



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 58**

DÁRIO LIMA DE SOUZA SOBRINHO

PRODUTO EDUCACIONAL

**DESVENDANDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR:
GUIA PRÁTICO PARA EDUCADORES E ALUNOS**

Recife
2025

Dário Lima de Souza Sobrinho

**DESVENDANDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR:
GUIA PRÁTICO PARA EDUCADORES E ALUNOS**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: MEDINDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 58 – UFRPE/PE Nordeste-PE, como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:
Professor Dr. Antônio de Pádua Santos
Professor Dr. Alexandro Cardoso
Tenório

Recife

2025

Dário Lima de Souza Sobrinho

**DESVENDANDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR:
GUIA PRÁTICO PARA EDUCADORES E ALUNOS**

Dissertação apresentada a
Coordenação do Programa de
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física (MNPEF) da
Universidade Federal Rural de
Pernambuco (UFRPE), como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre
em Ensino de Física. Área de
concentração: Física na Educação
Básica.

Aprovada em (dia) de (mês) de (ano).

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Antônio de Pádua – Presidente
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Titulação Nome e Sobrenome – Examinador(a) 1
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Titulação Nome e Sobrenome – Examinador(a) 2
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação a todos aqueles que acreditaram no meu potencial em prosseguir no árduo caminho da docência, bem como, no meu empenho ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente à Deus, pelo dom da vida, aos meus colegas de turma, pelo apoio e satisfação pela nossa grandiosa amizade, aos meus professores (as) pela dedicação e sabedoria transmitidas através das disciplinas oferecidas, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio financeiro através do programa de bolsas a mim concedida, a Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, pela oportunidade oferecida junto a Sociedade Brasileira de Física - SBF a meu professor orientador, Professor Dr. Antônio de Pádua Santos, pela sua dedicação e sabedoria, ao meu Coorientador, Professor Dr. Alexandro Cardoso Tenório, pela sua valiosa contribuição, sabedoria e dedicação, aos meus pais, Terezinha e Mário Paulino (*in memoriam*) pois, sem eles eu não estaria aqui e não seria o que hoje sou, aos meus irmãos, José Carlos (*in memoriam*), Carmem Lúcia, Expedito e Severino Ramos, que me deram força para prosseguir com meu objetivo, a minha esposa Solange que teve paciência de suportar meus momentos de inteira dedicação às pesquisas e leitura dos artigos, aos meus netos João Francisco e Davi Lucas, minhas pedras preciosas, que através de suas purezas e ingenuidades me fizeram acreditar num futuro melhor para as gerações futuras e, aos meus filhos Guilherme Paulino e Gabriela Carla, meus tesouros, pelo apoio a mim oferecido e por serem minha fortaleza, minha retaguarda.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“Eu vejo a vida melhor no futuro, eu vejo isso por cima de um muro de hipocrisia que insiste em nos rodear. Eu vejo a vida mais clara e farta, repleta de toda satisfação que se tem direito do firmamento ao chão. Eu vejo um novo começo de era de gente fina, elegante e sincera, com habilidade pra dizer mais sim do que não.”

Lulu Santos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estudantes respondendo questionário 01.....	146
Figura 2 – Apresentação do vídeo sobre o 1º relógio.	146
Figura 3 – Estudantes respondendo questionário 02.....	147
Figura 4 – Produção do quadrante do relógio de sol	148
Figura 5 – Gabarito do quadrante da OBA	149
Figura 6 – quadrantes produzidos pelos grupos de estudantes.....	149
Figura 7 – Preparação do quadrante para montagem	150
Figura 8 – Relógio de sol montado.	150
Figura 9 – Revisão dos conceitos de Física, Geometria e Trigonometria.....	152
Figura 10 – esquema fora de escala do movimento aparente Do Sol e o relógio de sol.....	153
Figura 11 – Compasso com abertura de 6,5 cm.....	155
Figura 12 – semicírculo com 6,5 cm de diâmetro.	155
Figura 13 – Face norte do relógio de sol	155
Figura 14 – Face sul do relógio de sol.....	155
Figura 15 – Acabamento dos quadrantes com lápis hidrocor.	156
Figura 16 – Quadrante sul colocado na base	156
Figura 17 – Quadrante norte colocado na base.....	156
Figura 18 – Estilo colocado perpendicularmente no Quadrante.....	157
Figura 19 – Clips grande dobrado	157
Figura 20 – Clips grande dobrado com a medida do ângulo Complementar da latitude da localidade.....	158
Figura 21 – Relógio de sol montado	158
Figura 22 – Determinação da linha norte-sul geográfico da Terra.....	159

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Respostas dadas por alguns estudantes.	151
Quadro 2 – Passo a passo para a determinação da rotação da Terra com o uso de um relógio de sol	153
Quadro 3 – Cronograma da Sequência Didática Realizada.	160

SUMÁRIO

1 PRELIMINARES	138
2 INTRODUÇÃO.....	139
3 A IMPORTÂNCIA DO RELÓGIO DE SOL COMO PRODUTO EDUCACIONAL.....	143
4 METODOLOGIA APLICADA NO PRODUTO EDUCACIONAL.....	144
4.1 DIAGNÓSTICO DA ZDP DE CADA ESTUDANTE	145
5 – PASSO A PASSO DA CONFECÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	154
5.1 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS.....	154
5.2 O PASSO A PASSO DO PRODUTO EDUCACIONAL	154
5.3 FUNCIONAMENTO DO RELÓGIO DE SOL.....	159
6 CONCLUSÃO	162
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	166
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 01 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 01.	169
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 02 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 02.	170
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 03 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 03.....	171
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO 04 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL.....	172
APÊNDICE E – ROTEIRO PARA DETERMINAR A ROTAÇÃO DA TERRA	173
APÊNDICE F – DISCUTINDO OS VALORES DE CADA GRUPO	174

1 PRELIMINARES

Aos Colegas Docentes,

Diante dos desafios enfrentados, cotidianamente, nas salas de aulas das escolas públicas brasileiras, viemos através deste trabalho apresentar uma proposta pedagógica que possa contribuir de maneira satisfatória para o desenvolvimento da aprendizagem do corpo discente, a partir de instrumentos que facilitem a abordagem de conceitos científicos pelos(as) professores(as), de forma a reduzir a abstração envolvida nas áreas das ciências da natureza, em especial a Física e, que possa enriquecer a galeria das metodologias ativas aplicadas no âmbito escolar e, que promova de fato, o protagonismo juvenil.

Apoiando-se na metodologia da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) em consonância com a Teoria da Mediação desenvolvida por Lev S. Vygotsky, uma vez que a investigação é um processo que necessita de interação, cooperação, participação ativa e mediação entre os indivíduos envolvidos, esse projeto tem como proposta a construção de um relógio de sol, a partir de materiais de baixo custo e de fácil aquisição e, com o uso desse artefato determinar a rotação da Terra.

Para que tenhamos a atenção dos estudantes e, ao mesmo tempo possamos despertar a curiosidade e o censo científico em cada um, é necessário que nos apossamos de instrumentos que possibilitem atingir tal objetivo. É sabido e notório que nossos jovens não estão preparados para uma conscientização quanto ao uso de celulares em sala de aula, o que lhes rouba a atenção e o interesse pelos conteúdos apresentados nas aulas de conceitos abstratos. Fato esse que uma lei nacional foi criada para coibir tal ato (Lei Nº 15.100, de 13 de Janeiro de 2025), salvo quando se tratar da solicitação do professor para fins didáticos.

Sendo assim, elaboramos um livreto, tipo manual, de forma que possa contribuir para o ensino da física no auxílio a professores e/ou estudantes do ensino básico, e que possam acompanhar o passo a passo da construção do relógio de sol e a determinação da rotação da Terra de forma sucinta. Para realizarmos a Sequência de Ensino Investigativa, utilizamos treze encontros sendo cinco aulas de campo, de 20 minutos cada, e oito em sala de aula de 50 minutos cada, numa turma de 41 estudantes onde, apenas, uma média de 16 estudantes participaram desse projeto.

2 INTRODUÇÃO

Pela nossa experiência como professor da educação básica por mais de 20 anos, podemos supor que o relógio de sol é um artefato que pouco se comenta nas salas de aula, principalmente nas escolas públicas brasileiras e, quando são mencionados, exploram apenas, sua característica de medir o tempo através do movimento aparente do Sol o qual projeta a sombra de um obelisco ou haste (estilo ou gnômon), geralmente disposto na vertical ou horizontal sobre um quadrante, no qual estão indicadas as horas, onde são marcadas as horas conforme a projeção dessa sombra. O presente estudo, fundamentado em nossa experiência como professor, destaca que a presente abordagem, assim como trabalhos similares sobre relógios de sol, como por exemplo “O relógio de sol analêmico” (Azevedo, 2012), que fala sobre a construção de um relógio de sol com interação humana, “Funcionamento e traçado do relógio de sol” (Pinto, 2013), que comenta sobre os tipos de relógios de sol, seu funcionamento, movimento aparente do Sol, “Relógios de Sol: A geometria do tempo” (Pinto, 2008), que fala sobre os diversos dispositivos utilizados ao longo da história para medir o tempo. No entanto nossa proposta foi mais além: por que não utilizar o relógio de sol para medir a rotação da Terra? Tendo em vista que *não foi encontrado nas literaturas científicas consultadas*, evidenciando uma lacuna no que se refere à exploração pedagógica desse instrumento no contexto educacional no que se refere a determinação da rotação da Terra.

Diante desse fato, surgiu nossa inquietação: de como poderíamos explorar esse magnífico artefato, tão rico em conhecimentos nas diversas áreas das ciências, para facilitar o aprendizado dos estudantes e, de certa forma, a abordagem de certos conteúdos da Física nas salas de aula.

Visto que não identificamos nenhum trabalho referente aos relógios de sol que tratava do mesmo para a determinação da rotação da Terra, tivemos a ideia de abraçar esse desafio e, por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), apoiada na Teoria da Mediação proposta e desenvolvida por Lev Vygotsky, desenvolver esse projeto. Dessa forma, isso nos permitiu conhecer melhor esse artefato, por meio de sua construção e manuseio, e utilizá-lo, no curso do projeto, de forma lúdica e didática. E assim, contribuir com uma pequena parcela, porém,

de forma significativa para o ensino da Física na educação básica, como também, para o corpo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

A ideia que nos levou realizar esse trabalho surgiu após vários anos de experiência na docência e da leitura de alguns trabalhos na literatura científica que abordam a grande dificuldade enfrentada pelos professores, atualmente, para trabalhar conteúdos de ciências, especialmente da Física, em salas de aula com estudantes do ensino fundamental II e médio, tanto em escolas públicas quanto privadas.

Essas dificuldades estão relacionadas, em parte, à falta de interesse dos próprios estudantes, mas também às suas limitações em compreender, assimilar e relacionar o conhecimento físico apresentado em sala de aula com seu contexto social e cultural. A pesquisadora Anna Maria Pessoa de Carvalho (2013) (org), em seu trabalho “Ensino de Ciências por investigação” comenta que:

“Desde meados do século XX a educação sofre câmbios significativos, seguindo bem de perto as modificações ocorridas em nossa sociedade” e que [...] “Durante muitos anos esses conhecimentos, pensados como produtos finais, foram transmitidos de maneira direta pela exposição do professor. Os alunos replicavam as experiências e decoravam os nomes dos cientistas”.

Ela também comenta, em seu trabalho, que dois fatores modificaram o processo de transferência dos conhecimentos de uma geração para outra: o aumento exponencial do conhecimento produzido e “[...] os trabalhos de epistemólogos e psicólogos que demonstraram como os conhecimentos eram construídos tanto a nível individual quanto social” (2013, p. 1).

No entanto, para a pesquisadora Sasseron em seu trabalho sobre Investigações em Ensino de Ciências (2011, pp. 59-77), onde ela trata do contexto da Alfabetização Científica, quais habilidades o estudante deverá adquirir para considerar-se alfabetizado cientificamente e tecnologicamente.

Dessa forma, é de fundamental importância a necessidade de buscarmos

metodologias ativas para engajar os alunos no processo de aprendizagem significativa como também, para desmistificar preconceitos negativos sobre o conhecimento científico, especialmente em Física, e para sanar ou diminuir as dificuldades enfrentadas pelos professores. Nesse contexto pedagógico surgiu a ideia de investigar e resolver, a partir de uma Sequência de Ensino Investigativa, alicerçada sobre a teoria da mediação de Lev Vygotsky, o seguinte problema: “Como engajar os alunos na construção de um Relógio de Sol para estimar a Velocidade de Rotação da Terra?”.

A confecção de um relógio solar como produto educacional, para ser trabalhado na sala de aula veio como uma, de várias formas didáticas, de abordar conhecimentos da física de forma lúdica e prazerosa.

Relógios de sol são artefatos antigos, mas que ainda hoje podem fornecer *insights* valiosos fazendo com que os estudantes tenham possibilidades de desenvolver suas habilidades cognitivas e curiosidades com a confecção e o uso dele, além de vários fenômenos que ocorrem no seu dia a dia e que passam despercebidos.

Ficou claro que o envolvimento dos estudantes na confecção de um modelo didático experimental desperta também o seu lado social ao interagir com seus colegas e professores pois, segundo Vygotsky o desenvolvimento da linguagem e do aprendizado se dá através do interacionismo, ou seja, a interação social é, portanto, na perspectiva vygotskyana, o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído (Moreira, 1999, p. 112).

Assim, o estudante passa a ser realmente protagonista do seu conhecimento e não um mero espectador apto para receber informações prontas e acabadas dos livros e obras didáticas, sem que os mesmos tenham capacidade de discutir e opinar seus pontos de vista em relação a determinados conceitos.

E sendo assim, é possível ver como a teoria da mediação de Lev Vygotsky, em especial a ZDP (zona de desenvolvimento proximal), conceito central de sua teoria socioconstrutivista, pode ser aplicada na prática educativa. Quando os estudantes são desafiados a construir e compreender algo tangível como, por exemplo, nesse trabalho, o relógio de sol em referência, o aprendizado tem o

potencial para ser significativo.

A aprendizagem através da prática com a construção de um produto educacional, isto é, que sirva como referencial didático, é sem dúvida, uma experiência muito enriquecedora para os estudantes uma vez que eles não aprendem apenas conceitos teóricos, mas também veem a ciência em ação e sendo protagonizada por eles mesmos. É uma forma poderosa para engajá-los profundamente no estudo da ciência, em especial da Física e da Astronomia.

E assim, observando as dificuldades enfrentadas por colegas docentes e estudantes do ensino médio nas salas de aula, no que diz respeito a falta de tempo, de interesse, não de todos mas por parte de alguns estudantes, a precariedade das estruturas físicas das escolas, a falta de material e a superlotação das salas de aula nas escolas brasileiras, ficou claro que é possível ministrar aulas através de uma metodologia ativa, por exemplo uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) pois, segundo Carvalho (2013, p. 1):

“Entre os trabalhos que mais influenciaram o cotidiano das salas de aula de ciências estão as investigações e as teorizações feitas pelo epistemológico Jean Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam, como ainda os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Lev Vygotsky e seus seguidores”.

Talvez esse seja um possível caminho para alívio desse quadro que assola as salas de aula das escolas públicas do Brasil, pelo menos no que diz respeito a fuga dos métodos tradicionais de ministrar aulas. No artigo 1º da LDB (Lei de Diretrizes e Bases – 9.394 de 20 de dezembro de 1996), no § 2º, diz que “A educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e a prática social”. O que se percebe, na realidade das escolas públicas brasileiras, com o avanço da Ciência e da Tecnologia, é uma grande preocupação em estar em sintonia com as TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação), no entanto esquecem de como essas informações deverão ser passadas para os estudantes, isto é, de maneira que tenham significados. “na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos” (Moreira, 2010, p. 5). E esses significados são possíveis

de serem alcançados quando se estabelece metas e objetivos.

Compreendida a proposta geral do trabalho, passamos agora a discutir o valor pedagógico do relógio de sol como recurso para o ensino da física.

3 A IMPORTÂNCIA DO RELÓGIO DE SOL COMO PRODUTO EDUCACIONAL

A escolha da construção de um relógio de sol para esse projeto, teve como proposta, minimizar as dificuldades enfrentadas por colegas professores nas aulas de Física, bem como propor mais uma nova alternativa para reduzir os métodos tradicionais evidenciados nas salas de aula das escolas públicas brasileiras do Novo Ensino Médio e promover o protagonismo juvenil dos nossos estudantes através da pesquisa, do debate e da discussão com interação, coletividade e empatia, além de desenvolver seu aprendizado no aspecto cognitivo e linguístico. Com o intuito de abordar um dos conceitos da Física mais evidentes do nosso cotidiano, o movimento circular e uniforme (MCU), evidenciado pelo movimento de rotação da Terra e o movimento aparente do Sol no Céu, a confecção desse artefato levou-nos a determinar a velocidade média de rotação da Terra, uma vez que todas as literaturas visitadas que tratam do relógio de sol, num enfoque de 2008 a 2021, abordam sobre temas de diversas áreas do conhecimento como a Geometria, Geografia, Matemática, História, Física, Astronomia etc., porém não o utilizaram como instrumento para determinação da rotação da Terra.

Para obtermos uma melhor autonomia e um maior envolvimento e engajamento dos estudantes, utilizamos, como fundamentação metodológica a Sequência de Ensino Investigativa (SEI), a qual nos proporcionou enorme satisfação pois [...] “quando os professores aplicam nossas sequências de ensino investigativo, encontramos, com muito mais frequência, maior liberdade intelectual e construção do conhecimento científico pelos alunos nas aulas de ciência” (Carvalho, 2018, p. 765), tendo em vista sua fundamental importância no que se refere ao trabalho coletivo, interativo e cooperativo mediado entre os estudantes

participantes e o professor, pois para Vygotsky,” a interação social é fundamental para que haja desenvolvimento cognitivo e linguístico de qualquer indivíduo” (Moreira, 1999, p. 112).

Reconhecida sua relevância pedagógica, apresentamos a seguir, a metodologia adotada na construção e aplicação do relógio de sol com os alunos.

4 METODOLOGIA APLICADA NO PRODUTO EDUCACIONAL

Este manual tem como objetivo promover o desenvolvimento e ampliação dos conhecimentos dos estudantes e professores de escolas públicas brasileiras do Novo ensino Médio no seu contexto educacional, histórico, social, cultural e econômico no que se refere a pesquisa, construção e manuseio de um relógio de Sol a partir de sua abordagem histórica, sua importância de uso para a comunidade da época bem como o conhecimento e aplicação nas áreas da História, da Geografia, da Matemática, da Física, da Geometria e da Astronomia.

Com o intuito de reproduzir um relógio de Sol a partir de materiais de baixo custo e de fácil aquisição, a confecção desse produto vem para ampliar os conceitos de diversas áreas do conhecimento, em especial da Física e da Astronomia para os estudantes do Novo Ensino Médio das escolas públicas brasileiras, uma vez que o conteúdo de física a ser desenvolvido envolve conhecimentos de Astronomia e movimento circular e uniforme (MCU).

De uma maneira lúdica e prazerosa é possível engajar os estudantes no universo das ciências através da pesquisa e da prática, isto é, de “colocar a mão na massa”. Fazendo uso de metodologias adequadas que desafiem os métodos tradicionais, adaptadas para as diversas situações e ocasiões, buscando sempre, nos estudantes, a curiosidade e o interesse em querer aprender, além da necessidade do trabalho coletivo e cooperativo junto a seus colegas de turma, uma vez que ciência não se faz sozinha e sim através de contribuições de diversos indivíduos, isto é, diversas cabeças pensantes.

Neste manual de instruções para a confecção do relógio de Sol, foi utilizado a metodologia da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), pela sua fundamental importância no engajamento dos estudantes no ensino de ciências uma vez que a

mesma envolve, pesquisa, leitura de textos, vídeos e discussões entre os grupos formados em sala de aula, para que assim, o professor crie condições para o estudante: pensar, levando em conta a estrutura do conhecimento; falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler, entendendo criticamente o conteúdo lido e escrever, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (Carvalho, 2018, p. 766) e, levando em consideração a ZDP (zona de desenvolvimento proximal) de cada estudante, seja construindo novos conhecimentos a partir desses conhecimentos já existentes, ou seja, NDR (nível de desenvolvimento real), e que, ao término desse projeto, o estudante tenha potencialidade de aprender novos conhecimentos a partir da mediação com seus colegas de classe ou com o professor, ou seja, atinja seu NDP (nível de desenvolvimento potencial), (Vygotsky, 1988, p. 97, apud Moreira, 1999, P. 116).

Para que o processo da construção do relógio de sol tivesse o sucesso esperado, e utilizando o propósito da SEI em conjunto com a Teoria da Mediação proposta e desenvolvida por Lev Vygotsky, os estudantes foram organizados em pequenos grupos (de 04 em média) de forma que pudemos perceber a evolução de cada um no processo de ensino-aprendizagem e no que se refere ao cooperativismo e interação entre aluno – aluno e aluno – professor e assim, gerando um verdadeiro protagonismo juvenil na sala de aula.

4.1 DIAGNÓSTICO DA ZDP DE CADA ESTUDANTE

No nosso 1º encontro, após uma conversa com os estudantes sobre os objetivos desse projeto, foi aplicado um questionário para avaliar qual o nível de desenvolvimento encontrava-se os estudantes, isto é, a ZDP, em relação aos conceitos sobre os relógios de sol. A figura 1 mostra esse momento em que os estudantes são submetidos a essa avaliação prévia no qual o questionário era constituído por 10 questões subjetivas referentes aos relógios de sol, sua importância para as civilizações, seu funcionamento, quais os tipos existentes e, como seria possível ajustá-lo durante o ano.

Figura 1 – Estudantes respondendo o questionário 01



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

No nosso 2º encontro, os estudantes tiveram acesso a instrumentos e signos, ou seja, a leitura de um texto e apresentação de um vídeo sobre a história dos relógios de sol, o qual se encontra disponível no *You Tube* no link <https://www.youtube.com/watch?v=AyN73O2MVfg&t=14s> , com o objetivo de realizarmos uma nova avaliação da ZDP de cada discente e compararmos os resultados entre os dois questionários. Na figura 2 abaixo temos estudantes assistindo o vídeo “como era o primeiro relógio inventado? E quem inventou?”.

Figura 2 – Apresentação do vídeo sobre o 1º relógio



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Em seguida podemos observar, na figura 3, os grupos de estudantes respondendo o 2º questionário o qual foi constituído com as mesmas perguntas subjetivas do 1º questionário.

Figura 3 – Estudantes respondendo ao questionário



02

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Após a aplicação desses questionários e feitas as respectivas avaliações, sentimos que os estudantes estavam preparados para o nosso 3º encontro, ou seja, nossa 1ª oficina. Então, na nossa primeira oficina os estudantes puderam colocar em prática seus conhecimentos de geometria ao confeccionar o quadrante do relógio de sol. Nesse momento foi discutido entre eles como seria a distribuição das horas sobre o referido quadrante. Sob a mediação do professor, o mesmo fez a seguinte pergunta: como poderemos distribuir as medidas das horas sobre o quadrante do nosso relógio de sol? Silêncio total por alguns segundos até que alguns estudantes propuseram algumas soluções tais como:

A1 - a gente pega o papel que o senhor deu e escreve as horas de 1 até 12;

A2 – a gente faz uma cruz no papel e escreve as horas 12, 3, 6 e 9.

Após várias outras respostas, o professor sugeriu que os estudantes utilizassem seus conhecimentos de geometria e trigonometria uma vez que podemos considerar que a Terra é uma esfera perfeita e, que vamos utilizar o movimento aparente do Sol, no Céu, ao longo do dia para determinarmos as horas. Nesse momento os estudantes, mediados pelo professor, perceberam que: uma

volta completa na Terra corresponde a um ângulo de 360° e que essa volta dura 24 horas, logo, dividiram 360° por 24h e encontraram a medida de 15° . Após a realização dos cálculos, o professor perguntou: o que representa esse resultado? E, quase que unanime, responderam que correspondia ao ângulo “girado” pelo Sol em 1 hora.

Assim, com o uso de papel, transferidor e lápis, os estudantes construíram o quadrante de seus relógios de sol dividindo a medida entre cada hora, em 15° como é possível observar na figura 4 abaixo.

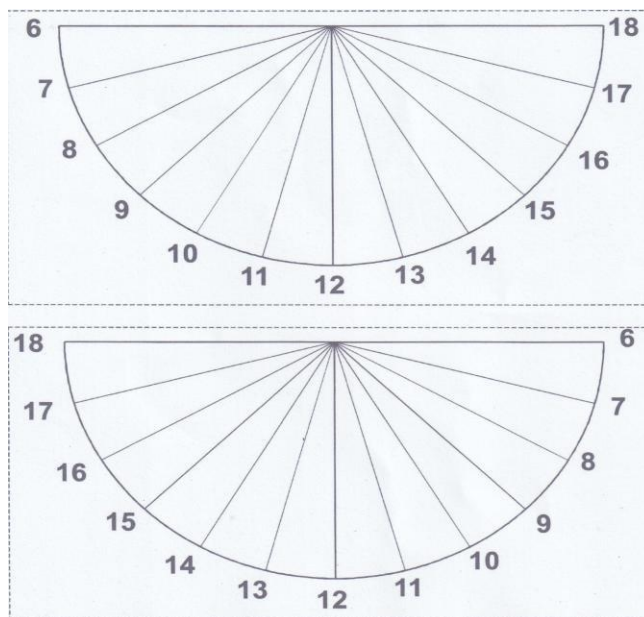
Figura 4 – Produção do Quadrante do relógio de sol



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Com o propósito de evitar erros exagerados em nosso projeto, ou seja, no sentido de fugir de nossa proposta na determinação da rotação da Terra, sugerimos a utilização de um gabarito para o nosso relógio de sol fornecido pelo site da OBA, conforme figura 5 abaixo, uma vez que nossos estudantes já haviam compreendido a relação entre o deslocamento aparente do Sol no Céu e o valor desse ângulo central nessa trajetória.

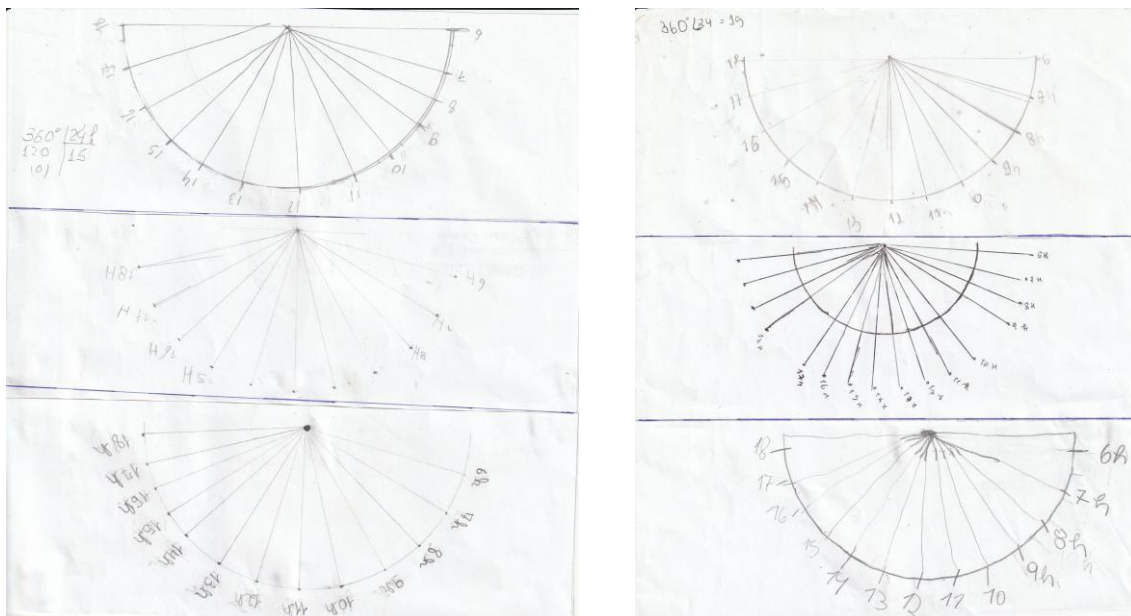
Figura 5 – Gabarito do quadrante da OBA



Fonte: <https://www.passeidireto.com/arquivo/77086608/roteiro-relogio-de-sol-oba>.

Na figura 6 a seguir, temos os quadrantes confeccionados pelos grupos de estudantes que participaram da 1ª oficina do nosso projeto.

Figura 6 – Quadrantes confeccionados pelos grupos de estudantes



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Para concluirmos a confecção do relógio solar, marcamos nossa 2ª oficina,

ou seja, nosso 4º encontro. Com o uso de materiais de baixo custo e de fácil aquisição, tais como papelão, cola branca escolar, clips grandes, tesoura sem ponta, palito de churrasco e o gabarito do quadrante fornecido pela OBA, conforme mencionado anteriormente, os estudantes finalizaram a montagem do relógio solar. Nas figuras 7 e 8, a seguir, podemos observar a sequência de montagem do relógio solar, respectivamente.

Figura 7 – Preparação do Quadrante para montagem



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Figura 8 – Relógio de sol montado e pronto para ser utilizado



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Ao finalizar a confecção do relógio solar, o professor pediu para que os grupos fossem desfeitos, com o objetivo de fazer uma sistematização dos conhecimentos elaborados pelos grupos, onde houve discussões entre os estudantes, mediados pelo professor, os quais relataram o que fizeram e quais os conhecimentos que foram adquiridos por eles durante as etapas da construção do relógio de sol. De acordo com Carvalho (org), (2013, p. 12):

“Nesta etapa o papel do professor é muito importante. A aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. [...] por meio de perguntas, o professor busca a participação dos alunos, levando-os a tomar consciência da ação deles”.

Também percebemos que houve desenvolvimento cognitivo e linguístico por parte de alguns estudantes ao relatarem as experiências que obtiveram durante a realização das oficinas ao interagirem com seus colegas ajudando-os na confecção do relógio de sol como também na compreensão dos conhecimentos aplicados por eles. Assim podemos observar que alguns estudantes melhoraram seu NDR (nível de desenvolvimento real) enquanto outros, seu NDP (nível de desenvolvimento potencial), de acordo com a Teoria da Mediação proposta e desenvolvida por Vygotsky. *“o importante no entendimento deste nível é que ele é determinado pelas habilidades que o indivíduo já construiu, porém encontra-se em processo”*. (Carvalho (org), 2013, p. 3). Este fato é observado na análise dos resultados obtidos.

Em seguida o professor lançou uma enquete para os estudantes participantes: Como poderíamos utilizar esse relógio solar para determinarmos a velocidade média de rotação da Terra? Alguns estudantes sugeriram respostas enquanto outros preferiram não opinar. No quadro 1 abaixo, temos algumas das respostas dadas por alguns estudantes.

Quadro 1 – Respostas dadas por alguns estudantes

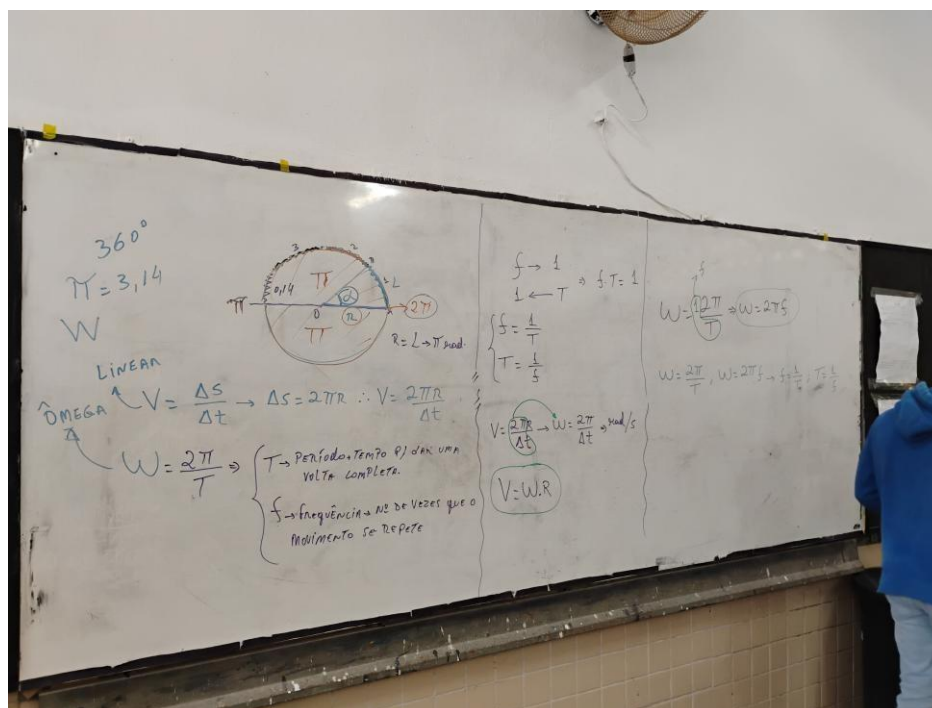
Estudante	Respostas dos Estudantes
A1	Sim, comparando o tempo.
A2	Não.
A3	Sim, através da observação e análise da sombra produzida.
A4	Talvez, se os astrônomos tiverem os instrumentos e o tempo necessário.
A5	Sim, porque a velocidade de rotação da Terra está ligada a duração de um dia solar.
A6	Sim, acredito que seja utilizada as medidas das horas.

A7	Sim, medindo em dois horários diferentes e diferenciando as posições do Sol.
A8	Eu acho que sim.
A9	Sim, observando o tempo que leva pra ir de um horário para o outro.

Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Com o objetivo de solucionar essa enquete, no nosso 11º encontro tivemos a oportunidade, numa aula de 50 minutos, de revisar alguns conceitos da física, da geometria e da trigonometria. A figura 9 mostra esse momento no qual culminou em um roteiro, representado no quadro 2, a partir dos dados coletados pela utilização do relógio de sol.

Figura 9 – Revisão dos conceitos de física, geometria e trigonometria



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

O quadro 2 a seguir mostra as expressões que foram utilizadas para a determinação da velocidade de rotação da Terra a partir dos dados coletados com o relógio de sol.

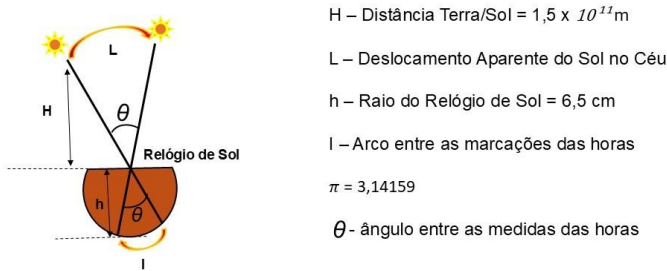
Quadro 2 – Passo a passo para a determinação da rotação da Terra com um relógio de sol

Expressão	Especificação da expressão
$\pi \rightarrow 180^\circ$ $X \rightarrow \theta$	Conversão de unidade de ângulo ara radiano
$X = l/h$	Determinando o comprimento l do arco da sombra do estilo
$L/H = l/h$	Cálculo do deslocamento L aparente do Sol no Céu
$V = L/\Delta t$	Cálculo da velocidade linear do Sol nessa trajetória L
$V = \omega \cdot H$	Cálculo da velocidade angular do Sol nessa trajetória L
$V = \omega \cdot R$	Cálculo da velocidade Linear de rotação da Terra
$V \times 3,6$	Transformação da velocidade de m/s para Km/h

Fonte: Arquivo Próprio – 2024.

Na figura 10 abaixo, temos uma representação esquemática, fora de escala e cor, do movimento aparente do Sol e a sombra do estilo projetada sobre o quadrante do relógio de sol onde podemos observar as indicações das grandezas usadas nas expressões do quadro 2 acima.

Figura 10 – Esquema fora de escala do movimento aparente do Sol e o relógio de sol



Fonte: Criação do Próprio autor – 2024.

Após a definição metodológica abordada no capítulo anterior, detalhamos agora o processo de construção do relógio de sol, com instruções práticas para sua confecção em sala de aula.

5 PASSO A PASSO DA CONFECÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Para a utilização do relógio de sol na marcação do horário solar, temos a seguir uma descrição completa de todos os materiais utilizados, como também, o passo a passo para a sua confecção.

5.1 DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

- 01 – Um pedaço de madeira ou papelão com as dimensões 16,0 cm x 16,0 cm;
- 02 – Um transferidor de 180° ou 360°;
- 03 – Uma folha de cartolina (ou gabarito do quadrante da OBA);
- 04 – Um palito de churrasco;
- 05 – Uma tesoura sem ponta;
- 06 – Um tubo de cola branca escolar;
- 07 – Lápis grafite;
- 08 – Lápis hidrocor;
- 09 – Um clipe grande;
- 10 – Um compasso.

5.2 O PASSO A PASSO DO PRODUTO EDUCACIONAL

1º PASSO: Recorte um pedaço de madeira ou papelão com as medidas indicadas na descrição dos materiais;

2º PASSO: Recorte a folha da cartolina com as mesmas medidas da madeira ou do papelão já cortado anteriormente;

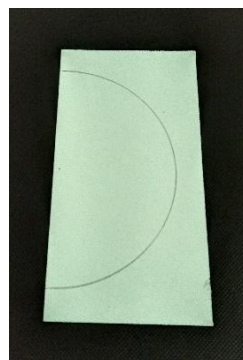
3º PASSO: Faça sobre a cartolina, com a utilização do compasso, uma semi circunferência com 6,5 cm de raio, conforme a figuras 11 e 12 a seguir.

Figura 11 – Compasso com abertura de 6,5 cm
cm de diâmetro



Fonte: Por Dário Souza -2024.

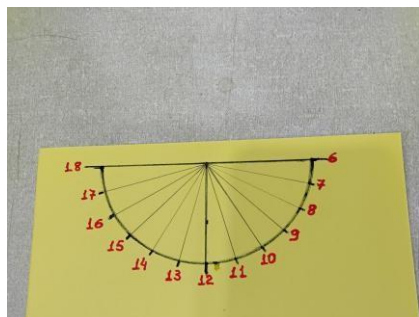
figura 12 – Semicírculo com 6,5



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

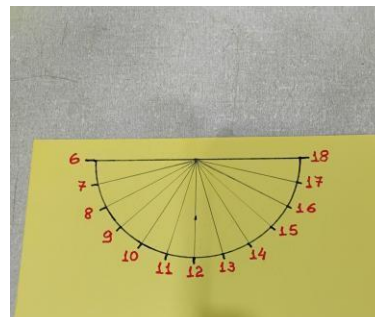
4º PASSO: Com o uso do transferidor e o lápis grafite faça as marcações das horas sobre a borda da semi circunferência, de 15° em 15° . Em seguida, com o uso da régua centimetrada, una todas as indicações das horas ao centro da semi circunferência, conforme figuras 13 e 14 a seguir. Repita esse processo com o outro pedaço da cartolina.

Figura 13 – Face Norte



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

figura 14 – Face Sul



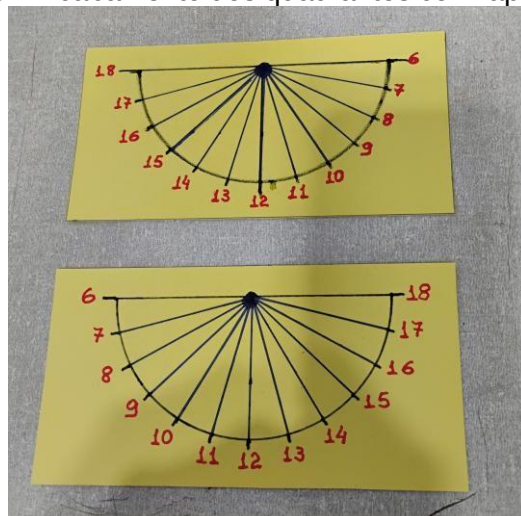
Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Obs.: Considerando que a Terra seja uma esfera perfeita, podemos dividir os graus da esfera, isto é, 360° por 24h e dessa forma teremos quantos graus o Sol se desloca, em sua trajetória aparente, em uma hora. Para a semicircunferência, isto é, 180° dividido por 12 (horas), teremos que o Sol, a cada hora, caminha 15° em seu movimento aparente.

5º PASSO: Usando o lápis hidrocor, dê o acabamento nas indicações das horas, isto é, use sua criatividade para customizar o painel do seu relógio de Sol (figura

15).

Figura 15 – Acabamento dos quadrantes com lápis hidrocor



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

6º PASSO : Depois de customizado, cole os quadrantes sobre o pedaço de madeira ou papelão, em cada um dos lados de forma que fiquem diametralmente um com o outro, conforme figuras 16 e 17 a seguir.

Figura 16 – Quadrante sul colado na base colado na base

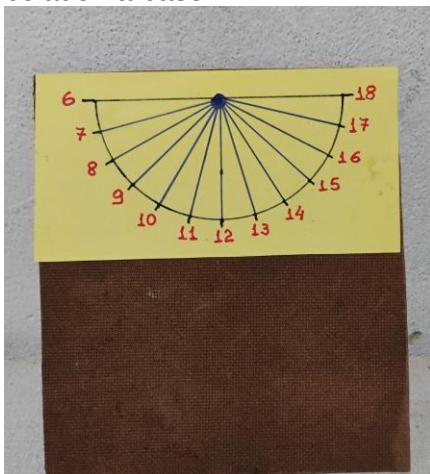


figura 17 – Quadrante norte



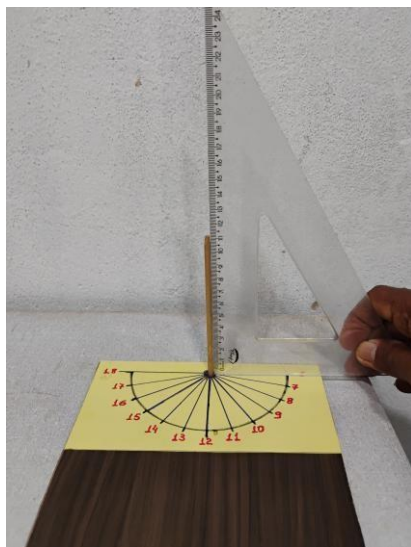
Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Obs.1. Veja nas figuras acima que em cada lado a numeração seis (6) e dezoito (18) ficam em lados opostos.

7º PASSO: fixe o palito de churrasco (estilo = gnômon) no encontro das medidas das horas, conforme a figura 18, de forma que o mesmo fique perpendicular ao

quadrante do relógio solar.

Figura 18 – Estilo colado Perpendicular ao quadrante



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Obs. 2. Ser perpendicular significa formar um ângulo de 90° com a superfície. Use o esquadro para se certificar do perpendicularismo.

8º PASSO: Determinando a inclinação do quadrante do relógio de Sol:

Procedimento: Fazendo uso de uma plataforma de pesquisa no google, encontre a Latitude de sua cidade pois ela define a inclinação do quadrante do seu relógio de Sol devido a localização de sua cidade no globo terrestre.

Em seguida, desenvergue o clips deixando-o conforme figura 19 a seguir, ou utilize um arame.

Figura 19 – Clips dobrado

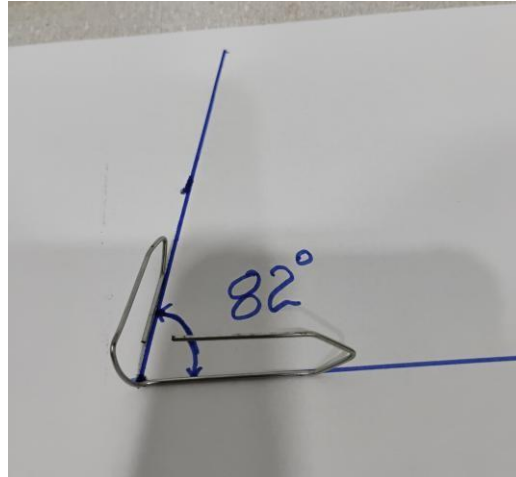


Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Depois dobre-o até a medida do complemento do ângulo da Latitude de sua

cidade. Para facilitar essa tarefa, desenhe numa folha de papel A4, com auxílio do transferidor, o complemento do ângulo da latitude de sua cidade e, em seguida dobre o clips até esse ângulo, conforme a figura 20 abaixo.

Figura 20 – Clips dobrado na medida do ângulo complementar da latitude da localidade



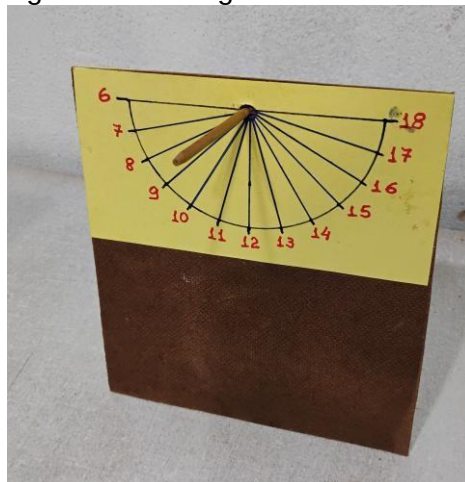
Fonte: Por Dário Souza – 2024

Exemplo: A cidade de Jaboatão dos Guararapes tem Latitude de 8° logo, o arame deverá ser dobrado até o ângulo de 82° . Veja a figura 20 acima.

Obs. Ângulos complementares são aqueles cuja soma de suas medidas é igual a 90° .

9º PASSO: Fixe esse clips, com uma fita adesiva, na face Norte do quadrante do seu relógio solar durante o verão e, na face Sul do quadrante durante o inverno e ele ficará conforme a figura 21 a seguir e seu relógio de sol está pronto.

Figura 21 – Relógio de Sol montado



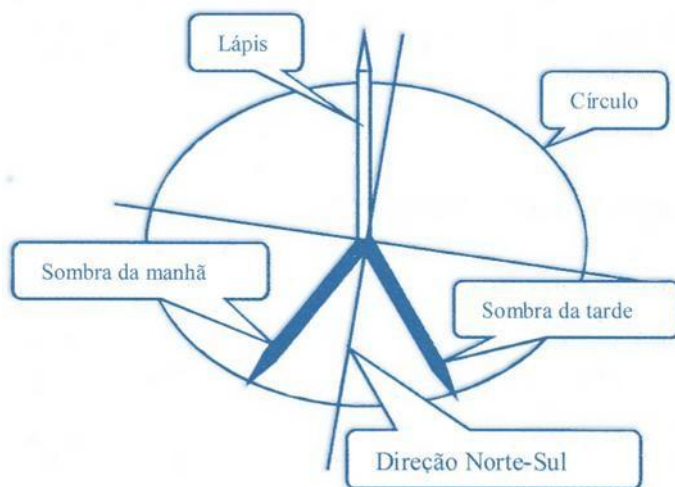
Fonte: Por Dário Souza – 2024.

5.3 FUNCIONAMENTO DO RELÓGIO DE SOL

Para que o seu relógio de sol funcione é necessário que ele seja colocado em um local onde há maior incidência da luz do Sol durante o dia. Depois disso é preciso determinar as linhas Norte-Sul geográfico da Terra. O uso de uma bússola não é recomendável pois, ela determina a linha Norte-Sul magnético da Terra. Para isso vamos fazer uso do método da sombra de uma vareta ou de um lápis, conforme descrito a seguir:

1º PASSO: Você vai fincar uma vareta ou seu lápis no chão, em um lugar plano, sob o Sol. Por volta das 10 horas faça um círculo no chão, com o raio igual à sombra do seu lápis. A tarde coloque o lápis no mesmo lugar e veja quando a sombra fica do mesmo tamanho daquela da manhã, ou seja, ela vai encostar no círculo outra vez. A direção Norte-Sul é a linha que passa bem no meio das duas sombras (é a bissetriz do ângulo entre as duas sombras). Veja a figura 22 a seguir.

Figura 22 – Determinação da linha Norte-Sul geográfico da Terra



Fonte: <https://profcmazucheli.blogspot.com/2018/08/relogio-de-sol-com-garrafa-pet.html>

2º PASSO: Quando definir a linha Norte-Sul geográfico da Terra, o palito de churrasco (estilo) do seu relógio de sol, deverá ficar alinhado com esta linha e, a face do quadrante do seu relógio de Sol deverá ficar voltada para o Sul geográfico a partir do equinócio da primavera. A partir do equinócio de outono a face que indicará as horas deverá ficar voltada para o Norte geográfico. Observe que, nas duas faces a indicação das 6h sempre estará do lado Oeste e as 18h sempre do lado Leste.

Com o objetivo de melhorar ao máximo o tempo das 13 aulas utilizadas na realização desse projeto para a confecção do produto educacional e a determinação da velocidade de rotação da Terra, disponibilizamos o cronograma de acordo com o Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Cronograma da sequência didática realizada

Aula	objetivo	Data (dd/mm/aa)	Tempo
1 ^a	Aplicação do questionário 01	05/10/2023	50 minutos
2 ^a	Leitura de textos, apresentação de vídeo E aplicação do questionário 02	08/11/2023	50 minutos
3 ^a	1 ^a Oficina: Confecção do quadrante do Relógio de sol	16/11/2023	50 minutos
4 ^a	2 ^a Oficina: Montagem do relógio de sol	22/11/2023	50 minutos
5 ^a	Determinação das linhas norte-sul geográficos (1 ^a aula de campo)	18/03/2024	50 minutos
6 ^a	Primeiro teste com o relógio de sol (2 ^a aula de campo)	15/04/2024	20 minutos
7 ^a	Aplicação do questionário 03	22/04/2024	50 minutos
8 ^a	Marcações das 6 linhas norte-sul geográficos pelo alunos na cisterna da escola (3 ^a aula de campo)	30/04/2024	20 minutos
9 ^a	Primeira tentativa das medidas das horas solar com os 6 relógios de sol dos grupos (abortada) (4 ^a aula de campo)	08/05/2024	20 minutos
10 ^a	Retomada das medições das horas solar com os grupos (5 ^a aula de campo)	13/05/2024	20 minutos

11 ^a	Debates e discussões sobre a determinação de rotação da Terra com o uso do relógio de sol	19/08/2024	50 minutos
12 ^a	Aplicação do questionário final avaliativo	19/08/2024	50 minutos
12 ^a	Aplicação do questionário final avaliativo	19/08/2024	50 minutos
13 ^a	Determinação da rotação da Terra	19/08/2024	50 minutos

Fonte: Dados da Pesquisa – 2023.

Agora é só fazer uso do seu relógio de sol junto com professores, colegas e amigos e espalhar conhecimentos de forma lúdica e prazerosa através desse magnífico e rico artefato construído pela raça humana.

Para alcançarmos os resultados esperados, foi necessário, nas primeiras aulas, investigar com os estudantes, a história e a importância do relógio solar para as antigas civilizações, sua construção, quais os elementos que o constituem, quais os conhecimentos podem ser adquiridos durante a sua confecção e, quais conhecimentos poderiam ser explorados a partir de sua utilização e manuseio. Ficou claro que esse artefato é bastante rico em se tratando de conhecimentos e aprendizados no campo da Física e da Astronomia uma vez que nele encontramos a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Utilizando materiais de fácil aquisição e de baixo custo para a confecção do relógio de sol, através de oficinas, despertou-se as habilidades dos discentes como também, a fácil compreensão dos conceitos da Física aqui trabalhados.

Portanto, a determinação da velocidade média de rotação da Terra através de um relógio solar, como produto educacional, foi bastante prazerosa e gratificante tendo em vista a evidência dos resultados obtidos pela análise dos gráficos no que se refere ao desenvolvimento cognitivo e aprendizado dos estudantes através do processo da mediação e interação em conjunto com a metodologia SEI uma vez que, considerando a ZDP antes e depois, isto é, a distância entre o nível de conhecimento real e o nível de conhecimento potencial dos estudantes, ficou claro que é exequível trabalhar conteúdos de Física e Astronomia através do relógio de sol, considerando uma média de 16 estudantes que fizeram parte desse projeto.

Focado numa turma de 1º ano do ensino médio de uma escola pública estadual do Estado de Pernambuco, este trabalho veio a contribuir de forma significativa para reduzir as dificuldades enfrentadas por professores e alunos em sala de aula no ensino de ciência, especialmente a Física, como também favorecer o desenvolvimento e aprendizado dos estudantes através de discussões e debates fazendo-os protagonistas do processo investigativo onde o professor é o mediador e orientador desse processo.

Assim, explorar os conhecimentos embutidos nesse artefato, utilizado nesse

projeto como produto educacional, fica a critério dos colegas docentes das diversas áreas do conhecimento em especial, das ciências da natureza, tendo em vista sua riqueza histórica e utilitária. Fica também como sugestão para futuros projetos, realizar trabalhos utilizando diferentes modelos de relógios de sol e investigar quais ou qual oferece maior precisão para a medição da rotação terrestre, a partir de modelos já prontos uma vez que corremos o risco das imperfeições provenientes da confecção dos mesmos ou, podendo também, fazer uso dos relógios confeccionados pelos próprios estudantes além de variar sua inclinação que depende da latitude do local onde o mesmo for utilizado, levando em conta as condições climáticas de cada região, ficando como sugestão realizar tais projetos em épocas de primavera ou verão. Lembrando que o tipo de relógio de sol utilizado nesse projeto é equatorial.

Outras sugestões de projetos, dentro do campo da Física, com a utilização do relógio solar, podem ser desenvolvidos nas suas diversas áreas como por exemplo, explorar os conceitos da óptica geométrica como a propagação retilínea da luz, a formação de sombras etc., uma vez que nos limitamos a determinação, apenas, da velocidade média de rotação da terrestre.

Através de metodologias ativas que se adequem ao objetivo desejado, de forma que promova e facilite o aprendizado e o desenvolvimento das habilidades dos estudantes, é possível também, explorar esse artefato no campo da Geografia, da Matemática, da História, da astronomia etc., facilitando assim, o trabalho docente na educação básica e promovendo a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes.

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI), em conjunto com a Teoria da Mediação proposta e desenvolvida por Lev Vygotsky, foi adotada para garantir o protagonismo dos estudantes onde a mediação, a interação e o ambiente, favoreceram no processo da aprendizagem que ocorreu entre aluno – aluno e aluno – professor uma vez que, para Vygotsky “o desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social” (Moreira, 1999, p. 110). Foi também notório, no uso do relógio de sol como produto educacional e didático, confeccionado pelos próprios estudantes, o desenvolvimento de suas habilidades observacionais e investigativas, através das análises e coletas de

dados obtidas por cada grupo. Tal objetivo foi alcançado, no entanto, foi visível a dificuldade por parte de alguns estudantes na medição dessa velocidade os quais tiveram a orientação e apoio de alguns colegas e do próprio professor para atingir tal feito.

E assim foi possível observar que alguns estudantes saíram da ZDP (zona de desenvolvimento proximal), segundo Vygotsky, e conseguiram atingir seu nível de desenvolvimento potencial criando assim, uma nova ZDP.

Considerando os pontos positivos, os estudantes pontuaram, principalmente, as aulas realizadas fora da sala de aula (aulas de campo), os debates e discussões que houve durante as aulas referente as aplicações dos questionários, do texto e do vídeo, momento em que houve a mediação e a interação sociocultural entre os grupos e entre os grupos e o professor e, quase que unanime, a realização da oficina para a confecção do relógio de sol por cada grupo como também a realização dos cálculos para medir a rotação terrestre.

Em relação aos pontos negativos foram pontuados pelos estudantes, as dificuldades enfrentadas durante a realização desse trabalho, tais como a imaturidade por parte de alguns colegas, as más condições climáticas de nossa região, que fez com que esse projeto fosse mais prolongado, como também a falta de contato diário com do professor- pesquisador com os estudantes envolvidos o que prolongou nosso projeto além do esperado.

No entanto, foi possível observar, através das análises gráficas referente aos questionários aplicados durante esse projeto, o desenvolvimento no aprendizado por uma parte significativa dos estudantes, o que nos deu a convicção de que é possível trabalhar a Física de forma que os estudantes se sintam envolvidos no processo da construção de seus conhecimentos e suas habilidades.

Agradecemos a todos os estudantes participantes desse projeto pela sua contribuição significativa pois, sem eles esse trabalho não teria sentido e nem poderia ser realizado, como também a oportunidade a nós oferecida por essa instituição que nos permitiu mostrar que a educação se faz com participação ativa e coletiva, como também deixar registrado que a ciência está em constante

transformação e ao alcance de todos.

A proposta desenvolvida não apenas contribuiu para o aprendizado dos conceitos físicos, mas também ampliou nossa percepção sobre o papel da mediação e da investigação no processo de ensino. Os relatos dos estudantes e seu envolvimento apontam para a necessidade de práticas que articulem teoria e experiência, favorecendo a formação de sujeitos críticos e curiosos. Como desdobramento, pesquisas futuras podem explorar a aplicação de instrumentos científicos construídos pelos próprios alunos em diferentes contextos escolares, assim como analisar com maior profundidade os efeitos da abordagem investigativa em conteúdos de outras áreas da Física.

Considerando os desafios enfrentados durante a implementação do projeto — como interrupções por avaliações escolares, períodos de férias, eventos como o Carnaval, chuvas e redução de carga horária com a turma — propõe-se, para futuras aplicações, a adoção de uma estrutura mais flexível e adaptativa. A sugestão é substituir a rigidez do número de aulas por um cronograma modular, pautado por etapas do processo investigativo, com períodos de compensação previamente planejados. Além disso, fortalecer a abordagem interdisciplinar, integrando áreas como geografia, matemática, arte e história, pode favorecer o engajamento dos estudantes e ampliar o alcance pedagógico do projeto.

Sugere-se também o uso de registros reflexivos e avaliações colaborativas, como portfólios e rodas de conversa, a fim de valorizar o protagonismo discente e consolidar a mediação docente conforme os pressupostos da teoria sociocultural de Vygotsky. A incorporação de recursos tecnológicos simples — como aplicativos de simulação solar — pode complementar o processo de investigação e reforçar o entendimento dos conceitos físicos envolvidos. Por fim, ampliar o envolvimento da comunidade escolar, incluindo outros docentes, familiares e gestores, pode contribuir para que o projeto extrapole os limites da sala de aula e se torne um elemento permanente de valorização da aprendizagem científica na escola.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, S. S. M.; PESSANHA, M. C. R.; SCHRAMM, D. U. D. S.; SOUZA, M. D. O. **Relógio de sol analêmico**: uma proposta que envolve ensino, professor e aluno”.

AZEVEDO, S. S. M.; PESSANHA, M. C. R.; SCHRAMM, D. U. D. S.; SOUZA, M. D. O.. **Relógio de sol com interação humana**: uma poderosa ferramenta educacional. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, p. 2403, 2013.

BEZERRA, Juliana. Stonehenge: **história e mistérios da construção. Toda Matéria**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/stonehenge/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

BONJORNIO, J. R.; CLINTON, M. R.; PRADO, E. P.; BONJORNIO, V.; BONJORNIO, M. A.; CASEMIRO, R.; BONJORNIO, R. F. S. A. **Física**: Mecânica, 1º ano. 3 ed. São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília: Lei nº 9.394 de 20 de dezembro 1996.

CAIO S. C., José L. S. **Física clássica, 1: Mecânica** – 1 ed. – São Paulo: Ed. Atual, 2012.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica, 1: mecânica**. 1.ed. São Paulo: Ed Atual, 2012.

CALIL, Marcos Rogério. **Analema de Vitruvius**: dos relógios solares até o relógio de sol plano horizontal, 2008.

CANALLE, João Batista Garcia; COELHO, Pâmela Marjorie Correia. **Relógio de Sol**. Oficina de Astronomia. Instituto de Física, UERJ, 2007.

CARDOSO, Walmir Thomazi. **Relógios de sol para ensinar Matemática e Física de maneira integrada**. Ensino da Matemática em Debate, 2015, 2.1.

CARVALHO, A. M. P. de (org). **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**: condições para implementação em sala de aula. 1. ed. Cengage Learning, 2014.

CECHIN, L. **“Força de Coriolis”** [Imagem]. Disponível em:

DE FRANÇA, Valmir. **Construção do relógio-de-sol**. Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, 2021, 1.2: 5-13.

DO NASCIMENTO, Flávio Borges; DO NASCIMENTO, Tatiane S. Xavier. **Tecnologia e prática interdisciplinar**: Construindo relógio de Sol no ciclo básico. V Seminário Nacional de Histórias e Investigações de/em Aulas de Matemática. s/d.

DO NASCIMENTO, Flávio Borges; XAVIER, Tatiane Santos. **Construção do Relógio Solar**: Uma Atividade Interdisciplinar entre Matemática e Astronomia.

DO NASCIMENTO, Flávio Borges; XAVIER, Tatiane Santos. **Relógio de Sol das Regiões brasileiras**: Uma Experiência Interdisciplinar com o Fundamental. E.P.U. São Paulo, 1999.

GONÇALVES, Rafael Marques. **A Trigonometria e a História da Matemática em sala de aula:** uma experiência com a construção de instrumentos de navegação e do relógio de sol, 2018.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneth S. **Física. v.1.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. E-book. p.187. ISBN 978-85-216-1945-1. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-1945-1/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física - Mecânica** - Volume 1. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. E-book. p.1. ISBN 9788521638551. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521638551/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

IVANISSEVICH, Alicia; WUENSCHÉ, C. A.; ROCHA, J. F. V. da (orgs). **Astronomia hoje.** 1. ed. Instituto Ciência Hoje, 2010.

KOHL, MARTA. **Coleção Grandes Educadores** – Lev Vygotsky - <https://youtu.be/T1sDZNSTuyE?si=IEFjUxC1xwbix5Cq>. Acesso em: 28 out. 2024.

KUHN, Thomas S. **Revolução Copernicana.** Lisboa: Edições 70, 2002. Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 15, p. 79-94, 2013.

LIMA, Luanne Silva de Sousa. **A construção do Relógio de Sol para o auxílio do ensino de unidades de tempo,** 2018.

LOPES, Jorge Luis da Costa. **Relógios de Sol nas aulas de Matemática:** construção do conhecimento através da prototipagem. 2017.

MACHADO, Daniel Iria. **Movimento aparente do Sol, sombras dos objetos e medição do tempo na visão de alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental.** Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n. 15, p. 79-94, 2013.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** 1. ed. – São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA, Marco A. **Teorias de Aprendizagem.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. E-book. p.95. ISBN 9788521637707. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521637707/>. Acesso em: 13 out. 2023.

NUSSENZVEIG, Herch M. **Curso de Física Básica.** 5. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2013. E-book. p.78. ISBN 9788521207467. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521207467/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

PARTÍCULA em uma trajetória circular em mcu [Imagem]. Disponível em: <https://www.universoformulas.com/fisica/cinematica/tipos-movimiento/>. Acesso em: 17 jul.2025.

PÊNDULO de Foucault [Imagem]. Disponível em: 23 set. 2024. <https://olhardigital.com.br/2023/05/02/ciencia-e-espaco/pendulo-de-foucault-o-experimento-que-comprovou-a-rotacao-da-terra-ha-quase-2-seculos/>. Acesso em: 23 set. 2024.

PINTO, Luís Filipe Gasparinho Marques. **Relógios de sol: a geometria do tempo**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidades Lusíada (Portugal). PINTO, Luís Filipe Gasparinho Marques. **Relógios de sol**. 2011. Tese de Doutorado. Universidad de Valladolid.

PINTO, Luís Filipe Marques. **Funcionamento e traçado do relógio de sol**. Revista Arquitectura Lusíada, p. 9-35, 2013.

ROS, Rosa M. **Horizonte local e Relógios de Sol**. União Astronômica Internacional – Universidade Politécnica da Catalunha – Barcelona – Espanha. s/d.

SASSERON, L.H. e Carvalho, A.M.P., (2011). **Investigações em Ensino de Ciências: Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica**, v.16, n.1, 59-77.

SOUZA, Marcelo Ricardo de. **Geometria esférica e o relógio de sol**, 2019.

TELLES, Dirceu D.; NETTO, João M. **Física com aplicação tecnológica: mecânica**.

TROGELLO, Anderson Giovani; NEVES, Marcos Cesar Danhoni; DA SILVA, Sani de Carvalho Rutz. **A sombra de um gnômon ao longo de um ano: observações rotineiras e o ensino do movimento aparente do sol e das quatro estações**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 16, p. 7-26, 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Educação. **Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica (investigação em Ensino de Ciência – v. 16(1), pp. 59-77, 2011).**

v.1. São Paulo: Editora Blucher, 2011. E-book. p.18. ISBN 9788521215769.

Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521215769/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

VYGOTSKY, L.S. **A Formação Social da Mente**. Texto base digitado por: Funcionários da Seção Braille da BPP - Curitiba – PR. Organizadores: Michael Cole, Vera John-Steiner, Sylvia Scribner, Ellen Souberman Tradução: José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. Coordenação da tradução: Grupo de Desenvolvimento e Ritmos Biológicos - Departamento de Ciências Biomédicas USP. Revisão da tradução: Monica Stahel M. da Silva 4ª ed. Brasileira. Livraria Martis Fontes Editora, São Paulo – SP, 1991.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. Edição Eletrônica: Ed. Ridendo Castigat Mores. Fonte Digital: www.jahr.org, 2002. Acesso em: 20 ago.2024.

SCHAPPO, Marcelo Girardi (outubro 2009). **“Medindo a velocidade de rotação da Terra sem sair de casa” (PDF)**. A Física na Escola 10 (2): 29-31. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2009.

<https://meteorotica.blogspot.com/2012/01/forca-de-coriolis.html>. Acesso em: 19 out. 2024.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS 01 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 01

Esse material é parte integrante do projeto de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizado pela SBF e ministrado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Questionário para avaliação dos conhecimentos prévios (nível de desenvolvimento real) dos estudantes da turma do Primeiro Ano do Ensino Médio, sobre Relógio de Sol.

10 – O que é um relógio solar?

11 – Como funciona um relógio solar?

12 – Qual é a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional?

13 – Quais são os componentes de um relógio solar?

14 – Como você pode determinar as horas usando um relógio solar?

15 – Qual é a importância histórica do relógio solar?

16 – Como você pode construir seu próprio relógio solar?

17 – Quais são os diferentes tipos de relógios solares?

18 – Como você pode medir a latitude usando um relógio solar?

19 – Como você pode ajustar seu relógio solar para diferentes estações do ano?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 02 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 02

Esse material é parte integrante do projeto de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizado pela SBF e ministrado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Questionário para avaliação dos conhecimentos prévios (nível de desenvolvimento real) dos estudantes da turma do Primeiro Ano do Ensino Médio, sobre Relógio de Sol.

10 – O que é um relógio solar?

11 – Como funciona um relógio solar?

12 – Qual é a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional?

13 – Quais são os componentes de um relógio solar?

14 – Como você pode determinar as horas usando um relógio solar?

15 – Qual é a importância histórica do relógio solar?

16 – Como você pode construir seu próprio relógio solar?

17 – Quais são os diferentes tipos de relógios solares?

18 – Como você pode medir a latitude usando um relógio solar?

10 – Como você pode ajustar seu relógio solar para diferentes estações do ano?

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO 03 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 03

Este material é parte integrante do projeto de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizado pela SBF e ministrado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Questionário para avaliação dos conhecimentos e aprendizado dos estudantes após a construção do Relógio solar e determinação da linha Norte-Sul geográfico no chão da cisterna da escola na cidade do Jaboatão dos Guararapes – PE, para as primeiras medidas de horas das equipes da turma do 2º ano do Ensino Médio.

01 – O que é um relógio solar? Você já viu ou ouviu falar sobre esse dispositivo?

02 – Como você acredita que um relógio solar funciona? Descreva o que você imagina.

03 – Qual é a principal função de um relógio solar? Existem outras? Se sim cite pelo menos duas.

04 – Você acredita que compreender a relação entre o movimento do sol e a construção de um relógio solar pode ampliar seu conhecimento sobre o Universo? Por quê?

05 – O que você sabe sobre o movimento aparente do Sol ao longo do dia? Como você explica esse fenômeno?

06 – Como a posição geográfica de Jaboatão dos Guararapes afeta a precisão de um relógio solar?

07 – Como você acredita que a inclinação do eixo da Terra influencia as estações do ano?

08 – Que tipo de informações pode ser obtidas a partir da construção de um relógio solar?

09 – Qual é a diferença entre um relógio solar horizontal e um relógio solar vertical?

10 – Você acredita que é possível medir a velocidade de rotação da Terra utilizando um relógio solar? Se sim, como?

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO 04 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL

Este material é parte integrante do projeto de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizado pela SBF e ministrado pela Universidade Federal rural de Pernambuco – UFRPE, polo 58.

Questionário para avaliação final dos conhecimentos e aprendizados adquiridos pelos estudantes após a construção e utilização do Relógio Solar bem como da determinação das linhas Norte-Sul geográficos no chão da cisterna de água da escola estadual **EREM Vila Rica**, localizada na cidade do Jaboatão dos Guararapes – PE.

01 – Como um relógio de Sol funciona?

- e) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento aparente do Sol.
- f) Pela sombra do Sol.
- g) Pela sombra da Terra.
- h) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento real do Sol.

02 - Como podemos ajustar o relógio solar durante o ano?

- e) Pela latitude do local onde ele se encontra e as estações do ano
- f) Só pela Latitude do local onde ele se encontra
- g) Só pelas estações do ano
- h) Pelo movimento da Terra

03 – Qual é a velocidade média de Rotação da Terra?

- e) 600 Km/h
- f) 1000 Km/h
- g) 1675 Km/h
- h) 2000 Km/h

04 – O que é o movimento aparente do Sol, mencionado na questão anterior, ao longo do dia? Como você explica esse fenômeno?

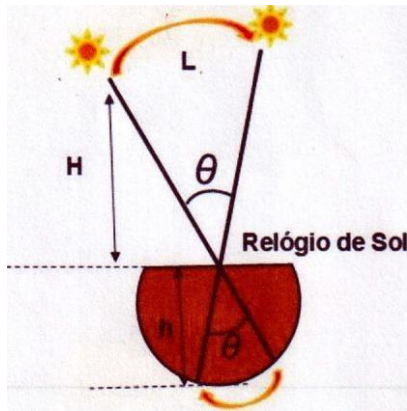
05 – Você acredita que é possível calcular a velocidade de rotação da Terra a partir da utilização de um relógio solar?

() Sim

() Não

APÊNDICE E – ROTEIRO PARA DETERMINAR A ROTAÇÃO DA TERRA

DETERMINANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA COM O USO DE UM RELÓGIO DE SOL - EQUIPE



H - Distância Terra/Sol = $1,5 \times 10^{11}$ m

L - Deslocamento aparente do Sol no Céu

h - Raio do relógio de Sol = 6,5 cm

l - Arco entre as marcações das horas

$\pi = 3,14159$

θ - Ângulo entre as medidas das horas

1º PASSO: COM O USO DE UM TRANSFERIDOR, MEDIR O ÂNGULO ENTRE AS DUAS MARCAÇÕES DAS HORAS;

2º PASSO: FAZER AS CONVERSÕES DE UNIDADE DE ÂNGULO PARA RADIANO;

3º PASSO: DETERMINANDO O COMPRIMENTO DO ARCO l;

4º PASSO: POR SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS CALCULAR O DESLOCAMENTO L APARENTE DO SOL NO CÉU;

5º PASSO: COM ESSA MEDIDA, CALCULAR A VELOCIDADE LINEAR DE TRANSLAÇÃO DO SOL NESSA TRAJETÓRIA L;

6º PASSO: CALCULAR A VELOCIDADE ANGULAR DO SOL NESSA TRAJETÓRIA L;

OBS. 1: ESSA VELOCIDADE, NA REALIDADE, É A VELOCIDADE É A VELOCIDADE ANGULAR DE ROTAÇÃO DA TERRA UMA VEZ QUE ESSE MOVIMENTO DO SOL É APARENTE.

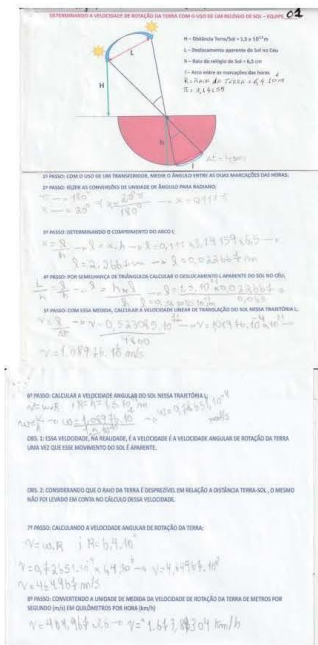
OBS. 2: CONSIDERANDO QUE O RAIOS DA TERRA É DESPREZÍVEL EM RELAÇÃO A DISTÂNCIA TERRA- SOL, O MESMO NÃO FOI LEVADO EM CONTA NO CÁLCULO DESSA VELOCIDADE.

7º PASSO: CALCULANDO A VELOCIDADE LINEAR DE ROTAÇÃO DA TERRA;

8º PASSO: CONVERTENDO A UNIDADE DE MEDIDA DA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA DE METROS POR SEGUNDO (m/s) EM QUILOMETROS POR HORA (km/h).

APÊNDICE F – DISCUTINDO OS VALORES DE CADA GRUPO

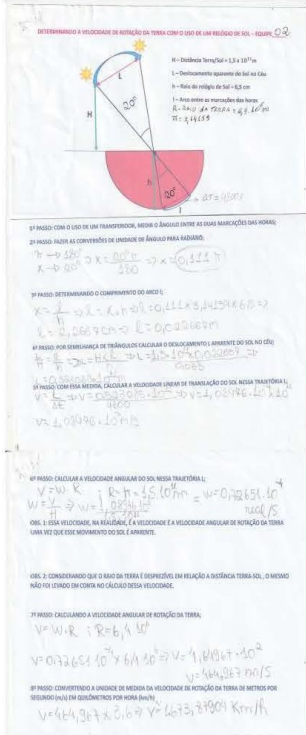
Grupo 01



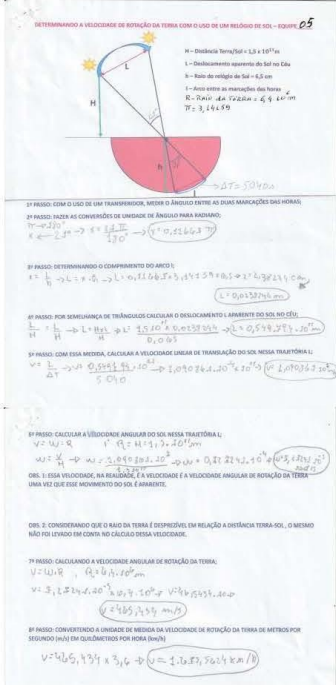
Grupo 04



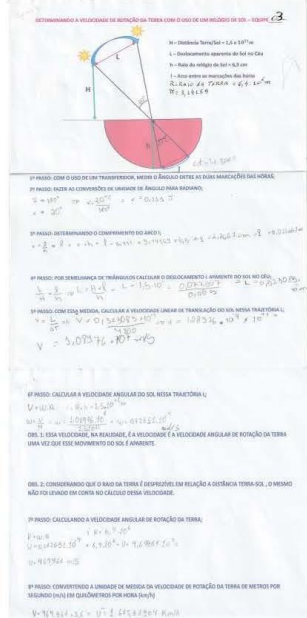
Grupo 02



Grupo 05



Grupo 03



Grupo 06

