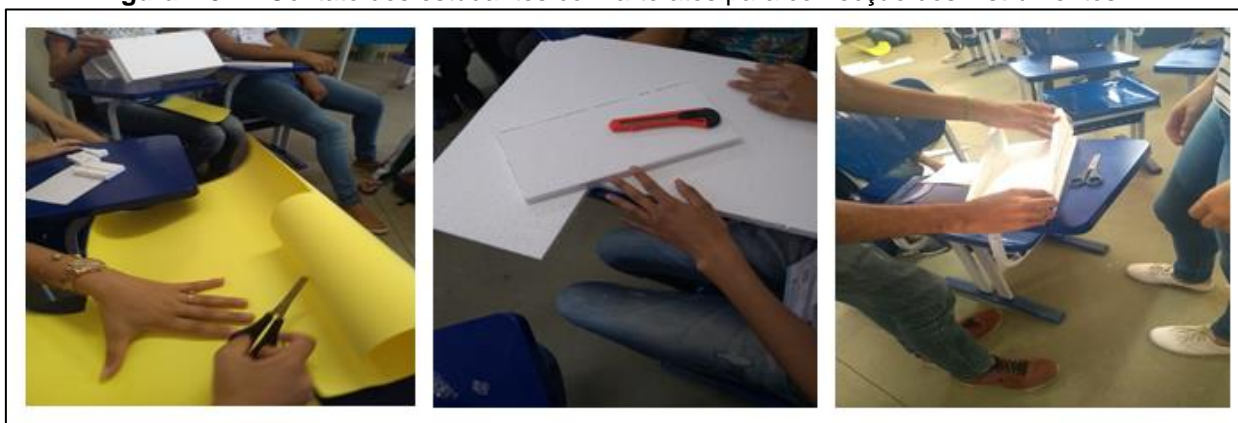
Primeiramente, deve-se fazer um breve relato histórico sobre o experimento que será construído e sua aplicação. De posse dos materiais dispostos sobre uma mesa, os estudantes deverão ser orientados, preferencialmente, com roteiros que mostrem os passos para obtenção do instrumento a ser construído.

Vale ressaltar que, o professor orientador estará próximo para que os estudantes integrantes do grupo se sintam mais seguros em cada etapa.

#### 4.14 Fases da oficina

Após as orientações gerais sobre as atividades propostas na oficina de instrumentação para Observação do Movimento Relativo do Sol, os estudantes terão acesso aos quites de equipamentos necessários para construção dos artefatos de observação, conforme Figura 4.31 que mostra os educandos acessando estes materiais.

**Figura 4.31** – Contato dos estudantes com artefatos para confecção dos instrumentos



Fonte: Acervo do autor.

Após os educandos serem orientados nas etapas que envolvem corte de materiais, perfurações, colagem, uso correto dos instrumentos de medidas, montagem dos equipamentos. Parte-se para uma nova etapa que é a verificação dos instrumentos obtidos com o intuito fazer quaisquer ajustes finos necessários.

Vale ressaltar que todas as etapas para obtenção dos instrumentos estão relatadas no Manual Didático proposto para obtenção do Analema. A Figura 4.32, apresenta o contexto de ajustes necessários após a confecção destes instrumentos experimentais.

**Figura 4.32** – Confecção dos instrumentos experimentais



Fonte: Acervo do autor.

#### 4.15 Desenvolvimento dos produtos

Os produtos desenvolvidos nas oficinas começaram a ser pensados dentro do IFBA em Vitória da Conquista. Os primeiros protótipos dos instrumentos observacionais foram construídos no laboratório de Física com estudantes dos cursos de Informática, Meio Ambiente e Eletromecânica. Para tanto, buscamos alternativas de materiais com menor custo para desenvolver as etapas de obtenção de cada experimento. Uma das fases mais importantes eram escolher adequadamente cada tipo de material que se adequasse bem para as observações do Movimento Relativo do Sol.

Algo muito salutar foi perceber que à medida que nos envolvíamos com os experimentos, começamos a descobrir algumas formas de construí-los e adaptá-los. Podemos relatar, por exemplo, que ao construir uma plataforma para colocação do

bastão (gnômon), percebemos que em função da altura do gnômon, cerca de 40 cm, a sombra do mesmo às 10h40min, que é o horário de intervalo de aulas no IFBA, ultrapassava a plataforma que não tinha largura suficiente para demarcação de sombra do gnômon. Como era a primeira marcação de sombra que faríamos naquele horário, optamos por diminuir o tamanho do gnômon cerca de 5 cm. E recomeçamos as observações nesta nova configuração do bastão.

De forma muito significativa foi observar o desenvolvimento dos produtos nas oficinas propostas, pois como ambiente de descobertas, sentíamos bastante motivados ao vermos os estudantes pensando matematicamente, como construir, por exemplo, uma rampa com inclinação de ângulo igual à latitude local, usando tão somente, transferidor, régua, marcador, estilete e conhecendo as relações trigonométricas do triângulo retângulo. Víamos claramente a satisfação dos estudantes ao conseguirem posicionar o relógio de Sol sobre essa plataforma inclinada.

Posteriormente, ampliamos as oficinas para construção de câmaras escura, relógio de Sol, Gnômon com plataforma de fixação, bem como, elaboração de um projeto usando um cetro para obtenção do Analema em superfície vertical.

Enquanto as etapas de obtenção dos produtos eram feitas nas escolas parceiras, como é o caso da Escola Estadual Padre Palmeira, nas Jornadas de Astronomia (JASTRO) em Vitória da Conquista e Jequié, em feira de ciências como na Escola Estadual Boanovense na cidade de Boa Nova, percebíamos que os produtos ficavam com melhor acabamento e conseqüentemente mais bem ajustado em dimensões e precisão nas medidas.

Por fim, submetemos o Projeto Analema como trabalho de extensão e com isso alcançamos uma maior quantidade de estudantes que participara das oficinas dentro do Projeto. A Figura 4.33, mostra momentos de oficinas no IFBA, feitas com estudantes da Rede Estadual em Vitória da Conquista.

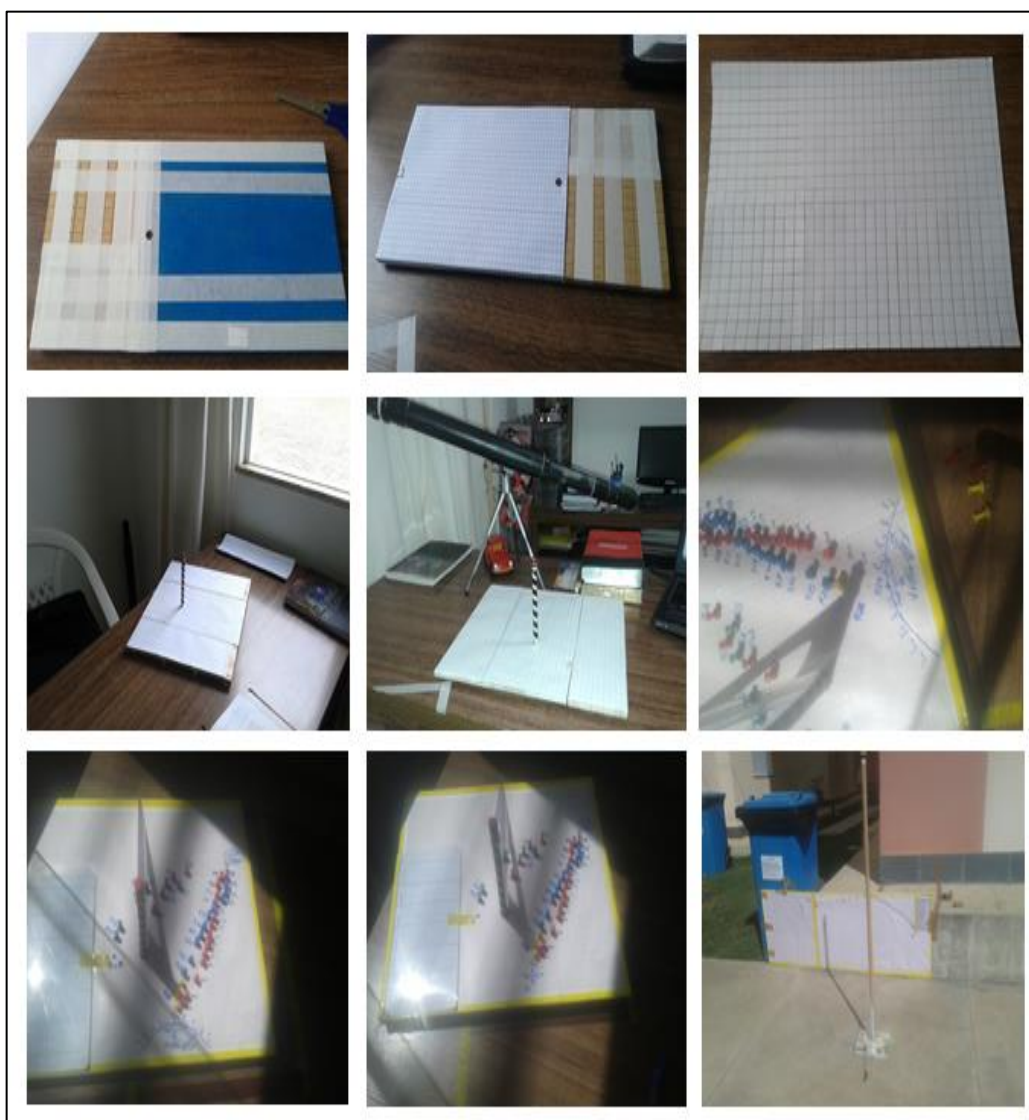
**Figura 4.33 – Momentos de Oficinas no IFBA**

Fonte: Produzido pelo autor.

Vale ressaltar que, em paralelo às atividades de observação no ambiente escolar, desenvolvi os projetos em casa construindo os instrumentos para observações no ambiente residencial, mais precisamente em frente do apartamento e numa sala com janela voltada para o leste. Instalei o gnômon para delinear a trajetória descrita pelo Analema. As etapas de construção dos protótipos em casa

foram fundamentais para dirimir possíveis dúvidas que porventura os estudantes viessem a ter. Neste sentido, busquei aprimorar as técnicas de observação do Analema, de maneira que, as anotações da hora de marcação de sombras do gnômon e registros da coordenadas eram feitas com bastante atenção para não comprometer os resultados futuros de obtenção da figura analêmica. A Figura 4.34 mostra parte das estruturas dos instrumentos desenvolvidos em casa e colocados para observação com resultados bastante significativos.

**Figura 4.34** – Preparação de oficinas em casa e observações feitas no ambiente residencial



Fonte: Produzido pelo autor.



## **CAPÍTULO V – IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO ANALEMA**

O Capítulo 5 se destina a apresentar o cronograma do trabalho executado, bem como mostrar os resultados obtidos com a implementação das oficinas de Astronomia que resultou no Projeto Analema na escola. Visando resgata os conteúdos estudados pelos estudantes nas disciplinas de Física, Matemática, Ciências, História e Geografia, este projeto se propôs a estudar o Movimento Relativo do Sol ao longo de um ano.

### **5.1 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO**

Este Cronograma é uma ferramenta de planejamento e controle das ações, onde estão descritas as atividades executadas durante o período de implementação do Projeto Analema, visando como resultado a obtenção do gráfico analêmico em superfície regular.

#### **5.1.1 Objetivos do cronograma**

- Identificar e organizar a sequência de tarefas para conclusão do Projeto Analema;
- Estabelecer prazos para conclusão das etapas;
- Auxiliar no controle a fim de seguir o planejado;
- Auxiliar no estabelecimento de objetivos e metas;
- Facilitar a estimativa de prazo para a conclusão do Projeto Analema.

Neste sentido a Tabela 5.1, destaca as ações planejadas e desenvolvidas durante o projeto analema, retratando as etapas cumpridas durante os anos de 2016 a 2018, em que são apresentadas semestralmente a revisão de literatura, construção dos instrumentos de observação, registros dos experimentos realizados, aprofundamento teórico, seminários de qualificação, relatório final e defesa do TFC.

**Tabela 5.1 – Cronograma de execução do Projeto Analema**

TAREFAS	PRAZOS																																
	2016			2017									2018									2019											
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev		
Revisão da Literatura	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Construção dos Protótipos				■	■	■	■																										
Registros dos experimentos				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Aprofundamento teórico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Seminários de Qualificação						■								■						■													
Relatório Final																																	■
Defesa do TFC																																	■
Tarefas realizadas	■																																

Fonte: Produzido pelo autor.

Em conformidade com o cronograma apresentado na Tabela 5.1, faremos um resgate das tarefas executadas, para tanto faremos uma breve exposição sobre cada etapa desenvolvida.

## 5.2 REVISÃO DE LITERATURA

Ao começar a revisar os textos que tratam do Movimento Relativo do Sol, a figura emblemática do Analema era apresentada de forma intrigante como uma descrição geométrica da equação do tempo. Nesta perspectiva de entender a relação existente entre o Analema e a contagem do tempo, buscamos aprofundar os estudos sobre esta figura. Ao me deparar com os artigos que tratam do tema, percebe-se que a maioria dos autores escreve com admiração e desafio, buscando explicar o fenômeno analemático. Para Karney (2005) era uma tarefa assustadora projetar, por exemplo, um relógio de Sol com precisão dentro de 30 segundos pelos próximos 250 anos. Para ele, o primeiro passo seria fazer um estudo rigoroso das diferenças ou erros entre o tempo civil e a hora do Sol. Como o fenômeno observado é a trajetória solar, portanto, um fenômeno natural, a palavra erro não seria adequada, pois não se trata de um descuido ou algo parecido, mas um acontecimento físico.

Ao tratar, por exemplo, sobre as componentes da equação do tempo, Karney apresenta o conceito direto de que o nosso tempo deveria se basear na rotação

diária percebida da Terra e em sua órbita anual ao redor do Sol. Além disso, o meio-dia deve ocorrer em média quando o sol está no alto e os equinócios em média ocorrem na mesma data. Como nosso tempo civil está associado inexoravelmente ao conceito de Sol médio e que por definição, gira a uma taxa uniforme ao redor do plano Equatorial, a diferença entre as taxas de rotação uniformes e não uniformes daria origem ao chamado efeito de excentricidade. Já o ângulo entre os planos eclíptico e equatorial daria então origem ao chamado efeito de obliquidade.

Já para Sawyer (1994), há uma ironia interessante no fato da curva analemática ter se tornado uma característica familiar no relógio de sol clássico ao longo do último século e meio, mas raramente foi vista no relógio analemático. Neste artigo, o autor aborda, por exemplo, o desenho de um relógio de sol analemático de tempo-padrão que reforça o parentesco reunindo o mostrador e a curva.

Finalmente, no trabalho de Yeow (2002) o objetivo principal é explicar os fenômenos acima e discutir como a equação do tempo, juntamente com a latitude do observador, afeta as datas nas quais os extremos do nascer e do pôr do sol ocorrem.

### 5.3 CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS

Algo a se considerar na construção dos instrumentos para observação do Movimento Relativo do Sol é que para projeção do analema em superfície regular, necessitaremos de máxima atenção para demarcar as coordenadas cartesianas, principalmente se usarmos papel milimetrado como revestimento de plataforma de fixação da haste (gnômon), pois é de fundamental importância marcar corretamente os pontos coordenados a fim de descrever corretamente o analema sobre a superfície.

Outro fator importante é registrar em tabela os dados observacionais como; o número da observação, a data, a hora e as coordenadas  $x$  e  $y$ , pois com essas informações, é possível plotar o gráfico do analema solar em um programa computacional como o geogebra. A tabulação dos dados permite também, por exemplo, comparar os analemas para as mesmas coordenadas e horários, descritos em anos posteriores e verificar assim a declinação dos mesmos em anos subsequentes. A Figura 5.1 mostra alguns valores lançados como exemplo.

**Figura 5.1** – Dados para observação do Analema

Observação	Data	Horário	Coordenadas	
			x	y
P.01	30-12-2016	09:50	22.5	4.5
P.02	09-01-2017	09:50	23.1	4.9
P.03	06-02-2017	09:50	24.6	6.8
P.04	27-02-2017	09:50	25.6	8.5
P.05	05-03-2017	09:50	26.2	9.3
P.06	19-03-2017	09:50	26.7	10.2
P.07	26-03-2017	09:50	27.0	10.9
P.08	10-04-2017	09:50	27.7	12.4
P.09	13-04-2017	09:50	28.1	13.3
P.10	29-04-2017	09:50	28.5	15.1
P.11	07-05-2017	09:50	29.0	16.3
P.12	01-06-2017	09:50	29.4	17.7

Fonte: Produzido pelo autor.

Deve-se considerar ainda que a construção dos instrumentos de observação no ambiente escolar precisa seguir um roteiro do como fazer e aplicar na experimentação. Por isso ao ministrar oficinas de Astronomia é aconselhável fazer considerações sobre os detalhes da montagem dos experimentos, pois ao fazer as observações os dados devem ser os mais precisos na medida, e isso tem tudo a ver com o ajuste fino dos instrumentos. A Figura 5.2 mostra a preparação de alguns instrumentos para serem aplicados em oficinas ministradas sobre Movimento Relativo do Sol.

**Figura 5.2** – Construção de instrumentos para Observação do Analema



Fonte: Produzido pelo autor.

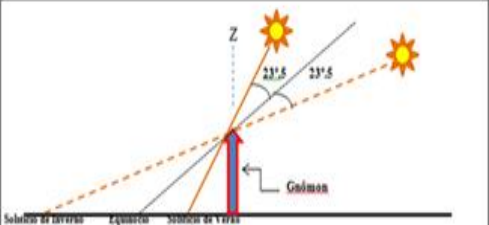
### 5.3.1 As oficinas

As oficinas ministradas sobre o Movimento Relativo do Sol têm como objetivo incentivar os estudantes para relacionar as práticas de observação com os conteúdos trabalhados em sala de aula. Neste íterim, deve-se ressaltar que os grupos formados para construção dos equipamentos para observação astronômica, sentem-se motivados quando realmente cumprem as etapas de desenvolvimento do equipamento.

Inicialmente é abordado o contexto histórico do instrumento que será construído, apresentando a ideia do experimento e o material necessário para confecção do artefato astronômico. Em seguida é apresentado um roteiro para orientação quanto às etapas de obtenção do instrumento. A Figura 5.3 ilustra as etapas no desenvolvimento das oficinas.

**Figura 5.3 – Etapas preparatórias para oficinas**

**Objetivo:**  
Obtenção de sombra projetada em superfície plana para demarcar sempre na mesma posição, horário e dia, um **analema solar**, que é descrito em função do movimento aparente do Sol ao longo de um ano



**Figura 03 – Representação do Gnômon e sombra projetadas ao longo do ano**

**Contexto**  
O Sol por ser o astro mais importante para nós seres humanos, dada à proximidade ideal para que haja vida na Terra, possivelmente recebeu atenção especial dos povos antigos. Esta estrela foi por diversas vezes e por diferentes civilizações, estudada e registrada principalmente com um marcador de tempo reconhecido como **gnômon**, ou simplesmente como relógio de Sol. O **gnômon** (do Grego, *gnomonikos*, "com capacidade de julgar", de *gnomon*, "o que sabe, o que tem discernimento" de *gignoskein*, "conhecer, vir a saber"), nada mais é que uma vareta verticalmente fincada num solo plano e sob a luz do Sol e serviu para os povos antigos interpretar e precisar o movimento solar aparente, através do registro e comparação da variação da sombra ao longo do tempo medido em frações do dia ou de dias na sua claridade.

**Ideia do Experimento**  
Obtenção de um analema solar com o registro de sombra duas vezes por semana sendo dois dias na semana, com projeção de sombra em anteparo horizontal sempre no mesmo horário e posição e dia da semana.

**Montagem**  
Inicialmente deverá ser feito o corte da haste no cano **pxc** de diâmetro 20 mm  $\frac{1}{2}$  que servirá como **gnômon**, o comprimento será de 30 cm preferencialmente. Em seguida deverá ser feito um orifício na base do **madeiraite** para encaixe do **gnômon** numa perpendicular à superfície.  
A seguir, a base deverá ser recoberta com o papel milimetrado e forrada com o plástico adesivo e prendendo o forro da base com fita crepe.  
Finalmente, deve-se dar o acabamento com a fita isolante na haste que servirá como **gnômon**.

**Registro das atividades desenvolvidas**

Estudante	Atividades desenvolvidas
Grupo alfa – IFBA-VC	Obtenção das sombras projetadas do <b>gnômon</b> em plataforma horizontal para formação de analema solar no espaço do anfiteatro do IFBA – VC.

**Ideia do Experimento**  
Obtenção de um analema solar com o registro de sombra duas vezes por semana sendo dois dias na semana, com projeção de sombra em anteparo horizontal sempre no mesmo horário e posição e dia da semana.

**Tabela do Material**

Item	Comentário
30cm de cano de <b>pxc</b> 20mm $\frac{1}{2}$	Para confecção do <b>gnômon</b> , que uma haste fincada em plano perpendicular
Madeiraite 70 cm X 70cm	Base ou plano de apoio para o <b>gnômon</b>
Par de esquadros	Para delimitação do <b>gnômon</b> em 90° com a superfície
Papel milimetrado	Forro da base e para medir coordenadas dos pontos demarcados da sombra projetada
Plástico adesivo	Recobrir o papel milimetrado para proteção
Fita crepe	Prende o papel milimetrado à base do <b>gnômon</b>
Tesoura	Cortar fita crepe e papel milimetrado
Fita isolante	Dar acabamento ao <b>gnômon</b>

Fonte: Produzido pelo autor.

Após a apresentação geral sobre os equipamentos que serão produzidos pelos estudantes, a próxima etapa é a entrega dos materiais aos mesmos para que haja uma familiarização com a atividade proposta. Os materiais são dispostos sobre uma mesa, para em seguida serem utilizados de forma adequada.

Na oficina para confecção do painel de observação da sombra projetada pelo cetro, deve-se está à disposição dos estudantes os seguintes materiais: papel milimetrado, fita adesiva de cor amarela, por sugestão, ou de outra cor qualquer, fita adesiva transparente, folha de ofício para confecção da tabela de anotações das coordenadas dos pontos de sombra, lápis, caneta, régua, esquadro, folha de plástico adesivo transparente, caixa de lápis de cera, folha de isopor com 50 cm de comprimento e espessura de 15 mma 20 mm, adesivos circulares dourados ou

prateados, na falta dos mesmos, pode ser usado tachas percevejos, marcador de CD com escrita fina, pode ser na cor azul ou preta, tesoura, papelão de comprimento 50 cm para revestimento externo do painel, finalmente, para a confecção do cetro, deve-se dispor de uma haste de madeira, tipo cabo de vassoura em que não se perceba deformações no mesmo. Para a base do cetro, pode ser colocada uma plataforma de madeirite, por exemplo, uma caixinha de porta objetos com um furo central que caiba a haste para fixá-la de forma perpendicular. Vale ressaltar que o painel deverá estar revestido com o papel milimetrado e preferencialmente plastificado.

Para a oficina de confecção do gnômon com plataforma de fixação, os materiais são semelhantes aos dispostos na confecção do painel de observação das sombras projetadas pelo cetro, contudo sugere-se que para a disposição da plataforma horizontal, tenha-se em mãos uma tábua de madeirite de 40 cm x 40 cm e deverá estar revestida com o papel milimetrado, com furo central para encaixe do gnômon (vareta). Este por sua vez, deve ter um comprimento de aproximadamente 14 cm e sua espessura não mais que de uma caneta comum. Após a confecção dos instrumentos, deve-se mostrar que o conjunto gnômon - plataforma precisam estar alinhados na direção norte – sul, para que se verifique o trânsito relativo do Sol nesta direção, mostrando assim ao final de um ano a figura analêmica.

Em se tratando da oficina de câmara escura com foco regulável, os materiais para a sua confecção devem estar assim dispostos: uma caixa pequena, tipo de encomenda para os correios, uma cartolina preta, uma lente de lupa, cola de silicone em bastão, uma folha de papel vegetal, uma fita adesiva, uma tesoura, um estilete, cola branca. De posse desse material, os estudantes devem fazer um pequeno tubo com a cartolina tendo 15 cm de profundidade e deverá ser introduzido no furo central da Câmara. Em seguida fixará a lupa em uma das extremidades do tubo. Já a caixa de encomendas, deverá ser feita um furo central de diâmetro igual ao do tubo de foco. No outro extremo da caixa será feito um corte retangular que deverá ser recoberto com o papel vegetal. Desta forma estará pronta a estrutura da câmara escura. O passo seguinte é colocá-la numa plataforma e começar a se divertir nas oficinas, com as imagens invertidas produzidas pela câmara escura.

Por último, destacamos a confecção do relógio de Sol, usando tão somente os seguintes materiais: uma garrafa pet, um rolo de barbante, uma folha de ofício onde serão demarcadas as horas entre 6:00 e 18:00, uma caneta comum, um

marcador de CD, régua, uma folha de isopor com espessura de 15 mm, fita adesiva colorida, uma cartolina com folha tipo cartão, uma tesoura escolar, um estilete, régua, transferidor, um compasso, uma haste de aproximadamente 1,00 m. A folha de ofício será o mostrador das horas e terá 10 cm de largura revestido o centro da garrafa pet, de forma que o mostrador fique voltado para a garrafa. Em seguida será feita uma rampa com inclinação igual ao da latitude local, onde a garrafa ficará disposta e voltada para o Sul, desta maneira a sombra do barbante esticado dentro dela será projetada sobre o mostrador das horas, indicando assim exatamente as horas naquele momento. A haste de um metro servirá como gnômon para demarcação dos pontos cardeais onde o relógio será colocado na direção norte-sul.

#### 5.4 REGISTRO DOS EXPERIMENTOS

Esta fase certamente é uma das mais significativas, pois a partir de um ponto fixo onde será colocado o gnômon serão feitos os registros das sombras, sempre no mesmo horário e num intervalo de tempo igual a uma semana por vez de cada mês por doze meses. Ou seja, quatro registros mensais ou quarenta e oito semanas de observação em um ano. Um ponto importante é que podem ser feitos os registros das sombras mais de uma vez por semana se o observador achar mais conveniente para a obtenção do analema.

A seguir estão apresentados os resultados das observações sistemáticas do Movimento Relativo do Sol feitas por mim no ambiente externo à escola, mais precisamente no ambiente próximo à minha casa, no intervalo de um ano.

Usando um gnômom (vareta) de 14 cm, colocado perpendicularmente em uma plataforma de 31 cm x 37 cm, verifiquei que o tamanho da sombra da vara, causada pela luz solar, variava ao longo do ano, sempre no mesmo horário e posição. Comecei as observações do movimento aparente do Sol no dia 22 de dezembro de 2016, exatamente às 9h50min e ao fazer a medida da sombra projetada na plataforma, percebi que o comprimento da sombra era de aproximadamente 7,0 cm na posição que nomeei de  $P_{inicial}$ . Foi muito interessante notar que medindo o comprimento da sombra sempre naquele horário em dias diferentes entre os meses de dezembro de 2016 e junho de 2017, foi notório o aumento progressivo desta mesma sombra, ao ponto máximo  $P_{14}$  de 16,5 cm no dia 21 de junho de 2017, para em seguida começar declinar o tamanho da sombra da





abril de 2017. A seguir são apresentados os valores tabulados referentes aos pontos coordenados demarcados sobre a plataforma do gnômon, a fim de obter o analema na latitude de  $14^\circ$  que é o da cidade de Vitória da Conquista. A Tabela 5.2 mostra como estão organizados os dados obtidos nas observações referentes ao Movimento Relativo do Sol, entre os meses de dezembro de 2016 e dezembro de 2017.

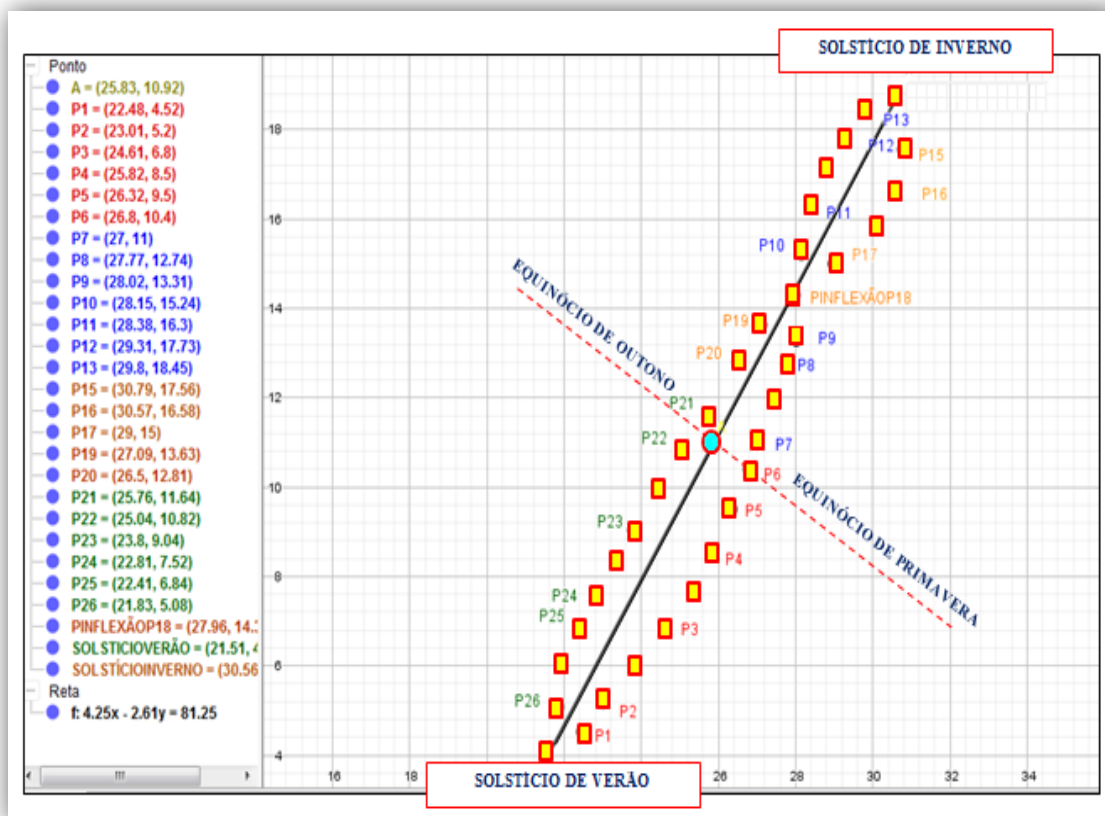
**Tabela 5.2** – Registros das coordenadas de marcação do analema com gnômon

Observação	Data	Horário	Coordenadas	
			X	Y
P.01	30-12-2016	09:50	22.5	4.5
P.02	09-01-2017	09:50	23.1	4.9
P.03	06-02-2017	09:50	24.6	6.8
P.04	27-02-2017	09:50	25.6	8.5
P.05	05-03-2017	09:50	26.2	9.3
P.06	19-03-2017	09:50	26.7	10.2
P.07	26-03-2017	09:50	27.0	10.9
P.08	10-04-2017	09:50	27.7	12.4
P.09	13-04-2017	09:50	28.1	13.3
P.10	29-04-2017	09:50	28.5	15.1
P.11	07-05-2017	09:50	29.0	16.3
P.12	01-06-2017	09:50	29.4	17.7
P.13	08-06-2017	09:50	29.9	18.5
P.14	25-06-2017	09:50	30.5	18.3
P.15	12-07-2017	09:50	30.6	17.4
P.16	18-07-2017	09:50	30.3	16.5
P.17	04-08-2017	09:50	29.8	15.8
P.18	15-08-2017	09:50	28.0	14.3
P.19	25-08-2017	09:50	27.1	13.6
P.20	30-08-2017	09:50	26.5	12,8
P.21	06-09-2017	09:50	25.8	11.7
P.22	23-09-2017	09:50	25.04	10.8
P.23	15-10-2017	09:50	23.8	9.04
P.24	30-10-2017	09:50	22.8	7.52
P.25	04-11-2017	09:50	22.4	6.84
P.26	10-12-2017	09:50	21.8	5.08
P.27	22-12-2017	09:50	21.5	4.00
P.28	30-12-2017	09:50	22.5	4.5
P.26	10-12-2017	09:50	21.8	5.08

Fonte: Produzido pelo autor.

Quanto à obtenção do gráfico que mostra os pontos coordenados referente ao analema proposto utilizando o gnômon, foi usada como ferramenta computacional o programa geogebra. O mesmo permite a partir dos pontos coordenados delinear a trajetória relativa do Sol obtido na observação experimental ao longo do ano de 2017. A seguir apresentamos os resultados obtidos graficamente na Figura 5.5.

Figura 5.5 – Gráfico do analema – gnômon – em casa – Horário: 09:50



Fonte: Produzido pelo autor.

Na Tabela 5.3 a seguir são apresentados os valores referentes aos pontos coordenados demarcados sobre um painel vertical, a fim de obter o analema na latitude de  $14^{\circ}$  - cidade de Vitória da Conquista.

Tabela 5.3 – Registros das coordenadas de marcação do analema com cetro

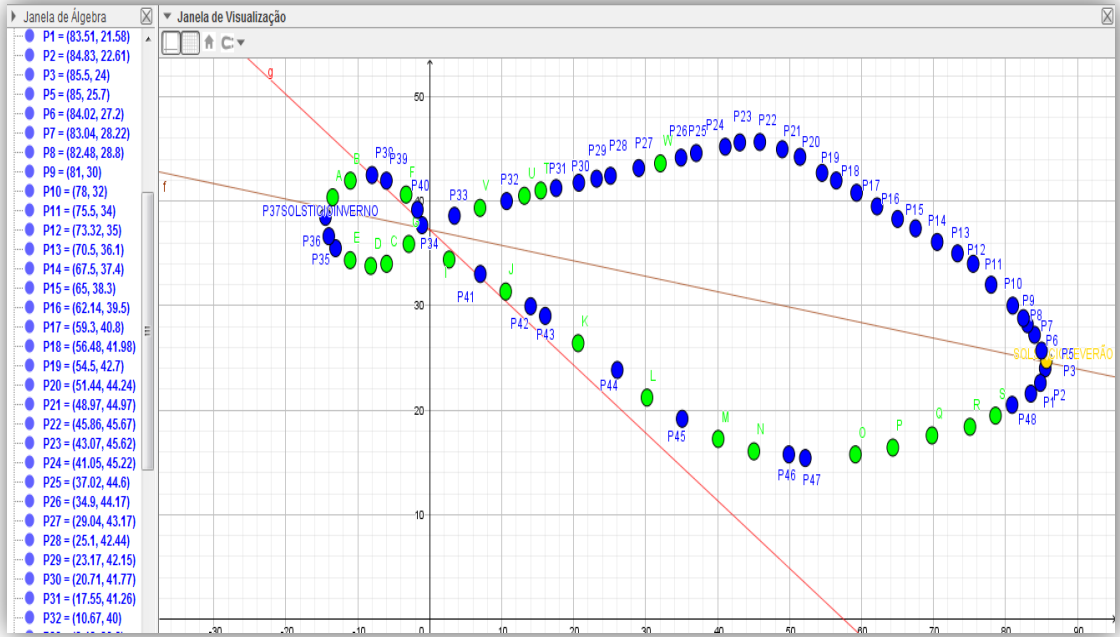
Observação	Data	Horário	Coordenadas		Comentários
			X	Y	
P.01	11-12-2016	09:01	84.51	21.58	Céu limpo
P.02	13-12-2016	09:01	84,83	22.61	Céu limpo
P.03	17-12-2016	09:01	85.50	24.00	Céu limpo
P.04	22-12-2016	09:01	85.68	24.80	Solstício de verão Céu limpo
P.05	25-12-2016	09:01	85.00	25.70	Céu limpo
P.06	28-12-2016	09:01	84.02	27.20	Céu limpo
P.07	30-12-2016	09:01	83.04	28.22	Céu limpo
P.08	02-01-2017	09:01	82.48	28.80	Céu limpo
P.09	05-01-2017	09:01	81.00	30.00	Céu limpo
P.10	10-01-2017	09:01	78.00	32.00	Céu Nublado
P.11	15-01-2017	09:01	75.5	34.00	Céu limpo
P.12	20-01-2017	09:01	73.32	35.00	Céu Nublado
P.13	25-01-2017	09:01	70.50	36.10	Céu limpo
P.14	30-01-2017	09:01	67.5	37.40	Céu limpo
P.15	04-02-2017	09:01	65.00	38.30	Céu limpo

P.16	06-02-2017	09:01	62.14	39.50	Céu limpo
P.17	13-02-2017	09:01	59.3	40.80	Céu limpo
P.18	20-02-2017	09:01	56.48	41.98	Céu Nublado
P.19	27-02-2017	09:01	54.50	42.70	Céu limpo
P.20	06-03-2017	09:01	51.44	44.24	Céu limpo
P.21	13-03-2017	09:01	48.97	44.97	Céu limpo
P.22	18-03-2017	09:01	45.86	45.67	Céu limpo
P.23	19-03-2017	09:01	43.07	45.62	Céu Nublado
P.24	20-03-2017	09:01	41.05	45.22	Céu Nublado
P.25	26-03-2017	09:01	37.02	44.60	Céu limpo
P.26	28-03-2017	09:01	34.90	44.17	Céu limpo
P.27	04-04-2017	09:01	29.04	43.17	Céu Nublado
P.28	09-04-2017	09:01	25.10	42.44	Céu Nublado
P.29	10-04-2017	09:01	23.17	42.15	Céu Nublado
P.30	13-04-2017	09:01	20.71	41.77	Céu Nublado
P.31	17-04-2017	09:01	17.55	41.26	Céu Nublado
P.32	29-04-2017	09:01	10.67	40.00	Céu limpo
P.33	07-05-2017	09:01	3.42	38.60	Céu Nublado
P.34	11-05-2017	09:01	-1.00	37.70	Céu limpo
P.35	31-05-2017	09:01	-13.10	35.50	Céu Nublado
P.36	11-06-2017	09:01	-14.03	36.64	Céu Nublado
P.37	20-06-2017	09:01	-14.50	38.50	Solstício de inverno
P.38	12-07-2017	09:01	-8.03	42.50	Céu Nublado
P.39	18-07-2017	09:01	-6.03	41.97	Céu limpo
P.40	01-08-2017	09:01	-1.72	39.19	Céu limpo
P.41	16-08-2017	09:01	7.02	33.03	Céu limpo
P.42	23-08-2017	09:01	14.01	29.95	Céu limpo
P.43	29-08-2017	09:01	16.04	29.02	Céu limpo
P.44	11-09-2017	09:01	26.05	23.85	Céu limpo
P.45	24-09-2017	09:01	35.07	19.17	Céu limpo
P.46	11-10-2017	09:01	49.89	15.76	Céu limpo
P.47	16-10-2017	09:01	52.17	15.41	Céu limpo
P.48	29-11-2017	09:01	80.91	20.50	Céu limpo

Fonte: Produzido pelo autor.

Para a obtenção do gráfico mostrando os pontos coordenados referente ao analema proposto utilizando o cetro, foi usada como ferramenta computacional o programa geogebra. O mesmo permite a partir dos pontos coordenados delinear a trajetória relativa do Sol obtido na observação experimental ao longo do ano de 2017. A seguir apresentamos os resultados obtidos graficamente na Figura 5.6.

Figura 5.6 – Analema – cetros – em casa – Horário: 09:01



Fonte: Produzido pelo autor.

## CAPÍTULO VI – ANÁLISES E CONCLUSÕES

O capítulo 6 irá tratar das análises e conclusões na aplicação das atividades desenvolvidas no Projeto Analema, no Campus IFBA – Vitória da Conquista, Campus IFBA – Jequié, bem como, na Escola Estadual Padre Luiz Soares Palmeira em Vitória da Conquista e na Escola Estadual Boanovense em Boa Nova, Bahia. Ainda neste capítulo apresentaremos as narrativas dos estudantes envolvidos nas oficinas de Astronomia, bem como, faremos uma análise qualitativa dos resultados advindos da construção e aplicação dos instrumentos de Observação do Movimento Relativo do Sol, que tem por finalidade delinear o Analema solar.

### 6.1 A PROPOSTA

No segundo semestre de 2016, foi apresentado aos estudantes dos primeiros anos dos cursos integrados de Informática, Meio Ambiente, Eletrônica e Eletromecânica, a proposta de mapearmos a trajetória descrita pelo Sol na esfera celeste, tão somente utilizando instrumentos rudimentares para observação do Movimento Relativo do Sol, mas de grande eficiência para este propósito.

Na apresentação da proposta, foi discutida com os estudantes no auditório do IFBA, a possibilidade de construção e aplicação dos instrumentos observacionais que serão descritos a seguir: um gnômon com plataforma recoberta com papel milimetrado, tendo como finalidade, mapear a trajetória analítica ou vetorial da sombra projetada por ele numa superfície regular e que por um ano de observações sempre no mesmo horário e posição mostraria uma trajetória muito intrigante em forma de oito, chamada Analema. A confecção de um cetro com altura de 1,20 m, também foi apresentado aos estudantes como um instrumento que poderia projetar sua sombra em anteparo vertical, permitindo assim, delinear também o analema.

Este Analema por sua vez, permite, por exemplo, identificarmos as estações do ano, tão somente verificando o tamanho da sombra e a posição da mesma sobre a plataforma. Pode-se verificar que para a menor medida da sombra, aproximadamente, no dia 22 de dezembro, identifica-se o solstício de verão, enquanto que para a maior medida desta sombra, que ocorre por ocasião do dia 22 do mês junho, verifica-se o solstício de inverno, é espantoso observar que na

metade do eixo analêmico a sombra marca a entrada do equinócio de outono por volta de 22 de março e o equinócio de primavera em torno de 22 de setembro. Deve-se considerar que estas observações para estas datas, foram feitas no hemisfério sul, latitude  $14^{\circ}$  em Vitória da Conquista.

Como as atividades do Projeto Analema para observações dependem de um ano de descrição da trajetória relativa do Sol na esfera celestrial, as práticas experimentais no ambiente escolar estariam limitadas pelas férias do meio de ano, digo, metade de julho e entrada de agosto, com também, a partir de 21 de dezembro até ao final de janeiro. Ainda devemos considerar as paralisações ocorridas por motivos diversos, que limitaram os dias de marcações das sombras projetadas pelo gnômon. Contudo, essas condições relatadas não foram impeditivas para implementação do projeto, pois foram totalmente factíveis as ministrações de oficinas voltadas para este fim.

Diante dessas características no calendário acadêmico apresentadas acima, buscamos alternativas viáveis para obtermos as observações analêmicas. Propusemos aos estudantes que fizessem de forma espontânea as observações no ambiente de suas casas. Como também, o fiz no meu ambiente residencial. Vale ressaltar que obtive resultados vultosos de observações, pois, além da construção do analema, pude me cercar de atividades matemáticas de congruência de ângulos, distâncias relativas, relações existentes no triângulo retângulo, como hipotenusa, catetos, tangente, e o mais impressionante foi verificar neste trabalho de observação da trajetória relativa do Sol a proporção áurea na figura do analema descrito.

Passaremos agora a tratar dos objetivos que cercam o Projeto Analema.

## 6.2 DOS OBJETIVOS

Como foi abordado no capítulo 1, sabe-se que uma parte dos estudantes brasileiros apresenta uma defasagem de conhecimento escolar significativa, que pode repercutir em sua vida pessoal, caso não sejam feitas intervenções educativas pontuais de forma mais contundente. Por isso, relacionar a teoria à prática é uma maneira pela qual o educando pode ver em sua realidade um aspecto científico demonstrável e de significado prático.

Neste sentido, este trabalho visa oferecer aos professores e demais comunidade acadêmica, múltiplos recursos pedagógicos de baixo custo, para aplicar

em atividades práticas conforme sugere os Parâmetros Curriculares Nacionais. Desta forma, este trabalho apresenta como objetivo geral uma proposta de inserção de atividades práticas de observação do Movimento Relativo do Sol na educação básica, tendo em vista que a instrumentalidade de observação astronômica está repleta de conhecimentos necessários de Matemática básica, de Física, História, Geografia, dentre outras disciplinas estudadas em sala de aula e que podem munir o estudante de conexões interdisciplinares entre as práticas observacionais e a construção de instrumentos de observação, com os vários componentes curriculares pertencentes à formação acadêmica do estudante.

Quanto aos objetivos específicos, buscamos dentro do projeto: *observar* o Movimento Relativo do Sol utilizando, gnômon e um cetro, ambos instrumentos permitem *reproduzir* o analema solar ao longo de um ano e podem *relacionar*, por exemplo, o analema descrito, com as estações do ano. Desta forma pode-se *integrar* o estudo da Astronomia com a dinâmica estudada em Física; plano cartesiano, ângulos, expressões algébricas e coordenadas polares estudadas na Matemática; construção de instrumentos de observação estudados em Ciências, coordenadas geográficas estudadas na disciplina de Geografia, bem como, a história dos primeiros instrumentos de medida do tempo feitos pelo homem e ensinados na disciplina de História. Neste sentido, são propostas as realizações de oficinas voltadas aos estudantes, cujo objetivo é introduzir uma prática de realização de observações de fenômenos astronômicos e relacioná-los com os conteúdos vistos na escola, enquanto que, para os professores o objetivo é *desenvolver* um manual didático para a implementação das atividades observacionais.

### 6.3 RESULTADOS QUALITATIVOS APRESENTADOS

Inicialmente abordaremos sobre os resultados obtidos numa perspectiva de depoimento pessoal sobre o Movimento Relativo do Sol, em que as observações foram feitas no ambiente residencial, bem como nas instalações do IFBA e demais escolas participantes das oficinas. Vale ressaltar que essas observações e demarcações de sombras projetadas pelo gnômon ocorreram ao longo de um ano.



### 6.3.1 Depoimentos

Quanto ao depoimento dos estudantes que participaram efetivamente no Projeto Analema, a Figura 6.1 apresenta alguns relatos dos mesmos, mostrando de que forma a participação nas atividades propostas no Projeto Analema lhe acrescentaram conhecimentos para a vida acadêmica e pessoal.

**Figura 6.1** – Depoimentos de estudantes acerca do Projeto Analema

Meu nome é Leticia de Oliveira Gomes, tenho 17 anos e atualmente curso o 3º ano do Ensino Médio Integrado ao curso Técnico em Informática, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Vitória da Conquista. Foi no Instituto que conheci o professor Marcos Ferreira.

Minha inserção no projeto de Observação ao Movimento Relativo do Sol se deu quando relatei ao professor meu interesse em astronomia e, então, ele me contou que desenvolveria um projeto na área. Logo depois, o mesmo foi apresentado aos alunos para que os interessados pudessem participar, e eu, prontamente, aceitei o convite (nessa época estava no 2º ano). Durante um ano, desenvolvemos a observação que consistia em marcar os pontos nos quais a sombra das hastas do staff (instrumento que marca a posição da sôbra na vertical) e do gnômon (ferramenta que aponta a sombra no plano horizontal), a partir da incidência do sol sobre elas, indicavam no papel quadriculado que se encontrava na base dos mesmos, juntamente à retirada de uma foto dessas posições. Para além disso, fazíamos o registro, também por meio de fotos, da posição do sol por meio de uma câmara escura de orifício, logo pela manhã. As marcações eram feitas nos horários de 07:04, da segunda-feira, para o staff, e para o gnômon às 10:30 e 12:30, nas segundas e quartas-feiras, tudo em local aberto e onde as sombras de outros objetos não pudessem atrapalhar. Essa atividade começou por volta do início de março de 2017, encerrando-se no ano posterior.

Como participante desse projeto, obtive a oportunidade de divulgar este conhecimento a alunos de uma outra escola pública de minha cidade e na VII Jornada de Astronomia de Vitória da Conquista – Jastro 2017, a partir da apresentação de um pôster, o que me permitiu atuar tanto no contato com a difusão do conhecimento científico, como no desenvolvimento de minha oratória. Foi uma experiência enriquecedora. Para além

Por fim, reafirmo as grandes contribuições que o projeto proporcionou em minha formação discente e humana (ao desenvolver um olhar mais consciente sobre a realidade ao redor), e agradeço ao professor Marcos Ferreira por ter proporcionado esse contato duradouro com a astronomia, bem como com uma experiência enriquecedora.

*Leticia de Oliveira Gomes*

---

Assinatura

### **RELATÓRIO TÉCNICAS DE OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO APARENTE DO SOL – Wesley Rocha**

Nesse projeto realizamos marcações periodicamente do movimento do sol durante um ano que ao final de tudo formou-se uma figura com a forma do analema (Se assemelha ao símbolo do infinito). Para realizar as mesmas, foi necessário instrumentos que foram construídos coletivamente e na maioria das vezes com material reciclável, por exemplo a câmera escura. O programa foi expandido para uma das turmas do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Padre Luiz Soares Palmeira em que a maioria se interessou no projeto, dessa forma, efetivamos uma oficina na confecção dos instrumentos e na determinação dos locais onde serão feitas as marcações. Por fim, ampliamos o projeto ao meio virtual utilizando o mesmo no programa “Stellarium”, assim conseguimos observar melhor o movimento do Sol, sem precisar realizar essas marcações durante determinado período de tempo. Creio que esse projeto foi importante para minha vida acadêmica, pois não apenas conhecimento foi adquirido, mas também, valores como coletividade.

### **RELATÓRIO TÉCNICAS DE OBSERVAÇÃO DO MOVIMENTO APARENTE DO SOL – Gabriel Ferraz**

O projeto técnicas de observação do movimento do sol teve o intuito de documentar e mapear a trajetória do sol, ao longo do projeto pudemos observar diversos fatores interessantes no projeto, como a construção dos equipamentos o mapeamento, a execução deste projeto em outra escola, para a minha formação este projeto teve grande importância, pois trouxe elementos importantes em conhecimento e aprendizagem em geral, conseguimos desenvolver e ampliar o projeto para um programa de realidade aumentada que possibilitou e facilitou a visualização do mapeamento do sol em meio computacional, irei continuar trabalhando nesse programa pois este demonstrou resultados significativos para os nossos estudos, espero que outros alunos conheçam esse programa e usufruam dele. Durante o ano, o mapeamento sofreu algumas interferências, pois dependemos do sol, e quando o dia estava nublado nos impossibilitava de realizar a marcação, assim como fatores corriqueiros, fomos a outra escola e ensinamos aos alunos como iniciar tal mapeamento, eles demonstraram interesse e aderiram com facilidade ao projeto acredito que vão continuar executando o mapeamento, este projeto foi de extrema importância para a minha formação, não só acadêmica mas sim formação de vivência pois me ensinou além do conhecimento específico do projeto, mas ensino de liderança, de reunião de discussão, é indubitável a significância deste projeto na minha vida.

Fonte: Acervo do autor.

## 6.4 QUADRO SÍNTESE DAS AÇÕES

Nesta etapa, apresentamos o Quadro 6.1 com a síntese das ações voltadas para realização das oficinas de Astronomia no espaço escolar. Considerando ainda que todas as atividades propostas tiveram ampla participação dos estudantes, mesmo de forma flutuante, pois muitos deles estavam envolvidos em outros projetos dentro da escola e isso implicava em melhor organizar os momentos de estudos, sem ter que sacrificar alguns desses projetos. Contudo a resposta à participação nas oficinas e nas marcações de sombras do gnômon foi satisfatória.

**Quadro 6.1** – Síntese das ações no projeto Analema

Início e atividades propostas	Término e conclusão das atividades
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 02-02-2017 - Apresentação do Projeto Analema aos estudantes 1º ano de Informática, 1º de Eletromecânica, 1º Meio Ambiente e 1º de Eletrônica;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 02-02-2017 - Apresentação do Projeto Analema aos estudantes, concluída;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 03-02-2017 a 08-02-2017 - Introdução aos conceitos de Astronomia;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 08-02-2017 - Inserção dos conceitos de Astronomia;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 14-02-2017 - Exibição do filme "Apolo 13";</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 14-02-2017 - Exibição do filme "Apolo 13" concluída com momento de perguntas feitas pelos estudantes e discutidas com o professor;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 14-02-2017 Oficina 01 - Construção de Plataforma para <u>gnômon</u> e bastão;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 14-02-2017 - Concluídas as oficinas 01 e 02;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 14-02-2017 - Oficina 02 -Início das marcações;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 20-03-2017 - Conclusão das oficinas 04 e 05;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 17-02-2017 - Oficina 03 - Determinação dos pontos cardiais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 18-05-17 - Apresentação de <u>baner</u> na VII <u>Jastro</u> - 2017;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 09-03-2017 - Oficina 04 - Graduação de Painel para determinação do Analema Vertical;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 09-09-2017 - Seleção de monitor concluída;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 15 a 20-03-2017 - Oficina 05 - Construção de Câmara escura com regulagem de foco;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 07-10-2017 - Apresentação de <u>baner</u> na XX Semana de Física - UEFS;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 17 a 19-05-2017 - VII <u>Jastro</u> - 2017;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 21-12-2017 - Finalização das marcações de sombras do <u>gnômon</u> e <u>centro</u> antes das férias escolares;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 06-09-2017 - Seleção de Monitoria para Projeto <u>Analema</u>;</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 06-10-2017 - XX Semana de Física - UEFS</li> </ul>	

Fonte: Produzido pelo autor.

## 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após este tempo de estudos voltados para a pesquisa que busca retratar o Movimento Relativo do Sol, esperamos que este trabalho proporcione aos professores e estudantes, aulas prazerosas e comunicativas com foco na experimentação, e que todos envolvidos neste projeto tenham uma maior compreensão dos fenômenos físicos que nos cercam. Sobre tudo, aquele que retrata o Analema Solar descrito, através da sombra projetada por um cetro em uma superfície horizontal ou vertical, ao longo de um ano e observado sempre da mesma posição e horário. Vale ressaltar que o Manual Didático para Observação do Analema, permitirá também, a construção de uma câmara escura de foco regulável, bem como, a confecção de um relógio de Sol, dos quais os estudantes poderão mapear também a trajetória do Sol em uma superfície ao longo do ano.

Com este trabalho esperamos ainda que os professores e estudantes possam usar os mais variados conceitos físicos, matemáticos, astronômicos, geográficos e históricos no estudo do Analema, e que ao final de um ano de observações, todos os envolvidos na investigação do Movimento Relativo do Sol possam identificar, por exemplo, os solstícios de verão e inverno, os equinócios de outono e primavera e toda sua beleza descrita na figura do Analema.

Para tanto, se faz necessária uma reflexão sobre os pilares em que a educação se insere no seio da sociedade. Estes pilares estruturantes são identificados em aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser, conforme está registrado nos Parâmetros Curriculares Nacionais. Se por um lado, o estudante é participante de forma ativa das atividades teóricas, é bem verdade que o mesmo deve participar também de atividades que envolvam a experimentação, de maneira que ao aprender a conhecer os fenômenos naturais que acontecem em torno de si, ele se organize melhor para elaborar suas atividades diárias. De forma geral o educando poderá contribuir de forma significativa para auxiliar outras pessoas, com o objetivo de responder melhor as demandas apresentadas dentro de um contexto social.

Neste sentido, nos debruçamos sobre os comentários de vários teóricos que pensam a inserção do estudo da Astronomia na educação escolar para além da teoria, desafiando sempre aos educadores a usarem as práticas experimentais no contexto educacional. Dessa forma, a proposta deste trabalho de mapeamento da

trajetória Relativa do Sol se apresenta como uma ferramenta científica capaz de prover ao educando, situações em que o mesmo possa aplicar os conceitos estudados em sala de aula.

Portanto, a experimentação voltada para a Astronomia favorece o desenvolvimento cognitivo do educando, pois ao manipular os instrumentos que demandam conhecimentos de Matemática, Física ou outra disciplina na construção dos equipamentos de observação do Movimento Relativo do Sol, ele estará aprendendo a fazer e conseqüentemente a conviver melhor na comunidade que o cerca. Em se tratando especificamente do ensino de Astronomia, é importante considerar os fatores históricos que envolvem os fenômenos associados ao movimento do Sol e demais corpos celestes, pois os mesmos são objetos de estudos do homem que busca suprir suas necessidades primárias e secundárias, e que dependem direta ou indiretamente dos fenômenos naturais associados, por exemplo, às estações do ano podem interferir diretamente na colheita ou mesmo na criação de animais em determinada região, favorecendo ou não a economia local e conseqüentemente a qualidade de vida.

Para finalizar estas considerações, tomo como pano de fundo uma reflexão sobre o papel da escola como veículo de informação prática e teórica e que deve contribuir para formação estudantil, soando tão suave quanto uma poesia.

O que eu pediria à escola, [...] era considerar a poesia como primeira visão diante das coisas, e depois como veículo de informação prática e teórica, preservando em cada aluno o fundo mágico, lúdico, intuitivo e criativo, que se identifica basicamente com a sensibilidade poética (PAES, 1996 *apud* PINHEIRO, 2003, p. 73).

Na verdade toda essa maravilha de Universo que está logo ali em nosso quintal, nos convida a olharmos para tudo que nos cerca como um espaço ideal de aprendizagem. Sem menosprezar o papel de grande relevância que a escola oferece a cada ser humano que adentra as suas portas em busca da expressão do conhecimento prático aliada à teoria, o estudante tem à sua disposição toda uma natureza que o convida a pensar sobre o belo, organizado, pensado, e perfeitamente planejado Universo, executado pelo Criador.

## REFERÊNCIAS

A BÍBLIA ANOTADA. Edição expandida. Charles C. Rurie. Revista e atualizada. 2. ed. São Paulo: Sociedade Bíblica do Brasil, 1993.

AMARO, P. B. R. **Construção de um relógio solar para o Museu de Ciências Naturais**. 2015. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Naturais) – Faculdade UNB de Planaltina, Planaltina, DF, 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/13837>. Acesso em: jul. 2018.

ARAÚJO M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AROCA, S. C.; SILVA, C. C. Ensino de astronomia em um espaço não formal: observação do Sol e de manchas solares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 21-11, mar. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 21 out. 2018.

AZEVEDO, S. S. M. *et al.* Relógio de Sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 1-12, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172013000200018&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172013000200018&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 1º ago. 2018.

BOCZKO, R. **Conceitos de Astronomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.

BOYER, C. B. **História da Matemática**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, DF: MEC, 2017.

BULL, H. The Analemma Dilemma Solving visualisation issues in astronomy using 3D graphics. **PRISM: USP Undergraduate Journal**, v. 5, n. 1, set. 2013.

CALIL, M. R. **Analema de Vitruvius: dos relógios solares até o relógio de sol plano horizontal**. 2008. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – PUC-SP, 2008. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br>. Acesso em: 1º jul. 2018.

CARDINOT, M.; NAMEN, A. Astronomia no ensino de Física: uma abordagem com o uso de simulações de chuvas de meteoros em um planetário virtual. **Ciência e Desenvolvimento – Revista Eletrônica da FAINOR**, Vitória da Conquista, v.10, n. 1, jan. 2017. Disponível em: <http://srv02.fainor.com.br/revista/index.php/memorias/article/view/602>. Acesso em: 21 out. 2018.

DAMASCENO, J. C. G. **O ensino de astronomia como facilitador nos processos de ensino e aprendizagem**. Rio Grande: FURG/IMEF, 2016.

FILHO, K. S. O. **Astronomia e Astrofísica**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

GIORDAN, M. **Química nova na escola. Experimentação e Ensino de Ciências**, n. 10, nov. 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: out. 2018.

GRASSELLI, E. C. O ensino da Física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática. **Cadernos PDE**, Maringá, PR, v. 2, 2014. Disponível em: [http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes\\_pde/2014/2014\\_uem\\_fis\\_pdp\\_erasmo\\_carlos\\_grasselli.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uem_fis_pdp_erasmo_carlos_grasselli.pdf). Acesso em: 21 out. 2018.

GURGEL, W. P.; GESTER, R. M. A inserção de tópicos de astronomia no ensino médio utilizando o processo da descoberta através de observações astronômicas. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 13, n. 1, 2017. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3332>. Acesso em: 1º ago. 2018.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/er/n44/n44a06.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

IEZZI, G. *et al.* Matemática ciência e aplicações. 8. ed. São Paulo: Atual, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). **Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros**. São Paulo: Fundação Santillana, 2016. Disponível em: [http://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015\\_completo\\_final\\_baixa.pdf](http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf). Acesso em: 1º out. 2018.

KARNEY, K. Variation in the Equation of Time. **Freedom Cottage**, Llandogo, p. 1-2, dec. 2005. Disponível em: <http://www.precisedirections.co.uk>. Acesso em: 1º nov. 2018.

KITLLER, R.; DARULA, S. Analemma the ancient sketch of fictitious sunpath geometry or Sun, time and history of mathematics. **Architectural Science Review**, Slovakia, v. 47, p. 141-144, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/233369038\\_Analemma\\_the\\_Ancient\\_Sketch\\_of\\_Fictitious\\_Sunpath\\_Geometry-Sun\\_Time\\_and\\_History\\_of\\_Mathematics](https://www.researchgate.net/publication/233369038_Analemma_the_Ancient_Sketch_of_Fictitious_Sunpath_Geometry-Sun_Time_and_History_of_Mathematics). Acesso em: 7 jul. 2018.

LANGHI, R. Projeto Eratóstenes Brasil: autonomia docente em atividades experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis: UFSC, v. 34, n. 1, abr. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p6>. Acesso em: 27 out. 2018.

LOURENÇO, A. **Como tudo começou** – uma introdução ao criacionismo. São José dos Campos: Fiel, 2007.

NAVARRO, M. **2 Reis** – queda do Reino do Sul. Educação, p. 15, 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MiriNav/2-reis-queda-do-reino-do-sul>. Acesso em: 1º jan. 2019.

NUNSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 2013. v. 1.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, RS, v. 12, n. 1, p. 139-153, jan./jun. 2010. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/laequi/wp-content/uploads/2015/03/contribui%C3%A7%C3%B5es-e-abordagens-de-atividades-experimentais.pdf>. Acesso em: 27 out. 2018.

PAES, J. P. **Poesia para crianças**. São Paulo: Brasiliense, 1996.

PINHEIRO, J. H. Abordagem do poema: roteiro de um desencontro. *In*: DIONÍSIO, A. P.; BEZERRA, M. A. (org.). **O livro didático de Português: múltiplos olhares**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2003. p. 62-74.

RIBEIRO, E. T. *et al.* O ensino da Física no nono ano por meio de atividades experimentais. **Revista Científica FAEMA – Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, RO, v. 7, n. 1, 2016. Disponível em: <http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/372>. Acesso em: 27 out. 2018.

RYRIE, C. C. **A Bíblia anotada**: edição expandida. São Paulo: Mundo Cristão; Barueri, SP: Sociedade Bíblica do Brasil, 2007.

SAWYER III, F. W. Of Analemmas, Mean Time and the Analemmatic Sundial. **Bulletin of the British Sundial Society**, v. 94, n. 2, p. 7, jun. 1994. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu>. Acesso em: 30 de agosto de 2018.

SÉRÉ M.-G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/6560/6046>. Acesso em: 5 out. 2018.

STELLARIUM. **Planetário de código aberto**. Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>. Acesso em: 20 fev. 2017.

TAHA, M. S. *et al.* Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, p. 138-154, 2016. Disponível em: [http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID305/v11\\_n1\\_a2016.pdf](http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID305/v11_n1_a2016.pdf). Acesso em: 5 out. 2018.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2002. TREVISAN, R. H.; LATTARY, C. J. B. Clube de Astronomia como estímulo para a formação de professores de ciências e física: uma proposta. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 17, n. 1, p. 101-106, abr. 2000.



TROGELLO, A. G.; NEVES, M. C. D.; SILVA, S. C. R. O ensino de Astronomia: recriando uma esfera celeste didática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 223-244, abr. 2015.

YAMAMOTO, K. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1 e 2.

YEOW, T. S. **The Analemma for Latitudinally-Challenged People**. An academic exercise presented in partial fulfillment for the degree of Bachelor of Science with Honours in Mathematics, Department of Mathematics National University of Singapore, 2002. p. 10-11. Disponível em: <https://www.researchgate.net>. Acesso em: 1º nov. 2018.