



**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**

**MEDINDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR:  
UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA**

Recife

2025

Dário Lima de Souza Sobrinho

**MEDINDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR:  
UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA**

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.

Orientadores:

Professor Dr. Antônio de Pádua Santos

Professor Dr. Alexandro Cardoso Tenório

Recife

2025

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

S719m Souza Sobrinho, Dário Lima de.  
Medindo a rotação da terra com um relógio solar: uma abordagem investigativa / Dário Lima de Souza Sobrinho.  
- Recife, 2025.  
174 f.; il.

Orientador(a): Antônio de Pádua Santos.  
Co-orientador(a): Alexandro Cardoso Tenório.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS), Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Relógio de sol. 2. Terra (Planeta) - Rotação. 3. Física - Estudo e ensino Instrumentação (Astronomia). 4. Prática de ensino 5. Mediação. I. Santos, Antônio de Pádua, orient. II. Tenório, Alexandro Cardoso, coorient. III. Título

CDD 530

Dário Lima de Souza Sobrinho

**MEDINDO A ROTAÇÃO DA TERRA COM UM RELÓGIO SOLAR:  
UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA**

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

---

Titulação Nome e Sobrenome – 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

## RESUMO

O desenvolvimento da aprendizagem de cunho significativo, no campo das ciências da natureza, (Biologia, Física, Química e Matemática), na atualidade é uma necessidade, mas ao mesmo tempo é um desafio para nós professores. Em uma sociedade em constante mudança, marcada pelos avanços científicos e tecnológicos, a literatura científica vem demonstrando que a alfabetização científica do cidadão é cada vez mais necessária, mas por outro lado, essas disciplinas enfrentam obstáculos como preconceito, no que diz respeito a falta de base matemática e deficiência na interpretação de texto para a compreensão das situações-problema envolvidos, muitas vezes enraizado nos estudantes, sendo passado muitas vezes pelos familiares. Além disso, os professores enfrentam a dificuldade na compreensão dos conteúdos científicos, por parte dos alunos, que costumam exigir um certo grau de abstração, e ainda a dificuldade de atrair o interesse dos alunos para os conteúdos de ciências, fatores esses que podem estar relacionados com a escassez de profissionais nas áreas científicas. Diante disso, é essencial que tenhamos um olhar mais atento e objetivo para a sala de aula e para nossos estudantes. Esse trabalho foi realizado com uma turma de 1º ano do Novo Ensino Médio de uma escola pública do estado de Pernambuco, o qual se estendeu do final do ano de 2023 a meados de 2024, isto é, já com a mesma turma cursando o 2º ano do ensino médio. Essa escola fica localizada na cidade de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana da capital Recife. Com o objetivo de encontrar alternativas para os problemas enfrentados por professores de Física na abordagem dos conteúdos em sala de aula, realizamos uma investigação na escola, no sentido de contribuir com os docentes da respectiva área do conhecimento e de áreas afins, e com estudantes de escolas públicas e privadas de ensino médio. Assim, usando como produto educacional o relógio de sol para a determinação da velocidade de rotação da Terra uma vez que o mesmo não foi utilizado como instrumento de medição para tal propósito, conforme literaturas revisadas num recorte temporal de 13 anos (de 2008 a 2021), o qual foi confeccionado a partir de materiais de baixo custo e de fácil aquisição, pelos grupos dos estudantes, durante oficina onde houve interação e mediação entre os participantes dos grupos, entre cada grupo e entre os

grupos e o professor. Para a realização desse trabalho adotamos como metodologia a Sequência de Ensino Investigativa (SEI), tendo como um dos objetivos garantir que os estudantes fossem protagonistas do conhecimento. Apoiado na teoria da mediação de Lev S. Vygotsky, isto é, o sócio construtivismo para nos auxiliar nesse trabalho, com o objetivo de haver uma interação social entre os estudantes. Assim, diante dos resultados obtidos, apesar das dificuldades enfrentadas quanto ao período das chuvas em nossa região e a redução do número de aulas de física no ano seguinte com a referida turma, foi possível avaliar qualitativamente e de forma positiva o desenvolvimento da aprendizagem de parcela significativa de estudantes a partir de seus conhecimentos prévios, o que para Vygotsky é denominado de zona de conhecimento real para uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP), zona esta onde ocorreu o processo da aprendizagem que é a distância existente entre aquilo que o indivíduo já sabe, isto é, o seu nível de conhecimento real e, aquilo que ele tem potencialidade de aprender com o auxílio de um colega da sala ou com o professor, que Vygotsky denomina de nível de desenvolvimento potencial.

Palavra – chave: Relógio de sol; Rotação da Terra; Ensino de Física; Sequência de Ensino Investigativa (SEI); Teoria da Mediação.

## ABSTRACT

The development of significant learning in the field of nature sciences (biology, physics, chemistry and mathematics) is currently a necessity, but at the same time it is a challenge for us teachers. In a constantly changing society, marked by scientific and technological advances, the scientific literature has been demonstrating that citizen's scientific literacy is increasingly necessary, but on the other hand, these disciplines face obstacles as prejudice, regarding the lack of mathematical basis and disability in text interpretation for understanding the problem situations involved, often rooted in students. In addition, teachers face the difficulty in understanding scientific content by students who often require a certain degree of abstraction, as well as the difficulty of attracting students' interest to science content, factors that may be related to the shortage of professionals in the scientific areas. Given this, it is essential that we have a closer and more objective look for the classroom and our students. This work was carried out with a 1st year class of the new high school of a public school in the state of Pernambuco, which extended from the end of 2023 to mid -2024, that is, with the same class in the 2nd year of high school. This school is located in the city of Jaboatão dos Guararapes, metropolitan region of the capital Recife. In order to find alternatives to the problems faced by physics teachers in the approach of classroom content, we conducted an investigation in the school, in order to contribute to the teachers of the respective area of knowledge and related areas, and students from public and private high school. Thus, using as an educational product the sun's speed to determine the speed of rotation of the Earth since it was not used as a measuring instrument for such purpose, according to literatures revised in a 13 -year time record (from 2008 to 2021), which was made from low -cost materials and easily acquired by student groups during a workshop and mediation between group participants and the teacher. For the accomplishment of this work we adopted as a methodology the sequence of investigative teaching (SEI), having as one objective to ensure that students were protagonists of knowledge. Supported by Lev S. Vygotsky's mediation theory, that is, the partner constructivism to assist us in this work, with the objective of social interaction among students. Thus, in view of the results obtained, despite the difficulties faced with the rainy season in our region and the reduction of physics classes

the following year with the class, it was possible to qualitatively and positively evaluate the development of significant students' learning learning from their prior knowledge, which for Vygotsky is called real knowledge zone for a proximal development zone (ZDP), where the learning process occurred It is the distance between what the individual already knows, that is, his real knowledge level, and what he has potential to learn with the help of a classmate or the teacher, which Vygotsky calls potential level of development.

Word - Key: Sun Clock; Earth rotation; Physics teaching; Sequence of Investigative Teaching (SEI); Mediation Theory.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação dos movimentos da Terra e da Lua.....	36
Figura 2 – Quadrante de um relógio de sol.....	37
Figura 3 – Movimento Circular e Uniforme (MCU) .....	38
Figura 4 – Representação de um radiano.....	39
Figura 5 - Trajetória percorrida por uma partícula em movimento circular e uniforme.....	40
Figura 6 – Deslocamento circular entre dois pontos distintos .....	41
Figura 7 – Trajetória da sombra do estilo sobre o quadrante entre duas medidas de horas .....	44
Figura 8 – Representação da força de Coriolis .....	46
Figura 9 – Gravura do experimento de Foucault realizado no Panteão de Paris em 1851.....	47
Figura 10 – Representação das trajetórias curvas da sombra do estilo e Do Sol.....	50
Figura 11 – Fachada da entrada principal da EREM Vila Rica. ....	51
Figura 12 – Quadrantes confeccionados pelos estudantes.....	53
Figura 13 – Indicação das grandezas para determinar a rotação da Terra.....	55
Figura 14 – Estudantes respondendo o questionário 01 .....	61
Figura 15 – Momento de discussão, mediação e interação entre os grupos de estudantes .....	62
Figura 16 – Estudantes respondendo o questionário 02.....	63
Figura 17 – Confeção do quadrante com as respectivas marcações das horas.....	64
Figura 18 – Molde para impressão e utilização do quadrante do relógio de sol.....	64
Figura 19 – Estudantes fazendo a montagem do quadrante do relógio de sol.....	65
Figura 20 – Montagem dos quadrantes do relógio solar sobre a estrutura da Base .....	66
Figura 21 – Gabarito para a inclinação do relógio de sol.....	67
Figura 22 – Relógio solar montado pelos estudantes em sua base .....	67

Figura 23 – Marcação da linha norte-sul geográfico .....	68
Figura 24 – Linha norte-sul geográfico da Terra .....	69
Figura 25 – Teste para medição da hora solar.....	69
Figura 26 – Estudantes observando o relógio de sol.....	70
Figura 27 – Estudantes respondendo o questionário 03.....	71
Figura 28 – Estudantes fazendo as marcações das linhas norte-sul geográfico.....	72
Figura 29 – Estudantes fazendo as marcações das linhas norte-sul geográfico.....	73
Figura 30 – Marcações das horas nos relógios de sol .....	74
Figura 31 – Marcações das horas nos relógios de sol .....	75
Figura 32 – Marcações das horas nos relógios de sol .....	75
Figura 33 – Revisando os conceitos de M.C.U., graus e radiano.....	76
Figura 34 – Estudantes determinando a velocidade de rotação da Terra .....	77
Figura 35– Determinando a rotação da Terra – grupo 02 .....	78
Figura 36.a – Algumas respostas referentes à 1ª pergunta/questionário 01 ....	81
Figura 36.b – Algumas respostas referentes à 2ª pergunta/questionário 01 ....	82
Figura 36.c – Algumas respostas referentes à 3ª pergunta/questionário 01.....	82
Figura 36.d – Algumas respostas referentes à 4ª pergunta/questionário 01 ....	83
Figura 36.e – Algumas respostas referentes à 5ª pergunta/questionário 01 ....	83
Figura 36.f – Algumas respostas referentes à 6ª pergunta/questionário 01 .....	84
Figura 36.g – Algumas respostas referentes à 7ª pergunta/questionário 01 ....	84
Figura 36.h – Algumas respostas referentes à 8ª pergunta/questionário 01 ....	85
Figura 36.i – Algumas respostas referentes à 9ª pergunta/questionário 01.....	85
Figura 36.j – Algumas respostas referentes à 10ª pergunta/questionário 01 .....	86
Figura 37.a – Algumas respostas referentes à 1ª pergunta/questionário 02 ....	88
Figura 37.b – Algumas respostas referentes à 2ª pergunta/questionário 02 ....	88
Figura 37.c – Algumas respostas referentes à 3ª pergunta/questionário 02.....	89
Figura 37.d – Algumas respostas referentes à 4ª pergunta/questionário 02 ....	89
Figura 37.e – Algumas respostas referentes à 5ª pergunta/questionário 02 ....	89
Figura 37.f – Algumas respostas referentes à 6ª pergunta/questionário 02 .....	90
Figura 37.g – Algumas respostas referentes à 7ª pergunta/questionário 02 ....	90
Figura 37.h – Algumas respostas referentes à 8ª pergunta/questionário 02 ....	91

Figura 37.i – Algumas respostas referentes à 9ª pergunta/questionário 02.....	91
Figura 37.j – Algumas respostas referentes à 10ª pergunta/questionário 02.....	91
Figura 38.a – Algumas respostas referentes à 1ª pergunta/questionário 03 .....	94
Figura 38.b – Algumas respostas referentes à 2ª pergunta/questionário 03 .....	94
Figura 38.c - Algumas respostas referentes à 3ª pergunta/questionário 03 .....	95
Figura 38.d - Algumas respostas referentes à 4ª pergunta/questionário 03 .....	95
Figura 38.e - Algumas respostas referentes à 5ª pergunta/questionário 03 .....	96
Figura 38.f – Algumas respostas referentes à 6ª pergunta/questionário 03 .....	96
Figura 38.g – Algumas respostas referentes à 7ª pergunta/questionário 03 .....	96
Figura 38.h – Algumas respostas referentes à 8ª pergunta/questionário 03 .....	97
Figura 38.i – Algumas respostas referentes à 9ª pergunta/questionário 03.....	97
Figura 38.j – Algumas respostas referentes à 10ª pergunta/questionário 03.....	98
Figura 39.a – Respostas referentes à 1ª pergunta/questionário final.....	99
Figura 39.b – Respostas referentes à 2ª pergunta/questionário final.....	100
Figura 39.c – Respostas referentes à 3ª pergunta/questionário final. ....	100
Figura 39.d – Respostas referentes à 4ª pergunta/questionário final. ....	101
Figura 39.e – Respostas referentes à 5ª pergunta/questionário final. ....	101

## LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Respostas obtidas pelos discentes ao questionário 01 .....	103
Gráfico 02 – Avaliação do nível de desenvolvimento real dos alunos.....	104
Gráfico 03 – Perguntas respondidas s/coerência e deixadas em branco do questionário 01 .....	106
Gráfico 04 – Respostas obtidas pelos discentes ao questionário 02 .....	106
Gráfico 05 – Avaliação do nível de desenvolvimento real dos alunos.....	107
Gráfico 06 – Perguntas respondidas s/coerência e deixadas em branco do questionário 02 .....	108
Gráfico 07 – Análise dos resultados dos questionários 01 e 02 .....	109
Gráfico 08 – Respostas obtidas pelos discentes ao questionário 03 .....	110
Gráfico 09 – Avaliação do nível de desenvolvimento real dos alunos.....	110
Gráfico 10 – Perguntas respondidas s/coerência e deixadas em branco do questionário 03.....	111
Gráfico 11 – Análise qualitativa dos resultados obtidos dos três questionários aplicados .....	112
Gráfico 12 – Análise das respostas obtidas das questões 1, 2 e 3 do questionário final .....	113
Gráfico 13 – Análise das respostas obtidas da questão 04 do questionário final.....	114
Gráfico 14 – Análise das respostas obtidas da questão 05 do questionário final.....	114

## LISTAS DOS QUADROS

Quadro 1 – Valores das marcações das horas solar de cada grupo .....	54
Quadro 2 – Cronograma das Principais Ações .....	56
Quadro 3 – Grau de qualificação das questões 1, 2 e 3 do questionário final.....	102
Quadro 4 – Resultados dos questionários 01 e 02 .....	109
Quadro 5 – Resultados dos questionários 01, 02 e 03.....	112
Quadro 6 – Resultado qualitativo obtido das respostas das questões 1, 2 e 3 do questionário final.....	113
Quadro 7 – Avaliação geral dos resultados obtidos dos Questionários aplicados.....	115

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	REVISANDO A LITERATURA.....	23
1.2	OBJETIVOS.....	25
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	25
1.2.2	<b>Ojetivos Específicos</b> .....	25
1.2.3	<b>Público Alvo</b> .....	27
2	FUNDAMENTAÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
2.1	A TEORIA DA MEDIAÇÃO DE LEV VYGOTSKY.....	28
2.2	A ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL (ZDP).....	30
2.3	A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI).....	32
3	FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA.....	34
3.1	O MOVIMENTO CIRCULAR E UNIFORME (MCU).....	34
3.2	MEDIDAS ANGULARES.....	38
3.3	DESLOCAMENTO ANGULAR.....	39
3.4	VELOCIDADE ANGULAR MÉDIA E INSTANTÂNEA.....	40
3.4.1	<b>Relação entre as Velocidades Linear e Angular</b> .....	41
3.5	PERÍODO E FREQUÊNCIA.....	42
3.5.1	<b>Relação entre Período, Frequência e as Velocidades Linear e Angular</b> .....	43
3.6	MOVIMENTO APARENTE DO SOL.....	44
3.7	O PÊNDULO DE FOUCAULT.....	45
3.8	APLICAÇÃO PRÁTICA DO MCU: O RELÓGIO DE SOL E A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA.....	49
4	FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA.....	50
4.1	O UNIVERSO E O PERFIL DOS ESTUDANTES.....	50
4.2	METODOLOGIA E A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	51
4.3	DETERMINANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA.....	77
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	79
6	CONCLUSÃO.....	116
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO 01 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 01.....	123

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 02 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 02.....	124
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO 03 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA 03.....	125
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO 04 – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL ..	126
APÊNDICE E – ROTEIRO PARA DETERMINAR A ROTAÇÃO DA TERRA ...	127
APÊNDICE F - DISCUTINDO OS VALORES POR CADA GRUPO .....	128
APÊNDICE G - PRODUTO EDUCACIONAL.....	129

## 1 INTRODUÇÃO

Pela nossa experiência como professor da educação básica por mais de 20 anos, podemos dizer 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, histórico 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.

Portanto, 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.

## 1.1 REVISANDO A LITERATURA

*Azevedo et al (2013)*, em seu artigo *Relógio de Sol Analêmico*, comenta sobre a construção desse tipo de relógio com interação humana, no caso os próprios alunos, e sua importância no auxílio ao processo de ensino-aprendizagem de conceitos básicos da física e da astronomia. Nesse tipo de relógio o estudante faz o papel do gnômon o que traz resultados satisfatórios no sentido de instigar a natureza investigativa do aluno. Para *Pinto (2013)*, no seu artigo *Funcionamento e Traçado do Relógio de Sol*, artigo esse que foi trabalhado com os estudantes para discussão do aprendizado, ele fala da importância desse artefato nas áreas das ciências e seu valor inestimável como também seu funcionamento e traçado gráfico de alguns tipos de relógio de sol. Como também seu valor decorativo e interesse histórico. Já no seu artigo *Relógio de sol: A geometria do Tempo*, *Pinto (2008)*, fala da eficiência do relógio de sol no tocante a medir o tempo solar e que, ponto de vista científico, pelo fato de funcionar como um modelo simplificado da esfera celeste, torna-se uma ferramenta muito útil para o estudo da astronomia, trigonometria e geometria. Para *Do Nascimento*, em sua tese de Doutorado, *Relógio de sol das regiões brasileiras*, ele faz uma proposta interdisciplinar entre Matemática, Geografia e Ciências, fazendo uma abordagem sobre equinócio, solstício rotação, translação, latitude, longitude medida de ângulo, distância, perpendicularidade, circunferência entre outras e, a importância desses conhecimentos para a construção do relógio solar para uma melhor compreensão dos conceitos abordados em Matemática, Geografia etc. no seu artigo *Construindo Relógio de Sol no Ciclo Básico*, *Do Nascimento* comenta sobre a construção desse artefato como processo de ensino-aprendizagem e aprendizagem significativa para estudantes do 6º ano do ensino básico, abordando a interdisciplinaridade entre a Geografia. *De França (2021)*, em seu artigo *Construção de Relógio de Sol* fala sobre a exploração e a montagem do relógio de sol equatorial e sua importância ao estimular o estudante à prática da ciência de forma concreta e sua interdisciplinaridade. *Cardoso (2015)*, no seu artigo *Relógio de sol para ensinar Matemática e Física de maneira Integrada*, comenta sobre a riqueza do relógio de sol em apresentar alternativas para ensinar mecânica, matemática e suas interações com outras disciplinas, enfatizando, principalmente, a medida do tempo através da sombra do gnômon, a determinação da latitude e a projeção dos

polos e meridianos norte-sul celeste local. Ros fala no seu artigo Horizonte Local e Relógio de Sol, sobre a importância do estudo do horizonte onde ela promove as primeiras observações dos alunos nas escolas, em que, a partir de um modelo de esfera celeste construído com os alunos ela mostra o movimento da abóbada celeste para que eles compreendam a esfera celeste vista do exterior e do interior dela, como também a construção de um relógio solar equatorial para explicar aos alunos as estações do ano em ambos os hemisférios norte e sul. Já Souza (2019), em seu artigo Geometria esférica e o Relógio de Sol, fala sobre a geometria esférica e mostra alguns resultados como também suas diferenças entre a geometria Euclidiana, sua importância para o cálculo de ângulos horários do relógio de sol, fazendo passo a passo a construção dele e a leitura de um relógio de sol horizontal em qualquer localização do Brasil. Para Calil (2008), em sua obra Analema de Vitruvius: Dos Relógios solares até o Relógio de sol Plano Horizontal, fala da importância da arquitetura de Vitruvius do século I a.C. dos 10 livros escritos por ele onde, apenas o nono apresenta o propósito de explicar a astronomia com fundamentos da mecânica celeste tendo como resultado final a construção de relógios de sol e a representação do analema de Vitruvius. Trata-se de uma análise fundamental que antecede todas as demais construções de relógios solares existentes na época. No artigo de Lopes (2017), Relógios de Sol nas aulas de Matemática, ele comenta a respeito das dificuldades dos alunos em trigonometria e geometria e, utiliza os conhecimentos básicos da astronomia relacionados ao relógio de sol para reverter essas dificuldades além de apresentar aos alunos diferentes tipos de relógios de sol equatorial. No trabalho de Gonçalves (2018), 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, ele comenta sobre a potencialidade da matemática na sala de aula, a importância da trigonometria para as grandes navegações e alguns instrumentos, entre eles o relógio de sol construído a partir dos conceitos de geometria e trigonometria. Para Lima (2018), que no seu artigo A Construção do relógio de sol para auxílio do ensino de unidades de tempo, ela fala sobre a história da matemática por meio do relógio de sol em turmas de 6º ano do ensino fundamental.

Assim pode-se perceber que em um recorte temporal de 2008 à 2021, todas as literaturas revisadas falam sobre a importância do relógio de sol para fins didáticos para promover o processo de ensino-aprendizagem e sua riqueza no que diz respeito ao

campo das ciências além de sua interdisciplinaridade com outras ciências, no entanto nenhuma literatura revisada nesse recorte temporal faz menção ao uso desse artefato para determinação da velocidade de rotação da Terra.

Considerando os aspectos discutidos na introdução bem como nas literaturas revisadas, delineiam-se a seguir os objetivos que orientaram esse estudo.

## 1.2 OBJETIVOS

A experimentação no ensino de Física, especialmente no contexto escolar público, pode assumir um papel transformador quando articulada a estratégias investigativas e fundamentações teóricas sólidas. Esta pesquisa foi realizada com alunos do ensino médio de uma escola pública em Pernambuco, utilizando uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). A proposta teve como base a teoria da mediação de Vygotsky e buscou promover o aprendizado sobre a rotação da Terra por meio da construção e uso de um relógio solar.

A partir dessa abordagem, definiram-se os seguintes objetivos:

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é demonstrar que a construção de um relógio de sol pode ser vista como produto educacional, com o uso de materiais reutilizáveis de baixo custo e de fácil acesso e, através desse artefato, determinar a velocidade de rotação da Terra.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Com a finalidade de atingir o objetivo geral desse trabalho, serão utilizados os seguintes conceitos específicos:

A - Diagnosticar a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de cada estudante por meio da elaboração e aplicação de questionários para identificar o nível de

desenvolvimento dos estudantes sobre conceitos de Astronomia e Física, observando como referencial a teoria da mediação de Vygotsky.

B - Selecionar e disponibilizar materiais de estudo, como textos e vídeos, que abordem conceitos de Astronomia e Física de maneira clara e acessível, com vistas a de ampliar o grau de desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

C - Construir, junto com os estudantes, um relógio de sol, utilizando materiais de baixo custo e de fácil aquisição.

D - Determinar a velocidade de rotação da Terra através das medidas das horas do relógio de sol, dados esses coletados pelos discentes.

E - Elaborar um manual de instruções, passo a passo, para confecção do relógio de sol.

F - Elaborar e implementar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), tendo a investigação, como abordagem principal, explorando diferentes recursos e estratégias de ensino, com o intuito de promover a participação ativa dos alunos e que tenha o potencial de promover um aprendizado mais dinâmico, envolvente significativo do conhecimento sobre Astronomia e Física.

A sequência de Ensino Investigativa (SEI) teve como norte a aplicação de quatro questionários em momentos distintos, para avaliar a ZDP dos estudantes, e verificar seu desenvolvimento durante todo o processo da construção do conhecimento, isto é, seu nível de desenvolvimento real segundo Vygotsky (1991, p. 56).

Textos e vídeos também serão utilizados os quais abordarão conhecimentos básicos sobre os relógios de sol, de Matemática e de Astronomia e estes irão compor um conjunto de novas linguagens para o indivíduo, através de instrumentos e signos e assim, segundo Vygotsky, enriquecer os processos mentais superiores dos estudantes para que o mesmo tenha capacidade de transitar entre a zona de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento potencial, ou seja, a ZDP Vygotsky (1991, p. 56).

E, nesse momento é fundamental o papel de um adulto – o professor – para mediar esse processo de aprendizagem para que o estudante possa fazer uma relação entre os signos apresentados e seus conceitos.

Também foi confeccionado um livreto instrutivo tipo manual de instrução, contando um pouco da história sobre o relógio de sol, o qual possa contribuir para o ensino da física, tanto no ensino fundamental como no Novo Ensino Médio e que possa ser disponibilizado pelos estudantes dessas respectivas séries, como também

para os professores de diversas áreas do conhecimento, descrevendo, passo a passo, como construir o artefato, seu manuseio e calcular a velocidade de rotação da Terra através dele.

Identificar em cada estudante a capacidade de compreender a linguagem da Física com seus códigos e signos incorporando-os no seu cotidiano bem como no seu contexto social, cultural e histórico e, dessa forma contribuir para a sua Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT), uma vez que, para Gerard Fourez é de fundamental importância e [...] “necessária como fator de inserção dos cidadãos na sociedade atual” como nos diz Sasseron e Carvalho (2011).

### **1.2.3 Público Alvo**

O público-alvo deste trabalho abrange, de forma central, estudantes do 1º ano do Ensino Médio da rede pública estadual e privada, cuja faixa etária oscila entre 14 e 17 anos, inseridos em um contexto educacional que se beneficia de práticas pedagógicas inovadoras e interdisciplinares. Estes jovens, em geral oriundos de comunidades com acesso limitado a recursos científicos práticos, apresentam grande potencial para o desenvolvimento de competências e habilidades investigativas e reflexivas, sobretudo por meio de atividades que promovem a observação direta de fenômenos naturais.

Complementarmente, este projeto também é destinado a professores dos anos finais do Ensino Fundamental II e do Ensino Médio, atuantes em disciplinas como Ciências, Física, Matemática, Geografia e ciências afins. Esses docentes, enquanto mediadores do processo de ensino-aprendizagem, são considerados agentes transformadores do espaço escolar, especialmente quando munidos de estratégias que articulam teoria e prática. A construção e o uso de um relógio de sol como ferramenta didática constitui uma proposta acessível, de baixo custo e elevado potencial interdisciplinar, capaz de ampliar o repertório pedagógico dos educadores e fomentar práticas investigativas que promovem maior engajamento estudantil e valorização da Física, da astronomia e ciências afins como campo do saber escolar.

A construção dos objetivos desta pesquisa estão ancorados em um conjunto de contribuições teóricas que serão discutidas a seguir.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão apresentados os principais referenciais teóricos que oferecem suporte à análise proposta nesse trabalho de pesquisa. A fundamentação teórica deste trabalho está inteiramente pautada na obra de Lev Vygotsky, cujas contribuições são essenciais para compreender os aspectos analisados ao longo da pesquisa.

### 2.1 A TEORIA DA MEDIAÇÃO DE LEV VYGOTSKY

No desenvolvimento da teoria da mediação, Vygotsky diz que o desenvolvimento cognitivo e a aprendizagem do indivíduo só acontecem quando ocorrer interação entre sujeitos, uma vez que, para Vygotsky o ser humano não nasce com seu conhecimento cognitivo pronto, como também ele não o recebe já do meio exterior. Há assim nesse processo uma interação de coisas que o indivíduo já conhece, isto é, que vem de dentro dele, conhecimento prévio, e coisas que ele adquire do meio ao qual está inserido, isto é, do contexto social e cultura no qual ele ocorre (Moreira, 2013, p.109). O homem é visto dessa forma, como um ser social ativo e ao longo de sua vida ele vai se construindo através de relações sociais e com o meio em que vive. A interação do homem com o mundo não é direta, é medida por um estímulo que facilita essa operação. Essa mediação se dá por meios de instrumentos e esses instrumentos são feitos pelo homem que contém signos e são esses signos que os leva a uma ação. O instrumento é aquilo que é usado para fazer alguma coisa, realizar uma tarefa ou resolver um problema, enquanto o signo é a função psicológica superior e, dentro dos signos está a representação de mundo, ou seja, é aquilo que substitui o objeto ausente. Segundo Lev Vygotsky é pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) (Moreira, 2013, p. 110).

A teoria da mediação desenvolvida por Vygotsky foi utilizada como referência nesse trabalho uma vez que ele valoriza a ação pedagógica e a intervenção do educador na formação do sujeito. Então, essa teoria torna-se um dos pilares para a realização desse trabalho com a proposta de desenvolver o conhecimento cognitivo e a aprendizagem dos estudantes através da metodologia de uma Sequência de Ensino investigativa (SEI), utilizando para tal a construção de um relógio de sol o qual servirá como instrumento para determinação da velocidade de rotação da Terra.

O trabalho de Lev S. Vygotsky, encontrado nas suas obras literárias “Pensamento e Linguagem” e “A Formação Social da Mente”, com as colaborações de Alexander Luria e Leontiev, ganha destaque não só na área da psicologia ela também é bastante aceita na pedagogia uma vez que ela trata do desenvolvimento cognitivo do indivíduo onde a coletividade, isto é, a interação social homem-ambiente, são fundamentais para esse processo. Segundo o próprio Vygotsky “os sistemas de signos (a linguagem, a escrita, o sistema de números), assim como o sistema de instrumentos, são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural”. Diferentemente do trabalho desenvolvido por Piaget Vygotsky valoriza a escola, a intervenção pedagógica e o papel do professor na formação do indivíduo (Marta Kohl - <https://youtu.be/T1sDZNSTuyE?si=IEFjUxC1xwbix5Cq> ). Em virtude desse aspecto, esse trabalho tem como base teórica a teoria da mediação desenvolvida por Lev Vygotsky que atuou em várias áreas do conhecimento. “Lev Semyonovich Vygotsky nasceu em 1896 na Belarus país que fez parte da extinta União Soviética, na cidade de Orsha e faleceu de tuberculose na capital Moscou em 1934, aos 37 anos de idade. Formou-se em Direito em 1917, na Universidade de Moscou e, mais tarde em História e Filosofia na Universidade de A. L. Shanyavskii”. Influenciado pela revolução Russa de 1917 e, por ser um marxista, Vygotsky tenta desenvolver uma psicologia com essas características (Moreira, 1995).

A Teoria da Mediação aplicada por Lev Vygotsky tem como principal objetivo mostrar que o desenvolvimento cognitivo do estudante se dá a partir de sua interação com o social, isto é, o desenvolvimento do conhecimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre, Moreira (2013, p. 95). A partir da socialização na perspectiva de levar o estudante “a aprender a aprender” de acordo com Moreira (2013, p. 211) e, segundo Piaget (1976 apud Carvalho, 2013, p. 7) da “*importância de um problema para o início da construção do conhecimento*”, esse trabalho teve como metodologia a SEI, que necessita de uma situação problema a ser resolvida através da interação, ou seja, mediação dos conhecimentos entre alunos – alunos e alunos – professor, Uma vez que, a interação do homem com o mundo não é direta e sim medida por um estímulo que facilita essa operação. (Moreira, 2013, p. 110).

A seguir, será explorado o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal

formulado e desenvolvido por Vygotsky, cuja relevância é central para a compreensão do papel da mediação e da interação social na aprendizagem.

## 2.2 A ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL (ZDP)

Segundo Vygotsky, “o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais superiores” (Moreira, 2013, p. 110), ou seja, aquelas que nos diferencia dos animais irracionais já que, para que ela ocorra – a aprendizagem – esta deverá acontecer dentro da zona de desenvolvimento proximal (ZDP) que é a distância entre o nível de conhecimento real e o nível de conhecimento potencial do indivíduo.

Levando em consideração as experiências realizadas por Vygotsky, onde suas observações relacionadas ao processo de desenvolvimento cognitivo são realizadas com grupos de crianças uma vez que para ele não há aprendizado sem que haja a interação de pelo menos um par de indivíduos, “não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo se torna capaz de socializar: é por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores” (Driscoll, 1995, p. 229, apud Moreira, 2013, p. 96).

Em seu livro “A formação Social da Mente”, Vygotsky fala da importância dos instrumentos e signos no desenvolvimento da criança, (Vygotsky, 1991, p.17) uma vez que pra ele:

[...] “os processos mentais superiores, ou seja, pensamento, linguagem, comportamento volitivo, têm origem em processos sociais; o desenvolvimento cognitivo do ser humano não poder ser entendido sem referência ao meio social” (Moreira, 2013, p. 110).

Os instrumentos são a materialização da função social enquanto os signos são funções psicológicas superiores. Quando grupos de estudantes são organizados para realizar experimentos e/ou confeccionar modelos de experimentos acontece, simultaneamente, interações sociais, mediações e internalizações de conhecimentos. Podemos assim concluir que o conjunto dessas atividades mediadas ou indiretas constitui a aprendizagem que, para Vygotsky, faz parte da cognição humana. Por

exemplo os estudantes ao terem contato com instrumentos como régua e transferidor, além dos conceitos de arcos e ângulos e sua relação com medidas de arcos, conceitos de latitude, equinócio e solstício, movimento aparente do Sol, além da determinação da linha Norte-Sul geográfico, que foram trabalhados inicialmente com eles, podemos dizer que estamos atuando dentro da zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de cada estudante. Sendo assim, é nessa zona que ocorre a aprendizagem, fazendo com que o estudante avance de seu nível de desenvolvimento real para a zona de desenvolvimento potencial, a qual é definida como a diferença entre o que o estudante é capaz de fazer sozinho e o que ele pode fazer com a ajuda de outros indivíduos, seja o professor ou outro colega do grupo que tenha mais conhecimento que ele.

Assim é possível avaliar, de forma qualitativa, a ZDP dos estudantes uma vez que, segundo Vygotsky, para ocorrer a aprendizagem, a interação social deverá acontecer dentro da zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que é a distância entre aquilo que o estudante já sabe, seu nível de conhecimento real, e aquilo que ele, o estudante, possui potencialidade para aprender, seu nível de conhecimento potencial, com a ajuda de um adulto (professor) ou um colega de classe.

Sendo assim, foi possível conciliar a teoria da mediação vygotskyana, com a metodologia da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), uma vez que promover o desenvolvimento e a aprendizagem coletiva de nossos estudantes em nossas escolas sempre traz resultados satisfatórios seja no que diz respeito ao conhecimento abordado ou as metodologias aplicadas em sala de aula as quais tem como objetivo, tornar nossos estudantes cidadãos críticos e alfabetizados cientificamente e tecnologicamente.

Em se tratando dos instrumentos utilizados nesse trabalho foram utilizados questionários, textos e vídeos além do próprio relógio de sol, os quais foram utilizados e analisados qualitativamente pois segundo Moreira (2013, p. 96), “um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa”.

A ZDP orientou a escolha por estratégias colaborativas. A seguir, apresentaremos a SEI aplicada no projeto com os grupos de estudantes.

## 2.3 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)

A Sequência de Ensino por Investigação, proposto por Anna Maria Pessoa de Carvalho, surgiu a partir de um projeto de orientação de professores do ensino fundamental e médio o qual ocorreu no Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física (LAPEF), na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), (Carvalho, 2018, p. 765). De acordo com a pesquisadora, “o programa de pesquisa atual envolve estudar a relação entre o ensino e a aprendizagem em sala de aula e a formação de professores de Ciências para o Ensino Fundamental, e de Física para o Ensino Médio, no contexto do ensino por investigação” Carvalho (2013, apud Carvalho, 2018, p. 766). Esse processo de Ensino por Investigação foi definido pela autora e membros da equipe como:

[...] “o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições para que os estudantes tenham condições de pensar, levando em conta a estrutura do conhecimento; de falar, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler, entendendo de forma crítica o que foi lido e, escrever, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas” (Carvalho, 2018, p. 766).

Sendo assim é possível notar que o objetivo da Sequência de Ensino Investigativa não é verificar, apenas a aprendizagem do conteúdo pelos estudantes, mas também, promover outras competências e habilidades, como argumentar, ler e escrever de maneira crítica sobre o referido conteúdo, segundo Carvalho (2018). A escolha do processo da Sequência de Ensino por Investigação para a construção do relógio de sol, enquanto estratégia de ensino-aprendizagem, não foi por acaso, uma vez que existe investigação quando se aborda a origem do relógio de sol bem como sua importância no contexto social e cultural da época, investiga-se também conceitos de Astronomia, Física, Geografia e Matemática, especificamente na área da Geometria como também cria-se situações em que os estudantes podem desenvolver sua capacidade de expressar-se, a partir dos questionamentos feitos durante o processo, como também, durante a construção do próprio relógio de sol. Ao final do processo espera-se que os estudantes envolvidos tenham adquirido as referidas habilidades, principalmente, relacionar a importância do relógio de sol na determinação da

velocidade de rotação da Terra.

Para isso, houve a necessidade de os estudantes responderem a um questionário o qual tratava de perguntas relevantes aos relógios de sol, a leitura de texto e a apresentação de um vídeo, para que pudessem responder o mesmo questionário, em um segundo momento, para que fosse possível fazer uma análise dos níveis de desenvolvimento real e o que eles haviam assimilado antes e depois da aplicação desses materiais didáticos.

Segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.) (2013, p. 1) as perspectivas para a aprendizagem de Piaget e Vygotsky mostraram, com pontos de vista diferentes, como as crianças e os jovens constroem seus conhecimentos. No entanto essas diferenças, que pareciam ser conflitantes após debates entre educadores, mostrou-se inexistente e que hoje se sabe que elas se complementam ao serem aplicadas em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

Para a aplicação de uma SEI, ou outro processo metodológico ativo, é de fundamental importância, segundo Piaget, a criação de um problema para o início do conhecimento em sala de aula para que os estudantes possam resolvê-lo o que tornar-se-á um divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino que proporciona aos estudantes condições para raciocinar e construir seu próprio conhecimento (Carvalho, 2013, p.2). a aplicação desse mecanismo de construção do conhecimento pelos indivíduos, segundo Piaget propõe conceitos como equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio (Piaget, 1976, apud Carvalho, 2013, p. 2). “No entanto o importante desta teoria para a organização do ensino é o entendimento que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior” (Carvalho, 2013, p.2) fato este que fundamenta a aplicação de um questionário para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes.

A seguir iremos apresentar o próximo capítulo que trata da Fundamentação Física, com foco nos conceitos físicos que justificam a construção e o funcionamento do relógio de sol como também para a compreensão do desenvolvimento dos cálculos para a determinação da rotação terrestre.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA

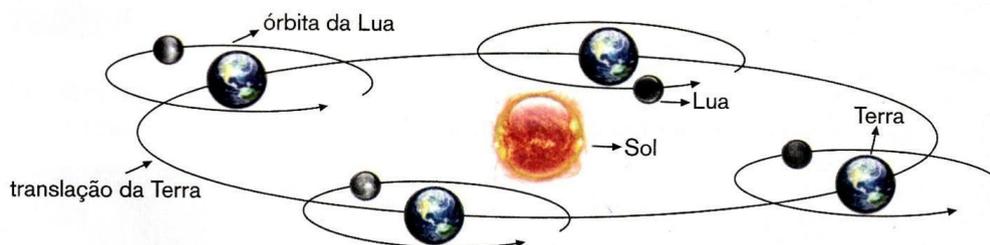
Nesse capítulo iremos abordar as bases fundamentais da física que foram necessárias para o entendimento e desenvolvimento do raciocínio teórico desse trabalho. Considerando que será utilizado um relógio de sol e, a partir da medição das horas proveniente do movimento aparente do Sol o qual projetará a sombra (ponteiro do relógio) do estilo (palito de churrasco) sobre o quadrante desse relógio, sombra esta que determinará uma trajetória circular entre duas horas distintas consecutivas, a cinemática da rotação e os conceitos relacionados aos movimentos circulares e suas grandezas angulares serão necessários para que possamos atingir nosso objetivo. Sendo assim, passaremos a conceituar o movimento circular e uniforme e suas expressões para a compreensão desse processo.

#### 3.1 O MOVIMENTO CIRCULAR E UNIFORME (MCU)

Ao longo da história muitos cientistas estudaram os movimentos circulares para entender os fenômenos de suas pesquisas, principalmente no que diz respeito aos sistemas planetários propostos por alguns desses cientistas. Podemos citar alguns deles os quais tiveram mais relevância na história: Aristóteles (384–322 a.C.), “Este filósofo foi talvez o primeiro a organizar, sistemática e coerentemente, a teoria do universo existente. Esse universo consistia praticamente numa esfera de estrelas gigante que no interior da superfície externa, apresentava todo o universo”. Nicolau Copérnico (1473–1543), “retirando a Terra da posição que ocupava desde o início da humanidade, o centro do universo, e colocando-a, juntamente com todos os planetas conhecidos, a girar em redor do Sol, Copérnico foi o grande inovador que, apesar de não ter conseguido completamente separar-se das antigas teorias, abriu o caminho para uma nova mentalidade por parte de novos astrônomos e filósofos, que acabou com o desmoronamento completo da ultrapassada concepção da Terra imóvel no centro do universo” (Thomas Kuhn, 2002, p. 5 - 9). Cláudio Ptolomeu (100–170 d.C.), “estudou em Alexandria e apresentou uma descrição matemática detalhada dos movimentos do Sol, da Lua e dos planetas em torno da Terra, apoio para toda a

astronomia ocidental nos séculos seguintes. Baseava-se na teoria dos epiciclos, desenvolvida por Apolônio. De acordo com essa proposta, um planeta gira em órbita circular em torno de um ponto que, por sua vez, descreve movimento circular em torno da Terra, gerando um movimento ligeiramente elíptico”. Tycho Brahe (1546 – 1601), “astrônomo dinamarquês, realizou medidas precisas do movimento dos astros, no observatório fundado por ele, com instrumentos de precisão jamais vista; discordou de algumas ideias de Aristóteles e também de Copérnico. Criou sua própria cosmologia, com a Terra fixa no centro do universo, a Lua e o Sol em órbitas terrestres, porém admitindo os planetas em órbita ao redor do Sol”. Johannes Kepler (1571–1630), “sucedeu Tycho Brahe e chegou às três leis dos movimentos dos planetas, com a publicação, em 1609, de *A nova astronomia*. Resultou de anos de observação do movimento de Marte, que não apresentava movimento circular uniforme e sim elíptico, com velocidade crescente ao se aproximar do Sol e decrescente ao se afastar dele”. Galileu Galilei (1564–1642), “contemporâneo de Kepler, estudou o movimento dos corpos próximos à Terra, descobriu a lei do movimento de um pêndulo e pesquisou a queda dos corpos, provando que, ao contrário da teoria aristotélica, o tempo de queda independe do corpo ser leve ou pesado” (Telles, Dirceu D.; Netto, João M. 2011, p. 18 - 21). Isaac Newton (1643–1727) e outros. A figura 1 abaixo representa um exemplo de movimento circular, considerado uniforme. A imagem ilustra o movimento de translação da Terra ao redor do Sol e o movimento orbital da Lua ao redor da Terra. O Sol está representado no centro, enquanto a Terra percorre sua órbita ao redor dele. A Lua, por sua vez, orbita a Terra em diferentes posições ao longo do trajeto. As setas indicam a direção dos movimentos, reforçando a dinâmica do sistema. Isso são exemplos de movimentos circulares que podemos considerar uniforme.

Figura 1 – Representação dos movimentos da Terra e da Lua



Fonte: Bonjorno, Clinton, Eduardo Prado e Casemiro (2016, p. 108. V.1).

Várias são as situações que o movimento circular está presente, se não dissermos que todos os movimentos do Universo são circulares levando em consideração sua análise macroscópica, uma vez que consideramos o próprio Universo esférico.

Para uma melhor compreensão da utilização do relógio de sol como produto educacional e instrumento para determinar a velocidade de rotação da Terra, é necessário que tenhamos conhecimento dos conceitos físicos básicos envolvidos para atingirmos tal objetivo. Diante desse fato é de fundamental importância conhecermos os princípios básicos da cinemática e em especial o movimento circular e uniforme e suas grandezas angulares uma vez que utilizaremos o movimento aparente do Sol em sua trajetória no Céu o qual percorrerá um arco de circunferência entre duas marcações de horas, bem como a trajetória projetada pela sombra do estilo (gnômon) sobre o quadrante do relógio solar. A figura 2 a seguir mostra um quadrante do relógio solar com suas horas indicadas sendo percorrida pela sombra do gnômon, guiada pelo deslocamento aparente do Sol no Céu.

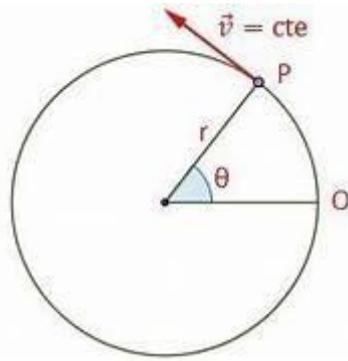
Figura 2 – Quadrante de um relógio de sol



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Para Moysés Nussenzveig, o MCU é um movimento plano de grande importância para a física uma vez que, sendo a trajetória circular, o módulo da velocidade instantânea é constante e a partícula descreve arcos de círculos iguais em tempos iguais. Sendo assim temos um movimento periódico, onde o período é o tempo necessário para a partícula realizar uma volta completa. No relógio de sol podemos observar que a sombra do estilo percorrerá distâncias iguais a cada hora, o que não representa o período já que o quadrante do relógio utilizado corresponde a um semicírculo. Na figura 3 abaixo temos uma representação de uma trajetória circular realizado por uma partícula em MCU. Podemos observar que  $r$  é o raio da trajetória circular, “a posição  $P$  da partícula é definida pelo ângulo  $\theta$  (teta) entre o vetor deslocamento  $r$  correspondente com origem no centro do círculo”.  $OP$  é o arco que corresponde ao ângulo  $\theta$  (teta) sobre a circunferência e  $v$  é a velocidade vetorial constante do ponto  $P$ .

Figura 3 – Movimento Circular



Fonte: <https://www.universoformulas.com/fisica/cinematica/movimiento-circular-uniforme/>.

### 3.2 MEDIDAS ANGULARES

Um dos conceitos fundamentais que precisamos abordar para uma melhor compreensão e entendimento da aplicabilidade do relógio de sol como instrumento para a determinação da velocidade de rotação da Terra são as grandezas angulares usadas na Geometria elementar, isto é, o grau e a revolução (ou volta). E a relação entre essas duas grandezas é:

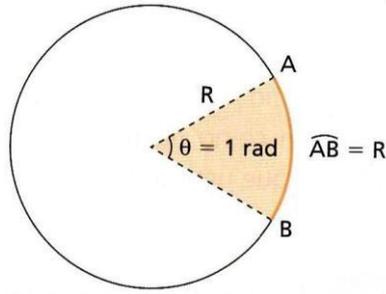
$$1 \text{ volta} = 1 \text{ rev} = 360^\circ \quad (1).$$

Na trigonometria é introduzida uma outra unidade: o radiano, cujo símbolo é rad que é a unidade de ângulo no SI (Calçada, Caio Sérgio, 2012, p. 182). Assim a relação entre essas grandezas fica expressa dessa forma:

$$1 \text{ volta} = 1 \text{ rev} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad} \cong 6,28 \text{ rad} \quad (1.1).$$

Quando ocorre da medida do ângulo central de uma circunferência corresponder a um arco de comprimento igual ao raio dessa circunferência a medida do ângulo  $\theta = 1$  rad (teta igual a um radiano) como está representado na figura 4 a seguir em que R é o raio da circunferência e  $\theta$  (teta) é o ângulo do arco AB.

Figura 4 – Representação de 1 radiano (1 rad)



Fonte: Física clássica, 1: mecânica: Caio Sérgio Calçada, José Luiz Sampaio, 2012, p. 183).

Como consequência dessa definição temos que:

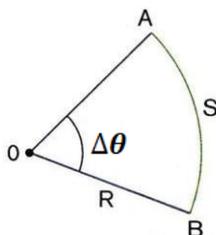
$$\theta = \frac{\text{arco } AB}{\text{Raio}} \Rightarrow \theta = \frac{S}{R} \Rightarrow S = \theta \cdot R \quad (1.2),$$

em que S é o comprimento de um arco de raio R e ângulo  $\theta$  (teta).

### 3.3 DESLOCAMENTO ANGULAR

Toda partícula cujo movimento descreve uma trajetória curva ou circular e, cujo módulo de sua velocidade não varia com o tempo, é denominado de movimento circular e uniforme (MCU). Enquanto no estudo do movimento de uma partícula em trajetória retilínea usamos grandezas lineares, no movimento circular de uma partícula utilizamos as grandezas angulares. Sendo assim precisamos conhecer a relação entre arco e ângulo medido em radiano (rad). Na figura 5 a seguir, o ângulo  $\Delta\theta$  (delta teta) é o deslocamento angular da partícula e S é o espaço percorrido entre dois pontos A e B, dividido pela medida do seu raio.

Figura 5 - Trajetória percorrida por uma partícula em MCU



Fonte: Bonjorno, Clinton, Eduardo Prado e Casemiro (2016, p. 105. V.1).

Se a posição angular de um corpo que gira em torno de um eixo de rotação muda de  $\theta_1$  (teta 1) para  $\theta_2$  (teta 2), o deslocamento angular do corpo é dado por

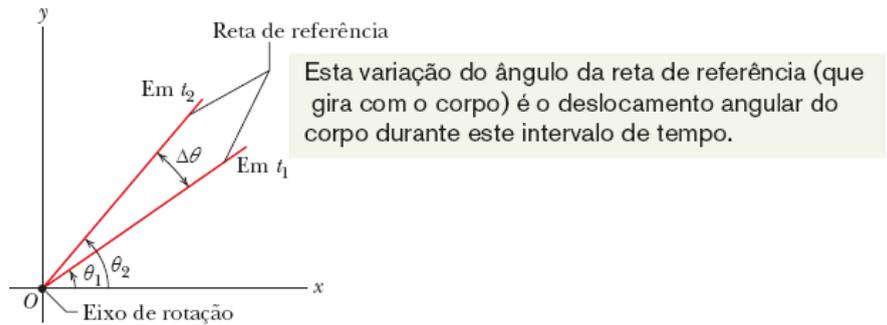
$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad (2),$$

em que  $\Delta\theta$  (delta teta) é positivo para rotações no sentido anti-horário e negativo para rotações no sentido horário.

### 3.4 VELOCIDADE ANGULAR MÉDIA ( $\omega_m$ ) E INSTANTÂNEA ( $\omega$ )

Para descrever a rotação de um corpo rígido em torno de um eixo fixo, conhecido como eixo de rotação, imaginamos uma reta de referência, fixa em relação ao corpo e perpendicular ao eixo de rotação, conforme mostrado na figura 6. Pode-se observar que  $\Delta\theta$  (delta teta) é a variação do deslocamento angular entre  $\theta_1$  (teta 1) e  $\theta_2$  (teta 2), entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ . Medimos a posição angular  $\theta$  dessa reta em relação a uma direção fixa no espaço, também perpendicular ao eixo de rotação (Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. 2023, p. 263). Para nós, o eixo de rotação fixo será o estilo do relógio de sol pelo qual iremos determinar as trajetórias circulares do Sol no Céu e da sombra no quadrante do referido relógio de sol.

Figura 6 – Deslocamento circular entre dois pontos distintos



Fonte: Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl, 2023. p.266.

Se um corpo sofre um deslocamento angular  $\Delta\theta$  (delta teta) em um intervalo de tempo  $\Delta t$  (delta t), a velocidade angular média  $\omega_m$  (ômega ) do corpo é dada por:

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (3).$$

“A velocidade angular (instantânea)  $\omega$  (ômega), na qual estaremos mais interessados, é o limite da razão da equação abaixo quando  $\Delta t$  (delta t) tende a zero”. A velocidade angular (instantânea)  $\omega$  do corpo é dada por:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (4).$$

### 3.4.1 A Relação entre as velocidades Linear e Angular

A velocidade escalar ou linear de uma partícula numa trajetória circular é definida pela razão entre o arco AB percorrido, por essa partícula, de medida  $\Delta S$  (delta s) conforme a equação (4), pelo intervalo de tempo  $\Delta t$  (delta t), ou seja:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (5).$$

Na equação (4) pode-se perceber que, para  $\Delta\theta$  (delta teta) medido em radiano, temos a seguinte relação:

$$\Delta S = \Delta\theta \cdot R \quad (6).$$

Sendo assim,

$$V = \frac{\Delta\theta \cdot R}{\Delta t} \Rightarrow V = \omega \cdot R \quad (7).$$

Podemos perceber que da equação (7) acima podemos expressá-la da seguinte forma:

$$\omega = \frac{V}{R} \quad (8).$$

Ou seja, a velocidade angular pode ser expressa pela razão entre a velocidade linear da partícula e o raio de sua trajetória. A velocidade angular se mede em rad/s, ou simplesmente em  $s^{-1}$ . Assim por exemplo a velocidade angular do ponteiro dos segundos de um relógio, para o qual  $T = 1$  minuto é  $\omega = (2\pi/60) s^{-1}$ . A escrita sob a forma  $V = \omega \cdot R$ , nos mostra ainda que num disco em rotação uniforme (por exemplo um disco LP num toca-discos), a velocidade linear cresce linearmente com a distância ao centro, sendo nula no centro e máxima na periferia (Nussenzveig, Herch M., 2013, p. 80). *É fato e também observado em relação ao movimento de rotação dos planetas.*

### 3.5 PERÍODO E FREQUÊNCIA

O movimento de uma partícula movendo-se em um círculo com rapidez constante é muitas vezes descrito em termos do *tempo T necessário para uma volta completa*, chamado de período o qual é medido em segundos. Durante um período, a partícula viaja uma distância de  $2\pi r$  (onde  $r$  é o raio do círculo) e então sua rapidez  $v$  está relacionada a  $r$  e  $T$  por (Tipler, Paul A.; Mosca, Gene, 2009, p. 79). Já a frequência  $f$  é o número de voltas ou revoluções que essa partícula realiza na unidade de tempo medida revoluções por segundos (rps) que no SI é denominado de Hertz (Hz).

$$V = \frac{2\pi r}{T} \quad (9).$$

### 3.5.1 Relação entre Período, Frequência e as Velocidades Linear e Angular

Para uma partícula que realiza uma volta completa em um segundo, temos a seguinte relação:

$$\begin{aligned} T &\rightarrow 1 \\ & \quad \quad \quad (10), \\ 1 &\rightarrow f \end{aligned}$$

então, podemos concluir que:

$$T \cdot f = 1 \quad (10.1),$$

logo:

$$T = 1/f \quad (10.2) \text{ e,}$$

$$f = 1/T \quad (10.3).$$

Assim podemos relacionar a velocidade linear, a velocidade angular com o período e a frequência de um MCU utilizando a equação (4), conforme a seguir:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (4).$$

Para uma volta completa em sua trajetória circular temos que  $\Delta t = T$ , então o deslocamento angular deverá ser igual a  $\Delta\theta = 2\pi$  radiano, logo:

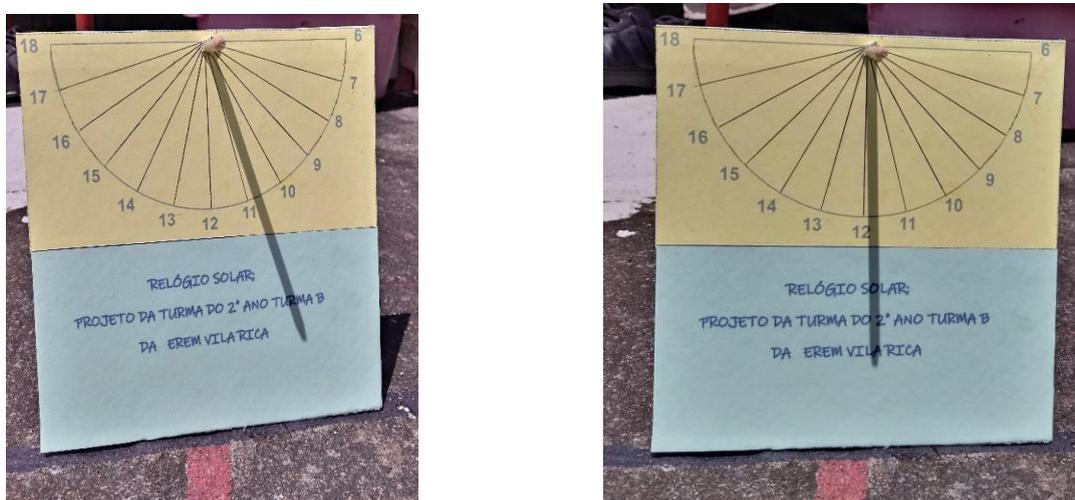
$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (11).$$

Sendo a a frequência o inverso do período, como vimos na equação (10.3), temos que

$$\omega = 2\pi f \quad (12).$$

Com os conceitos e propriedades abordados nessa seção chegamos a uma relação entre a velocidade escalar média e a velocidade angular média de uma partícula em trajetória circular. A relação entre medida de ângulo e radiano e a relação entre essas duas velocidades, escalar e angular, são as bases fundamentais para a determinação da rotação da Terra com o uso de um relógio de sol, uma vez que o movimento de rotação da Terra em torno de seu próprio eixo determina o movimento aparente do Sol ao longo do arco de sua trajetória no Céu, projetando, assim, um arco de sombra do estilo sobre o quadrante do relógio de sol num intervalo de tempo  $\Delta t$  (delta t), entre duas medidas de horas solar. A figura 7 nos mostra o deslocamento da sombra do estilo (palito de churrasco = gnômon) em duas marcações de hora solar distintas.

Figura 7 – Trajetória da sombra do estilo sobre o quadrante entre duas medidas de horas



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

### 3.6 O MOVIMENTO APARENTE DO SOL

A Astronomia, como sabemos, é uma das mais antigas ciências já estudadas na humanidade e a base de seus estudos é a coleta de dados através das observações de astros os quais realizam seus movimentos através da esfera celeste. Dentre esses astros se destaca o Sol o qual teve e tem sua importância na vida cotidiana e que serviu para dar início aos primeiros calendários para marcações de períodos de plantio

e colheitas como também para marcar as horas durante o dia através de um gnômon vertical. Esta ferramenta consiste em uma vareta cravada verticalmente em um solo plano e sob a luz solar (Afonso, 1996, apud Trogello (Org), 2013, p.2). O movimento aparente diário e anual do Sol e a relação com a sombra de objetos possibilita contar a passagem do tempo com base nesses fenômenos (Reis; Machado, 2007, p.4).

### 3.7 O PÊDULO DE FOUCAULT

As ciências da natureza por si só requerem, dos estudantes, certa atenção no que diz respeito a compreensão das mesmas e como estas são observáveis no cotidiano. Duas ferramentas são fundamentais para essa compreensão: a linguagem escrita, para interpretar o acontecimento dos fenômenos analisados, pois segundo Moreira (2010, p. 12), “cada linguagem, tanto em termos de seu léxico como de sua estrutura, representa uma maneira singular de perceber a realidade. Praticamente tudo o que chamamos de “conhecimento” é linguagem”. E a Matemática, é a linguagem dos símbolos, para expressar de forma algébrica e gráfica os resultados dessas análises.

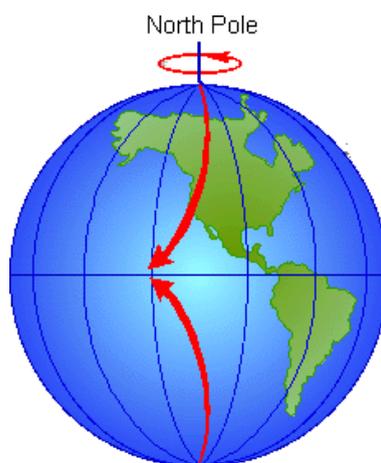
Nesse sentido, e sabendo que a Astronomia por si só fascina a humanidade desde os primórdios dos tempos, faz com que esse trabalho tenha o intuito de levar ao estudante, como muitos professores já o fazem, uma forma de abordar alguns conceitos básicos da Astronomia e da Física, na construção e funcionamento de um dos artefatos mais antigos da Astronomia que é o relógio de sol e, através deste, engajar os alunos na determinação da velocidade de rotação da Terra.

Na história esse processo para determinar o movimento de rotação da Terra já foi realizado por diversas vezes, no entanto, com o uso de um relógio de sol, como produto educacional, após ampla pesquisa junto as bases de dados científicos, desconhecemos, até o momento, uma literatura que tenha realizado tal trabalho em contexto educativo.

A quase 2 séculos, mais precisamente em meados do século XIX, Jean Bernard Léon Foucault, físico francês, nascido em 1819, na cidade de Paris, considerado um dos grandes gênios da sua época, conseguiu provar o movimento de rotação de Terra, isto é, que ela girava, e gira até hoje, em torno de seu próprio eixo, através de um experimento que ficou conhecido como “Pêndulo de Foucault”. Esse experimento foi

realizado por Foucault em 1851 no Panteão de Paris, por ser um prédio alto e fechado e livre de correntes de ar. Para tal experimento ele utilizou uma esfera oca de 30 Kg de massa, na qual, em seu interior, foi colocada uma areia fina que escorria por um pequeno orifício para marcar sua trajetória de oscilação, presa em uma de suas extremidades por um fio rígido de 67 metros de comprimento. Para tal experimento, Foucault se fundamentou no trabalho de um engenheiro e matemático, também francês, Gustave-Gaspard Coriolis que em 1835 “definiu matematicamente uma força que age sobre um corpo em movimento num sistema não-inercial em rotação” denominada força de Coriolis, (figura 8). Essa “força” ocorre quando um objeto se desloca em relação a um referencial não-inercial com movimento de rotação. Ela é o resultado da inércia e da rotação da Terra e tem como característica desviar a trajetória de objetos em movimento. Na figura 8, a seguir, podemos observar a representação da força de Coriolis nas correntes de ar e oceânicas da Terra, representadas pelas setas vermelhas, bem como seu movimento de rotação.

Figura 8 - Representação da “força” de Coriolis nas correntes de ar e oceânicas da Terra



Fonte: <https://br.images.search.yahoo.com/search/images>.

Na figura 9 abaixo, temos uma gravura a qual retrata o experimento de Foucault no qual ele demonstra que a Terra está em movimento em torno de seu eixo e não parada como se acreditava, por grande parte da sociedade científica da época.

O experimento de Foucault teve como objetivo fundamental, provar que a Terra girava em torno de seu eixo e que esse movimento era, e é, responsável pela mudança

do dia e da noite. Ele não teve a preocupação de determinar qual o valor dessa velocidade, o que aconteceu mais tarde. No entanto, naquele momento era de fundamental importância provar que a Terra girava em torno de seu próprio eixo. Na figura 9 a seguir temos uma gravura representativa do Pêndulo de Foucault em que ele apresenta pra comunidade científica no salão do Panteão, em Paris , na França seu experimento que comprovou que a Terra não estava parada no espaço e sim, possuía um movimento em torno de seu próprio eixo .

Figura 9 - [Gravura do experimento de Foucault realizado no Panteão de Paris em 1851 - Imagem: Le Petit Parisien]



Fonte: <https://olhardigital.com.br/ciencia-e-espaco/pendulo-de-foucault>.

Na história, o relógio de sol serviu à várias civilizações como calendário o qual, além de marcar as horas do dia, determinava o tempo para o plantio e para a colheita, como também para outros fins indicando as datas dos solstícios e dos equinócios durante o ano. Esses relógios funcionavam, como ainda hoje funcionam, os existentes, a partir da sombra projetada pelo Sol em uma haste ou coluna (gnômun), também denominada de estilo, posicionada verticalmente ou horizontalmente, conforme o tipo do relógio, a qual projetava sua sombra sobre um quadrante no solo no qual estava escrita as horas em que, sobre essas indicações a sombra do gnômon (estilo) era projetada indicando assim a hora naquele instante. É interessante conhecermos um pouco sobre a origem do relógio de Sol, como surgiu e por que surgiu, qual sua importância naquela época e quais tipos de populações faziam uso de tal objeto.

Devido ao funcionamento dos relógios de sol, temos a necessidade de abordar, discutir e desenvolver, nesse trabalho, os conceitos da velocidade linear e da velocidade angular de forma diferenciada, objetiva e qualitativa dando significado ao referido conceito da física pois:

“Dois fatores modificaram o processo de transferência do conhecimento de uma geração para outra. O primeiro deles foi o aumento exponencial do conhecimento produzido – não é mais possível ensinar tudo a todos. Passou-se a privilegiar mais os conhecimentos fundamentais dando atenção ao processo de obtenção desses conhecimentos. Valorizou-se a qualidade do conhecimento a ser ensinado e não mais a quantidade. O segundo fator foram os trabalhos de epistemólogos e psicólogos que demonstraram como os conhecimentos eram construídos tanto em nível individual quanto social” (Carvalho, org. 2013, p.1).

Tendo em vista a pouca abordagem dos conteúdos de Astronomia trabalhados nas escolas brasileiras, talvez por falta de domínio e/ou falta de tempo dos professores do ensino médio, através da pesquisa e confecção do relógio de sol foi possível abordar alguns conceitos dessa área do conhecimento.

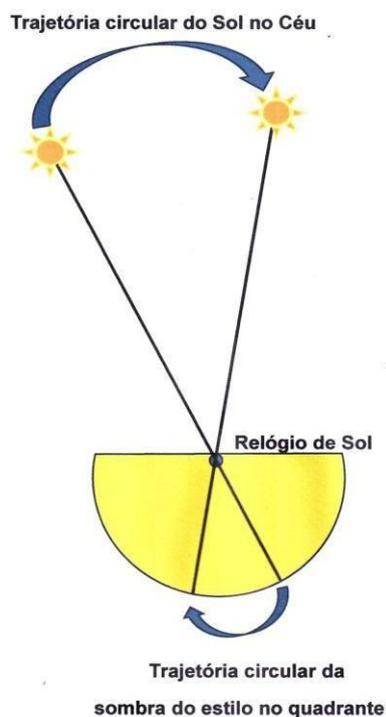
Levando-se em conta que são ministradas apenas duas horas aulas semanais de física nas turmas de 1º ano, proposta pelo Novo Ensino Médio, acreditamos que esse tenha sido o fator explicativo dessa deficiência.

E assim foi possível também ampliar o nível de desenvolvimento real dos estudantes e, ao mesmo tempo perceber a distância entre esse nível e o nível de seu desenvolvimento potencial, ou seja, a zona de desenvolvimento proximal (ZDP), conforme experiências realizadas por Vygotsky, em seu livro “A formação social da mente” (1991, p.56 – 61).

### 3.8 APLICAÇÃO PRÁTICA DO MCU: O RELÓGIO DE SOL E A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA

Vimos que o movimento circular e uniforme tem como característica fundamental o deslocamento de partículas em trajetórias circulares ou quase circulares as quais estão relacionadas com o arco descrito por essas trajetórias e seus respectivos ângulos centrais. Um relógio de sol se utiliza da posição da sombra de um estilo disposto na vertical, horizontal ou inclinado dependendo do tipo de relógio de sol a ser utilizado e de sua localização em relação ao globo terrestre. A sombra desse estilo – essa sombra é o ponteiro do relógio de sol – se desloca descrevendo uma trajetória circular sobre o quadrante desse relógio onde estão definidas as marcações das horas ao longo do dia. Como sabemos, a Terra possui um movimento de rotação em torno de seu próprio eixo, essa trajetória circular descrita pela sombra do estilo é resultado desse movimento. No entanto utilizaremos o conceito do movimento aparente do Sol por questões das observações obtidas durante as aulas de campo. A figura 10 representa um esquema das trajetórias curvilíneas da sombra no quadrante do relógio de sol e o deslocamento aparente do Sol no céu. Esse esquema foi utilizado pelos estudantes para facilitar a determinação da rotação da Terra a partir dos dados coletados pelos relógios de sol. Pode-se observar na figura 10 que a trajetória aparente do Sol no céu, está representada pela linha azul na parte superior da figura. O Sol está representado nos dois momentos de seu deslocamento aparente. As linhas escuras, representam as marcações das sombras indicando as duas medidas das horas. A linha em azul, na parte inferior da figura, representa o deslocamento da sombra do gnômon sobre o quadrante do relógio de sol o qual está representado pelo semicírculo em amarelo descrito na figura 10 a seguir.

Figura 10 – Representação das trajetórias curvas da sombra do estilo e do Sol



Fonte: Criação Dário Souza – 2023.

Tendo em vista os conceitos físicos explorados, apresentamos a fundamentação metodológica que guiou nosso trabalho de pesquisa.

## 4 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Com o intuito de compreender os fenômenos investigados nesta pesquisa, falaremos sobre a fundamentação metodológica com a apresentação do perfil e do universo dos alunos participantes, como também a metodologia e da aplicação do produto educacional, etapa essencial para delimitar o contexto em que se desenvolve o objeto de estudo.

### 4.1 O UNIVERSO E O PERFIL DOS ESTUDANTES

Nosso trabalho de pesquisa, bem como o desenvolvimento de todo o processo

para a construção do nosso produto educacional, ocorreu nas dependências da EREM Vila Rica, cuja fachada do acesso principal está representada na figura 11. É uma escola pública estadual de Referência em Ensino Médio, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana da Capital Recife, no Estado de Pernambuco Brasil.

Figura 11 – Fachada da entrada principal da EREM Vila Rica



Fonte: Acervo da escola.

Esse trabalho foi desenvolvido em dois momentos: primeiro numa turma de 1º ano do Novo Ensino Médio com 41 estudantes, na faixa etária de 14 a 15 anos, no entanto apenas 20 participaram integralmente do primeiro encontro ocorrido no dia 08 de outubro e, nos três encontros seguintes, ocorridos no mês de novembro de 2023, dos 20 estudantes, apenas 12 tiveram participação ativa. O segundo momento ocorreu numa turma de 2º ano do Novo Ensino Médio, porém, com os mesmos estudantes por se tratar de uma escola integral. No entanto o total de estudantes da turma passou a ser 43 alunos, na faixa etária de 15 a 17 anos, e dos 20 participantes iniciais, apenas 12 continuaram o processo durante os encontros restantes.

#### 4.2 METODOLOGIA E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Com base em nossa pesquisa na literatura de artigos científicos (Universidades

Lusiada – Relógios de Sol: A geometria do tempo, (Pinto, 2008), Funcionamento e Traçado do Relógio de Sol, (Pinto, 2013), relógio de sol com interação humana: Uma poderosa ferramenta (Azevedo, 2013), relógio de sol analêmico (Azevedo, 2012), além de outras mencionadas no capítulo 1.1 (Revisando a Literatura), argumentam sobre a medição do tempo, a evolução dos relógios, os tipos de relógios de sol e traçados gráficos de alguns tipos de relógios de sol além de sua importância como fonte de conhecimento para diversas áreas do conhecimento tais como a Astronomia, a Geometria, a Física e a matemática, mencionam a utilização do relógio de sol como instrumento didático porém, sobre o cálculo da velocidade de rotação da Terra, notamos que nenhum trabalho abordava o uso desse artefato como instrumento para tal determinação.

Assim, surgiu a ideia de empregar esse magnífico artefato histórico, de grande importância para o desenvolvimento das civilizações, para engajar os alunos do ensino médio de forma ativa, no cálculo da velocidade de rotação da Terra. o tipo do relógio de sol utilizado para esse trabalho, foi o relógio de sol equatorial pelo fato de ser, entre outros, o mais simples por ser seu quadrante (painel) plano no qual as linhas das horas são equiangulares as quais formam entre si ângulos de  $15^\circ$ . No apêndice G - Produto Educacional - desse trabalho de pesquisa, é possível observar e seguir o passo a passo desde a confecção do relógio de sol até a sua utilização para a determinação da rotação terrestre.

O objetivo foi unir o útil ao agradável, despertando, de forma lúdica o interesse pela pesquisa e pelo conhecimento sistemático, por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) fundamentada na Teórica da Mediação de Vygotsky (1896 – 1934), uma vez que todo o processo foi realizado em grupos de estudantes.

E assim foram formados grupos com 04 estudantes, em média, para realização da oficina para a confecção do relógio de sol, para o desenvolvimento e realização dos cálculos para determinar da rotação da Terra.

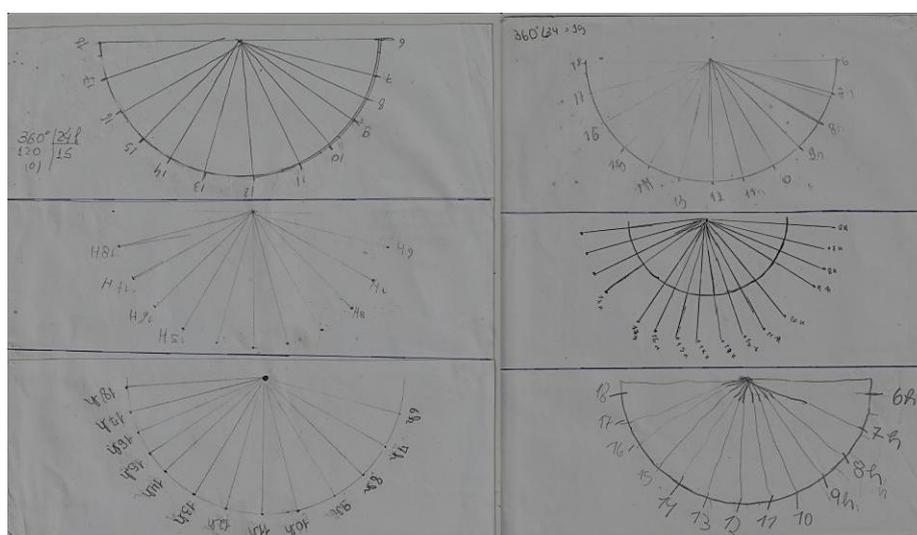
Em seguida ocorreram as discussões entre os grupos de estudantes, mediada pelo professor para chegar a um consenso de como realizar tal feito.

Ao mesmo tempo foi possível observar interações entre cada aluno, em seus respectivos grupos como também, a interação entre os grupos, ou seja, o grande grupo, tanto na confecção do relógio quanto na resolução da situação problema.

Para colocarmos em prática o produto educacional, foi de fundamental importância um diálogo entre gestão escolar, professor e estudantes para que houvesse um consenso no sentido de não prejudicar as aulas de física da turma. Sendo assim, foi disponibilizada uma aula de 50 minutos, das duas aulas de física semanais existentes na turma, de acordo com a grade curricular do 1º ano do Novo Ensino Médio para que não houvesse uma quebra na sequência do processo das atividades realizadas o que acarretaria, provavelmente, em um resultado menos favorável. É de fundamental importância, para alcançar resultados satisfatórios, manter uma sequência lógica do projeto dentro de um intervalo de tempo favorável em média de 6 a 7 encontros.

Na primeira oficina, ou seja, 1º passo para a produção do Produto Educacional, os estudantes confeccionaram o quadrante do relógio de sol e, para isso utilizamos papel A4, lápis, régua e transferidor. No 2º passo, para a calibração das horas no referido quadrante (painel) do relógio, os estudantes fizeram a seguinte relação: se a Terra demora 24h para dar uma volta completa em torno de seu eixo, ou seja, uma rotação de  $360^\circ$ , puderam concluir que  $360^\circ/24h$  corresponde a aproximadamente a  $15^\circ$ . E assim, cada grupo de estudantes puderam confeccionar o quadrante de seus relógios de sol, como é possível ver nas imagens da figura 12.

Figura 12 – Quadrantes dos relógios de sol produzidos pelos grupos de estudantes



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Na figura 12 acima, podemos observar as divisões das horas em ângulos de  $15^\circ$ , para um relógio de sol equatorial, em que as horas variam de 06h até às 18h, horários de predominância do Sol em nossa região nos equinócios de primavera e solstícios de verão.

No dia em que foram feitas as medições das horas nos relógios de sol de cada grupo, dia 13 de maio de 2024, pudemos observar que a hora solar estava adiantada 28 minutos em relação ao horário convencional, o que ocasionou uma surpresa para os estudantes, chegando ao ponto de alguns comentarem que nossos relógios estavam errados. Nesse momento foi discutido o porquê dessa diferença entre o horário solar e o convencional, uma vez que o horário solar está relacionado a posição do Sol em relação a longitude de um determinado local, isto é, seu funcionamento se dá em virtude do movimento aparente do Sol no céu. Enquanto o convencional se baseia em fusos horários, ou seja, pelo fato de que a Terra é dividida em 24 horas iguais. Então para cada relógio de sol tivemos as seguintes medidas de horas, conforme o Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Valores das marcações das horas solar de cada grupo

1º grupo – das 09:20h às 10:38h, o que corresponde a um ângulo de $20^\circ$ ;
2º grupo – das 09:20h às 10:38h, o que corresponde a um ângulo de $20^\circ$ ;
3º grupo – das 09:20h às 10:38h, o que corresponde a um ângulo de $20^\circ$ ;
4º grupo – das 09:20h às 10:44h, o que corresponde a um ângulo de $21^\circ$ ;
5º grupo – das 09:20h às 10:44h, o que corresponde a um ângulo de $21^\circ$ ;
6º grupo – das 09:20h às 10:56h, o que corresponde a um ângulo de $25^\circ$ .

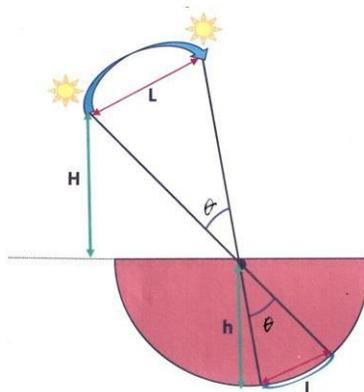
Fonte: Dados da Pesquisa – 2024

Em seguida cada grupo de estudantes determinou o intervalo de tempo em função do deslocamento da sombra do gnômon de cada relógio de sol entre as marcações dos horários solar marcados.

A figura 13 a seguir indica as grandezas que foram utilizadas para a determinação da velocidade média de rotação da Terra em que L representa a trajetória do deslocamento aparente do Sol no céu, H a distância Terra-Sol, l o deslocamento da sombra do gnômon no relógio de sol, h o raio do relógio de sol e  $\theta$  (teta) o ângulo entre

as duas medidas de horas solar.

Figura 13 – Indicação das grandezas para determinar da rotação da Terra



Fonte: Criação: Dário Souza – 2023.

O 1º passo, realizado pelos discentes, foi utilizar um transferidos para medir o ângulo  $\theta$  (teta) entre as duas medidas das horas solar, observadas no relógio solar.

Com esses valores passamos para o 2º passo que foi converter as unidades de cada ângulo para radiano utilizando a seguinte relação:

$$\begin{array}{l} \pi \rightarrow 180^\circ \\ X \rightarrow \theta \end{array} \quad (13)$$

Assim fizemos as conversões dos valores dos ângulos encontrados entre as duas marcações de horas, de graus para radiano, nos relógios de sol de cada grupo.

No 3º passo, determinamos a medida do comprimento “l” dos arcos correspondente a cada medida dos ângulos da seguinte forma:

$$X = l/h \quad (14)$$

No 4º passo, por semelhança de triângulos, determinamos o deslocamento “L” aparente do Sol no céu, pela seguinte relação:

$$L/H = l/h \quad (15)$$

No 5º passo determinamos a velocidade linear de translação do Sol nessa trajetória descrita acima, ou seja:

$$V = L/\Delta t \quad (16)$$

Em seguida, isto é, no 6º passo calculamos a velocidade angular do Sol nessa trajetória, pela relação:

$$V = \omega.R \quad (17)$$

Obs.: Essa velocidade é, na realidade a velocidade angular de rotação da Terra, uma vez que o movimento aparente do Sol é o movimento da Terra.

Considerando que o raio da Terra é desprezível em relação a distância Terra-Sol, ele não foi levado em conta no cálculo dessa velocidade. Portanto o valor utilizado para “R” na expressão acima, foi substituído por “H” a distância Terra-Sol, ou seja:

$$V = \omega . H \quad (18)$$

No 7º passo determinamos a velocidade linear da Terra, fazendo uso da mesma expressão anterior, ou seja:

$$V = \omega.R \quad (19)$$

Obs.: Para esse cálculo o valor de “R” é o raio da Terra.

Por fim, no 8º passo, fizemos a conversão de unidade de medida, já que a velocidade acima determinada está em metros por segundo. Então para obtermos esse valor em quilômetros por hora, multiplicamos esse valor por 3,6 e assim encontramos a velocidade de rotação da Terra.

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 2 a seguir.

Quadro 2 – Cronograma da sequência didática realizada

Aula	objetivo	Data (dd/mm/aa)	Tempo
------	----------	--------------------	-------

1ª	Aplicação do questionário 01	05/10/2023	50 minutos
2ª	Leitura de textos, apresentação de vídeo E aplicação do questionário 02	08/11/2023	50 minutos
3ª	1ª Oficina: Confecção do quadrante do Relógio de sol	16/11/2023	50 minutos
4ª	2ª Oficina: Montagem do relógio de sol	22/11/2023	50 minutos
5ª	Determinação das linhas norte-sul geográficos (1ª aula de campo)	18/03/2024	50 minutos
6ª	Primeiro teste com o relógio de sol (2ª aula de campo)	15/04/2024	20 minutos
7ª	Aplicação do questionário 03	22/04/2024	50 minutos
8ª	Marcações das 6 linhas norte-sul geográficos pelo alunos na cisterna da escola (3ª aula de campo)	30/04/2024	20 minutos
9ª	Primeira tentativa das medidas das horas solar com os 6 relógios de sol dos grupos (abortada) (4ª aula de campo)	08/05/2024	20 minutos
10ª	Retomada das medições das horas solar com os grupos (5ª aula de campo)	13/05/2024	20 minutos
11ª	Debates e discussões sobre a determinação de rotação da Terra com o uso do relógio de sol	19/08/2024	50 minutos
12ª	Aplicação do questionário final avaliativo	19/08/2024	50

			minutos
13 <sup>a</sup>	Determinação da rotação da Terra	19/08/2024	50 minutos

Fonte: Dados da Pesquisa – 2023.

Com o intuito de promover a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, tem-se de organizar as aulas de maneira compatível com os referenciais teóricos, o que não é tarefa fácil em sala de aula segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho. Nesse sentido veio a ideia de, através de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), tornar possível esse desejo, lembrando que “não há expectativa de que os estudantes vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm idade, nem conhecimentos específicos nem desenvoltura no uso das ferramentas científicas para tal realização (Carvalho, org. 2014, p. 9). Essas Sequências de Ensino Investigativas (SEIs), se referem a uma sequência de atividades que ocorrem durante as aulas e que devem contemplar um tópico da grade escolar e que, essas atividades deveram ser planejadas de acordo com o material a ser trabalhado “e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos”:

[...] “condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores” (Carvalho, org. 2014, p.9).

Sendo assim e, com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes, essa sequência de ensino investigativa teve como fundamentação experimental a confecção de um relógio de sol e, a partir do mesmo, a determinação da velocidade de rotação da Terra.

“Para que um experimento sirva como meio efetivo para estudar o curso do desenvolvimento de um processo” ele deve oferecer o máximo de oportunidades para que o sujeito experimental se engaje nas mais variadas atividades que possam ser observadas, e não apenas rigidamente controladas”.

(Vygotsky, 1991, ed.04, p. 14).

Nosso projeto, no primeiro momento, foi desenvolvido com uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada na Cidade de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana da Capital Recife, no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, nos meses de outubro e novembro de 2023 onde foram aplicados dois questionários diagnósticos, a leitura de um texto e a apresentação de um vídeo. O segundo momento ocorreu entre os meses de março a agosto de 2024, onde foram aplicados mais dois questionários diagnósticos. Materiais esses que tratavam sobre relógios de sol, sua construção e geometria e sua importância histórica, social e cultural para o povo da época.

No primeiro encontro ocorreu um bate papo, uma troca de ideias de formato livre, com a turma sobre grandezas e medidas, movimento circular e uniforme (MCU), como também algumas revisões sobre medidas de arcos de circunferências, informando aos estudantes da importância desses conhecimentos os quais seriam fundamentais para o desenvolvimento do nosso trabalho.

Em seguida foi feita a aplicação do primeiro questionário o qual constava perguntas relevantes sobre relógio solar para avaliar a ZDP dos estudantes referentes a esse contexto, especificamente.

Todo esse processo, ou seja, bate papo junto com a aplicação do questionário, ocorreu no dia 05 de outubro de 2023, durante uma aula de 50 minutos. Nesse primeiro momento, apenas 20 estudantes participaram, os quais responderam às perguntas do questionário 01.

A primeira pergunta desse questionário teve o objetivo de explorar do estudante se ele já havia tido algum contato ou ouvido falar em relógio de sol; para a segunda pergunta, o objetivo foi explorar do aluno se ele tinha noção de como o Sol implicaria no funcionamento desse artefato; a terceira pergunta foi pra explorar as diferenças entre relógio solar e relógio convencional procurando distinguir o relógio solar do relógio que funciona com placas solares; na quarta pergunta, tivemos a preocupação de questionar o estudante sobre a busca de quais materiais seriam possíveis para fazer um relógio de sol funcionar; para a quinta pergunta procuramos explorar do alunado

como seria possível medir as horas no relógio de sol; na sexta pergunta tivemos como objetivo explorar o conhecimento do discente sobre a história e importância do relógio de sol; para a sétima pergunta procuramos explorar a criatividade e curiosidade do estudante em buscar uma maneira para solucionar o referido problema; a oitava pergunta teve como objetivo explorar mais profundamente conhecimentos sobre tipos de relógios de sol; a nona pergunta teve como objetivo explorar os conhecimentos geográficos do aluno em relação a latitude da cidade onde eles vivem; para a décima pergunta também teve como objetivo explorar conhecimentos de geografia e astronomia do discente.

Nossa pesquisa teve continuidade no ano seguinte, isto é, em 2024 no período de março à início de agosto, com a mesma turma, sendo agora uma turma de 2º ano do Ensino Médio, momento em que foram aplicados mais dois questionários (ver apêndice): um para resgatar o que foi aprendido e desenvolvido anteriormente, em virtude do longo período de férias e, outro para uma avaliação final da metodologia e da teoria aplicada nesse trabalho, onde foi possível concluir todo o trabalho de pesquisa com os grupos de estudantes que participaram desse processo.

A figura 14, a seguir, mostra os estudantes separados em grupos, respondendo, individualmente, as perguntas referentes ao questionário 01, momento em que foi possível detectar a inquietação, por parte da grande maioria dos estudantes na busca das respostas relativas ao relógio de sol, o que pode ser constatado, de acordo com os resultados obtidos, que poucos sabiam o que era, como funcionava e qual a importância do relógio de sol para as antigas civilizações e de como podemos utilizá-lo nos dias de hoje.

Figura 14 – Estudantes respondendo o questionário 01



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

No nosso 2º encontro, ou seja, dia 08 de novembro de 2023, após a aplicação do questionário 01 e, já feita as análises do mesmo, em outra aula de 50 minutos, foi distribuído um texto para cada um dos estudantes, dessa vez em número de 12, distribuídos em 3 grupos com 4 estudantes, para que eles discutissem o texto “Funcionamento e traçado do relógio de sol” da Universidade Lusíada do Porto (2013), o qual traz como contexto movimento aparente do Sol, os principais componentes do relógio de sol, os tipos e gêneros do relógio de sol. Em seguida foi apresentado aos grupos um vídeo de aproximadamente 10 minutos (<https://www.youtube.com/watch?v=AyN73O2MVfg>) o qual falava sobre um pouco da história do relógio de sol e a evolução dos relógios até os dias atuais, uma vez que, para Vygotsky, “a aprendizagem é que é necessária para o desenvolvimento” (Moreira, 2013, p. 119) para que haja, nessa mediação, “uma apropriação (interiorização) destas construções, via interação social, para que o estudante se desenvolva cognitivamente” (Moreira, 2013, p.111). Após um debate entre os grupos de estudantes, mediada pelo professor, sobre os conteúdos do texto e do vídeo, pode-se perceber, nesse momento vários aspectos da teoria vygotskyana, isto é, interação, mediação, compartilhamento de conhecimentos e internalização da aprendizagem, conforme mostrado na figura 15 a

seguir.

Figura 15 – Momento de discussão, mediação e interação entre os estudantes



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Nesse segundo momento, isto é, após a leitura e discussão do texto e da apresentação do vídeo mencionados acima, os estudantes foram submetidos a uma nova avaliação com o mesmo questionário aplicado anteriormente, como é possível observar na figura 16 a seguir, com o título de questionário 02. Dessa vez participaram, apenas, 12 estudantes. É possível notar, na figura 16 abaixo, o momento de interação, compartilhamento e socialização entre os grupos de estudantes que puderam participar desse momento onde ocorreu desenvolvimento do aprendizado.

Figura 16 – Estudantes respondendo o Questionário 02

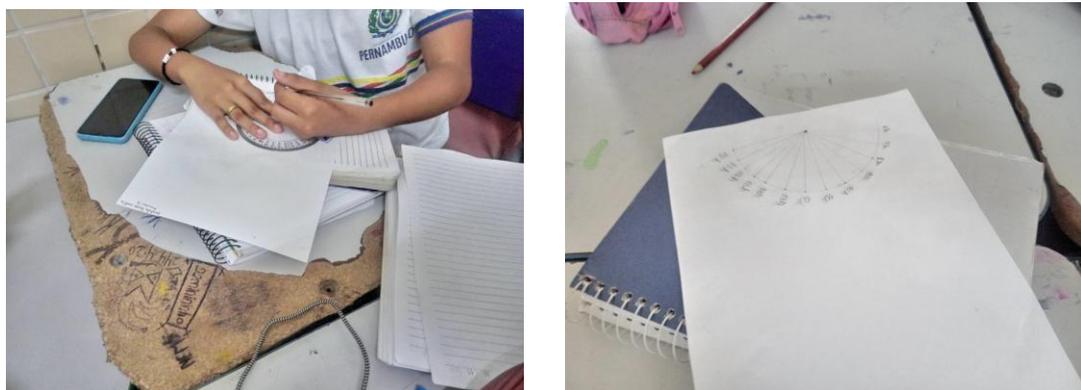


Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Antes de propor, aos estudantes, como determinar a velocidade de rotação da Terra tivemos que confeccionar o relógio de sol. Para a confecção do relógio de sol foi utilizada uma 3ª aula (oficina) de 50 minutos a qual ocorreu no dia 16 de novembro de 2023, momento em que, entre os grupos, foi levantada a questão: como seria o quadrante para fazer a marcação das horas? Nesse momento foi discutido e utilizado os conhecimentos de Geometria e Geografia os quais foram revistos com os grupos anteriormente.

Nesse momento cada grupo de estudantes confeccionou seu próprio quadrante, como é possível observar na figura 17, com as respectivas marcações das horas, utilizando a relação aprendida de que para cada hora determinada pelo movimento aparente do sol corresponde a um arco de trajetória cujo ângulo mede  $15^\circ$ .

Figura 17 – Confeção do quadrante com as respectivas marcações das horas

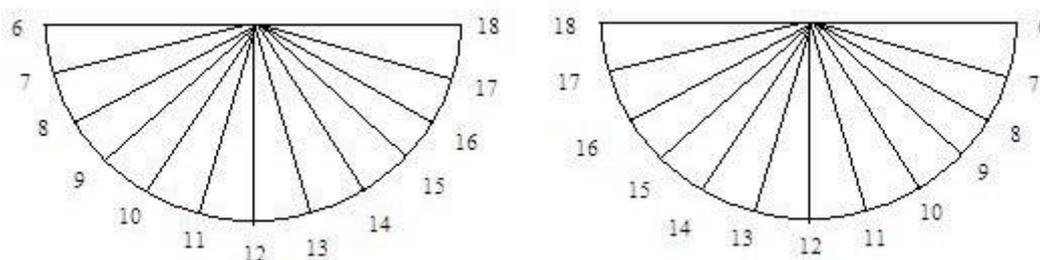


Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Para facilitar a confecção e finalização do relógio de sol, utilizamos um gabarito adquirido pelo site do canal oficial da OBA, como podemos observar na figura 17, no sentido de evitar grandes erros de medições. O quadrante foi obtido através do site: atividade\_pratica\_xoba PDF ([www.oba.org.br](http://www.oba.org.br)), o qual foi impresso e distribuído para cada grupo.

Nessa aula participaram 12 estudantes os quais foram divididos em 06 grupos com 02 participantes cada.

figura 18 – Molde para impressão e utilização do quadrante do relógio de sol



Fonte: **atividade\_pratica\_xoba** PDF ([www.oba.org.br](http://www.oba.org.br)).

Em uma 4ª aula (oficina) de 50 minutos, realizada no dia 22 de novembro de 2023, foi possível finalizar a confecção do relógio solar fazendo uso do gabarito mencionado no parágrafo acima, momento em que os estudantes colocaram em prática o que aprenderam sobre a relação entre ângulos e horas bem como sobre a necessidade da inclinação do quadrante do relógio solar uma vez que ele é do tipo

equatorial. Essa inclinação é referente a latitude da cidade onde o projeto foi realizado. No nosso caso a cidade de Jaboatão dos Guararapes cuja latitude foi obtida através do site da Prefeitura da localidade ([www.geografos.com.br](http://www.geografos.com.br)).

Na figura 19 a seguir temos nossos estudantes fazendo uso do molde (gabarito) para montagem dos quadrantes dos relógios de sol de cada grupo. Podemos perceber a satisfação dos estudantes na montagem desses quadrantes do relógio de sol sobre uma base de papelão. Nessa aula participaram 12 estudantes os quais foram divididos em 06 grupos com 02 participantes cada.

Figura 19 – Estudantes fazendo a montagem do quadrante do relógio de sol com o gabarito da OBA



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Na figura 20 abaixo, os estudantes expõem entre os grupos os quadrantes já colados sobre uma base de papelão que servirá como o corpo do relógio de sol. Nesse momento também foi possível perceber o compartilhamento, a interação e a mediação dos alunos no que diz respeito aos conhecimentos aplicados para a confecção e montagem do referido artefato. Nesse momento, o protagonismo juvenil se fez presente. O professor – pesquisador foi apenas um orientador e mediador no referido processo.

Figura 20 – Montagem dos quadrantes do relógio solar sobre a estrutura da base



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Assim foi possível observar o empenho de cada estudante e de cada grupo ao construir seu próprio relógio de sol e ter a oportunidade de vê-lo funcionar, momento esse que só foi realizado no ano seguinte (2024), em virtude da proximidade das avaliações bimestrais de final de ano e revisão dos conteúdos para tais avaliações.

“O entendimento da necessidade da passagem da ação manipulativa para ação intelectual, na construção do conhecimento, tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, construtos teóricos. Desse modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas” (Carvalho, 2014, p. 3).

Após esse passo, foi determinada a inclinação do relógio de sol com o uso de um gabarito, também fornecido pelo site da OBA, onde foi feito um recorte do ângulo complementar da latitude da Cidade de Jabotão dos Guararapes, ou seja, de  $82^\circ$ , uma vez que a latitude de nossa cidade é de, aproximadamente,  $8^\circ$ . Na figura 21 a seguir, temos esse gabarito com seu recorte já determinado para fixação do relógio de sol.

Figura 21 – Gabarito para a inclinação do relógio de sol



Fonte: Por Dário Souza – 2023

Na figura 22 a seguir, temos nossos estudantes expondo os relógios de sol já confeccionados e prontos para serem utilizados na coleta dos dados para a medição da rotação terrestre.

Figura 22 - Relógio solar montado pelos estudantes em sua base



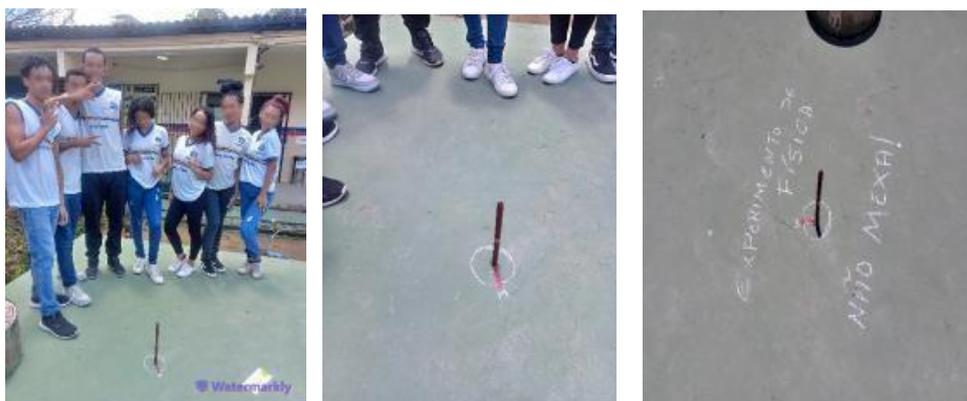
Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Apoiando-se na teoria da Mediação de Lev Vygotsky, a qual se apoia na premissa de que, “o desenvolvimento não pode ser entendido sem referência ao contexto social e cultural no qual ele ocorre, os estudantes discutiram entre si como era possível as antigas civilizações medirem o tempo através desse instrumento de simples construção, mas de uma complexidade enorme para entender seu funcionamento. Fato esse que deixou os estudantes bastante curiosos para verem tal feito. Além disso, Vygotsky focaliza os mecanismos por meio dos quais se dá o desenvolvimento cognitivo, não produtos do tipo estágios de desenvolvimento como propõem Piaget e Bruner” Moreira

(2013, p. 95).

Para localizar o relógio de sol num local onde tenha Sol na maior parte do dia, foi escolhido a área da cisterna da escola onde podemos fazer a marcação da linha Norte-Sul geográfico utilizando o método das sombras de comprimentos iguais ao raio com o uso de uma haste de madeira durante dois momentos do dia (manhã e tarde), conforme a figura 23. Esse momento aconteceu em nossa 1ª aula de campo (5ª aula do projeto), no dia 18 de março de 2024. Puderam participar apenas 7 estudantes os quais ficaram de repassar as informações obtidos aos demais participantes.

Figura 23 – Marcação da linha Norte-Sul Geográfico



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Utilizando esse método, a bissetriz entre as duas sombras de comprimentos iguais da haste, como pode ser observado na figura 22 acima, determina a linha Norte-Sul geográfico da Terra. Essa marcação pode ser observada na figura 24 a seguir.

Figura 24 – Linha Norte-Sul e Leste-Oeste geográficos da Terra



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

No dia 15 de abril de 2024, na 2ª aula de campo (6ª aula do projeto), fizemos nossa primeira medição, como teste, para vermos o funcionamento do relógio de sol e, compararmos o horário solar com o horário convencional. Para espanto dos estudantes eles acharam que a medida das horas do relógio de sol estava errada pois, estava com uma diferença de 40 minutos adiantado em relação ao horário convencional, o que foi explicado, durante o experimento, que esse resultado era esperado uma vez que o horário solar é diferente do horário convencional. Esse teste é observado na figura 25 abaixo.

Figura 25 – Teste para a medição da hora solar



(a)

Fonte: Por Dário Souza - 2024

(b).

Na figura 25 acima, a medida foi feita às 09:10 h no horário convencional (a) e,

às 10:20h também no horário convencional em (b). Nessa figura 25 podemos observar também, que na primeira medida o horário solar é de 09:50h enquanto na segunda o horário solar é de 11:00h em ponto.

Abaixo temos os grupos de estudantes que participaram desse momento (figura 26). Nesse dia foi discutido como fazer os ajustes das horas no relógio de sol uma vez que um dos estudantes perguntou por que a face do relógio estava voltada para o ponto cardeal Norte geográfico e não para o Sul. Dessa forma eles compreenderam que este ajuste está relacionado com a inclinação da Terra e o movimento aparente do Sol, bem como os períodos de Equinócio e Solstício durante o ano. Nesse momento também foi determinado que para tentarmos determinar a velocidade de rotação da Terra, seria necessário determinarmos outras medidas da linha Norte-Sul geográfico em locais distintos para medidas diferentes para determinarmos uma média dos valores encontrados das respectivas velocidades, caso fossem determinadas.

Figura 26 – Estudantes observando o relógio de sol



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Em virtude das férias durante o mês de janeiro de 2024 e, após a determinação das linhas Norte-Sul geográfico, vimos a necessidade de aplicar um novo questionário com algumas diferenças para averiguar que conhecimentos haviam sido internalizados pelos estudantes referentes aos questionários aplicados anteriormente e aos

conhecimentos produzidos durante a oficina para a confecção do relógio de sol pelos grupos de estudantes participantes desse projeto, como também os conhecimentos e aprendizados adquiridos durante as duas primeiras aulas de campo.

Esse questionário 03 foi aplicado no dia 22 de abril durante uma aula de 50 minutos (7ª aula do projeto), onde participaram 12 estudantes. A aplicação do referido questionário demorou em média 20 minutos dessa aula e, nos 30 minutos restantes foram discutidas, entre os grupos de estudantes, como seria feito os ajustes do relógio de sol e, como podemos utilizar este artefato para determinarmos a velocidade de rotação da Terra.

Na figura 27 abaixo, temos os grupos de estudantes respondendo as perguntas do questionário 03, o qual serviu como uma espécie de revisão dos conhecimentos e aprendizagens internalizados pelos estudantes em virtude das férias de janeiro de 2024.

Figura 27 – Estudantes respondendo o questionário 03



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Esse questionário foi aplicado durante um momento em que os estudantes haviam retornado as aulas e, teve como objetivo resgatar e observar que nível de conhecimentos se encontravam os estudantes naquele momento.

Com as dificuldades previstas em virtudes das chuvas em nossa região, no dia

30 de abril de 2024, na 3ª aula de campo (8ª aula do projeto), fizemos as marcações das medidas das respectivas linhas Norte-Sul geográfico, a partir da primeira medida da linha Norte-Sul, determinada anteriormente. Essas marcações foram feitas em locais diferentes, porém, na própria cisterna como é possível observar nas figuras 28 e 29 a seguir, com as linhas Norte-Sul sempre paralelas umas das outras para que essa coordenada fosse mantida.

Figura 28 – Estudantes fazendo as marcações de linhas Norte-Sul geográfico



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

As marcações para localização dos relógios de sol de cada grupo foi feita a partir da marcação da linha Norte-Sul geográfico mostrada na figura 23. Essas marcações foram feitas em locais diferentes porém, todas paralelas uma da outra a partir da marcação oficial. O objetivo dessas marcações em diversos locais para a localização e posicionamento dos 06 relógios de sol confeccionados pelos grupos de estudantes, foi obter marcações de horas diferentes para obtermos ângulos diferentes entre duas medidas de horas consecutivas e, a partir desses dados coletados medir os diferentes valores das velocidades para cada grupo, utilizando os conhecimentos adquiridos em aulas posteriores e determinarmos uma média entre as velocidade de rotação da Terra obtida por cada grupo.

Figura 29 – Estudantes fazendo as marcações das linhas Norte-Sul geográfico



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Nesse dia participaram 12 estudantes os quais foram separados em 6 grupos com 02 participantes cada. Mais uma vez, nessas aulas de campo, foi possível observar a curiosidade, o brilho nos olhos e o interesse dos estudantes em fazer ciência de forma participativa e cooperativa onde ocorreu interações diversas entre professor – aluno e aluno – aluno, momento em que ocorre a mediação do processo de aprendizado e do ensino segundo a teoria da mediação de Vygotsky, bem como interiorização de instrumentos e sistemas de signos (Vygotsky, 1988, apud Moreira, 2013, p. 111).

No dia 08 de maio do corrente ano, nossa 4ª aula de campo (9ª aula do projeto), fizemos a primeira tentativa “frustrada” da medição das horas nos seis (6) relógios de sol colocados em pontos distintos na cisterna da escola. Foi organizado todo o material, relógios colocados em suas respectivas posições. Começamos a fazer a primeira medição da sombra do estilo (gnômom) dos relógios às 11:10h, horário convencional e 11:40h, horário solar. No entanto após alguns minutos houve a necessidade de cancelar o experimento em virtude das chuvas que caíram e, tendo a necessidade de retirar os relógios para não os danificar uma vez que foram feitos de papelão. Foi possível observar a frustração e tristeza nos rostos dos estudantes e do professor. No entanto, 08 dias após, ou seja, em 13 de maio de 2024, nossa 5ª aula de campo (10ª aula do projeto), o experimento foi retomado e, às 09:00h organizamos todos os relógios em suas respectivas posições e, às 09:20h, horário convencional, marcamos a sombra do estilo (gnômom) no quadrante do relógio do primeiro grupo, aproximadamente 09:48h no horário solar e, na sequência fizemos o mesmo processo para os demais. Voltamos às 10:40h, horário convencional, para fazermos a segunda medição no relógio

do primeiro grupo e, repetimos o processo nos demais até marcarmos todos os relógios com suas respectivas sombras as quais indicavam a hora solar. Esse processo terminou às 10:56h, horário convencional e 11:24h, horário solar. A precisão nas medidas das horas foi obtida após verificarmos que a diferença entre o horário convencional e o horário solar, nesse dia, era de 28 minutos adiantado para o horário do dia solar. Esse momento foi registrado nas imagens das figuras 30, 31 e 32 na qual podemos observar os estudantes fazendo a coleta de dados para serem utilizados na medição da rotação da Terra.

Figura 30 – Marcação das horas nos relógios de sol



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Notamos, tanto na figura 30 acima como também, nas figuras 31 e 32 abaixo, a satisfação dos grupos de alunos ao fazerem ciência de verdade quando realizaram as análises, marcações das horas solar e a coleta dos dados para fossem utilizados nos cálculos para determinar a rotação terrestre.

Figura 31 - Marcação das horas nos relógios de sol



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Figura 32 – Marcação das horas nos relógios de sol



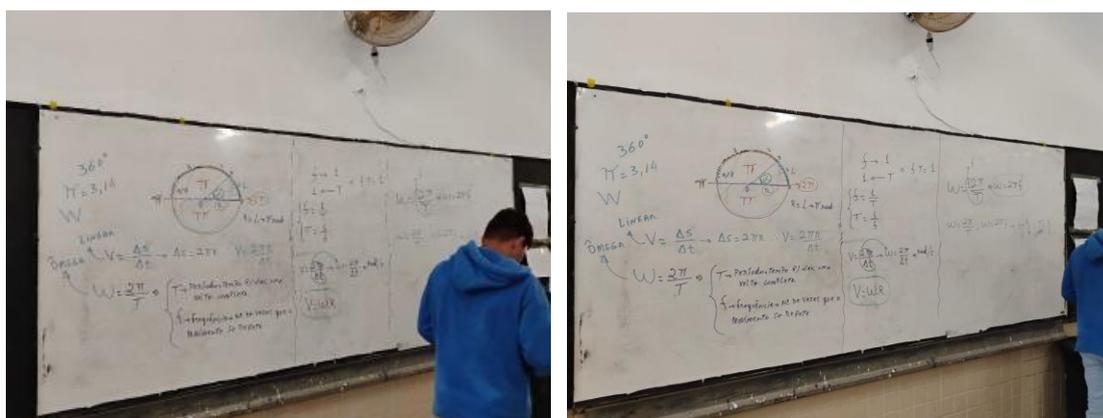
Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Após esse processo, passamos para a próxima fase da Sequência, isto é, com os dados obtidos determinar a velocidade de rotação da Terra.

No dia 19 de agosto de 2024, utilizamos 3 aulas de 50 minutos cada (11ª, 12ª e 13ª aula do projeto), para que os estudantes pudessem, a partir das medidas tomadas no relógio de sol coletadas no dia 13 de maio do mesmo ano, realizar os cálculos para determinar a velocidade de rotação da Terra. Dessas 3 aulas, a 1ª foi para

relembrarmos, através de discussões entre os grupos dos estudantes, os conceitos abordados anteriormente sobre o relógio de sol e a determinação da velocidade de rotação da Terra utilizando os dados coletados, isto é, as medidas das horas como também, foi trabalhado as propriedades do MCU, as mudanças de unidades de ângulos de grau para radiano e medidas de comprimento de arcos, o que está representado na figura 33. Foi possível ver o entusiasmo dos estudantes debaterem sobre tais conhecimentos, momento este de fundamental importância uma vez que, segundo Vygotsky “o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, ou seja, de sua interação com outros indivíduos e com o meio” (Moreira, 2013, p. 112).

Figura 33 – Revisando os conceitos de MCU, graus e radiano



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

A figura 33 acima mostra as abordagens que foram feitas durante uma aula de 50 minutos, para que os estudantes relembassem os conceitos sobre medidas de arco de circunferência, velocidade angular e sua relação com a velocidade linear e assim poder utilizar o roteiro para realizar os cálculos para a determinação da velocidade de rotação da Terra.

Na 2ª aula foi aplicado o último questionário avaliativo final, questionário 04, para avaliar qual nível de aprendizado e desenvolvimento encontravam-se os estudantes como também avaliar o método da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), a qual norteou todo o processo evolutivo dos estudantes, apoiado na teoria da aprendizagem da mediação desenvolvida pelo psicólogo Lev Vygotsky. Participaram desse questionário 12 estudantes os quais responderam as 5 perguntas que constituíam o

referido questionário cujo objetivo foi fazer uma avaliação final de todo o processo desenvolvido com os estudantes e assim verificar os resultados alcançados positivos ou negativos desse projeto, como também foi feito um longo debate entre alunos-alunos e alunos-professor para que fossem discutidos os pontos positivos e negativos do referido trabalho.

#### 4.3 DETERMINANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA

Na 3ª aula, os estudantes, sob a mediação do professor, colocaram a “mão na massa” no que diz respeito a determinação da velocidade de rotação da Terra, como é possível observar na figura 34 a seguir. Dentro de alguns grupos foi possível perceber alguns estudantes ajudando outros colegas no processo como também alguns grupos ajudando outros grupos, ou seja, estudantes que se encontravam no nível do desenvolvimento potencial. De acordo com a teoria vygotskyana, o desenvolvimento cognitivo só acontece quando o indivíduo interage com outros indivíduos socialmente e culturalmente, isto é, tem que haver interação social pois, a aprendizagem depende do meio social e cultural onde a pessoa vive (Moreira, 2013, p. 121). Durante o desenvolvimento dessas atividades, nessas 3 aulas, participaram 12 estudantes os quais contribuíram de forma significativa para a realização dos referidos procedimentos.

Figura 34 – Estudantes determinando a Velocidade de Rotação da Terra



Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Na figura 34 acima estudantes realizam os cálculos para a determinação da velocidade de rotação da Terra fazendo uso dos dados coletados anteriormente, isto é,

as medidas das horas, o ângulo entre essas medidas de horas e o intervalo de tempo entre a primeira hora e a segunda respectivamente.

Na figura 35 abaixo, temos um roteiro que foi utilizado por um dos grupos dos discentes e seus respectivos cálculos para a determinação da velocidade de rotação da Terra. Nesse momento ocorreu também discussões sobre que valores deveriam ser encontrados já que alguns estudantes não sabiam o valor da velocidade média de rotação da Terra. É possível observar também que nesse roteiro foi atribuído 8 passos para a realização desses cálculos. Esses passos em sua sequência foram mediados pelo professor em alguns casos e noutros por alguns estudantes de seus próprios grupos.

Esses passos em sua sequência foram mediados pelo professor em alguns casos e noutros por alguns estudantes de seus próprios grupos.

Figura 35 – Determinando a rotação da Terra: grupo 02

**DETERMINANDO A VELOCIDADE DE ROTAÇÃO DA TERRA COM O USO DE UM RELÓGIO DE SOL – EQUIPE 02**

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  
I – Arco entre as marcações das horas  
R – RAIO DA TERRA =  $6,4 \cdot 10^6$  m  
 $\pi = 3,14159$

$\Delta t = 4800$  s

1º PASSO: COM O USO DE UM TRANSFERIDOR, MEDIR O ÂNGULO ENTRE AS DUAS MARCAÇÕES DAS HORAS;  
 $20^\circ \rightarrow 20^\circ \Rightarrow x = \frac{20^\circ \pi}{180} \Rightarrow x = 0,111 \pi$

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

3º PASSO: DETERMINANDO O COMPRIMENTO DO ARCO I;  
 $x = \frac{l}{h} \Rightarrow l = x \cdot h \Rightarrow l = 0,111 \times 3,14159 \times 6,5 \Rightarrow$   
 $l = 2,2667 \text{ cm} \Rightarrow l = 0,022667 \text{ m}$

4º PASSO: POR SEMELHANÇA DE TRIÂNGULOS CALCULAR O DESLOCAMENTO L APARENTE DO SOL NO CÉU;  
 $\frac{l}{h} = \frac{L}{H} \Rightarrow L = \frac{H \cdot l}{h} \Rightarrow L = \frac{1,5 \cdot 10^{11} \times 0,022667}{0,065} \Rightarrow$   
 $L = 0,522082 \cdot 10^{11} \text{ m}$

5º PASSO: COM ESSA MEDIDA, CALCULAR A VELOCIDADE LINEAR DE TRANSLAÇÃO DO SOL NESTA TRAJETÓRIA L;  
 $v = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{0,522082 \cdot 10^{11}}{4800} \Rightarrow v = 1,08976 \cdot 10^7 \text{ m/s}$   
 $v = 1,08976 \cdot 10^7 \text{ m/s}$

6º PASSO: CALCULAR A VELOCIDADE ANGULAR DO SOL NESTA TRAJETÓRIA L;  
 $v = w \cdot R \Rightarrow w = \frac{v}{R} = \frac{1,08976 \cdot 10^7}{6,4 \cdot 10^6} = w = 0,72651 \cdot 10^1 \text{ real/s}$   
 $w = \frac{v}{R} \Rightarrow w = \frac{1,08976 \cdot 10^7}{6,4 \cdot 10^6} = 1,687125 \text{ real/s}$   
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 RAIO 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 ANGULAR DE ROTAÇÃO DA TERRA;  
 $V = w \cdot R \Rightarrow R = 6,4 \cdot 10^6$   
 $V = 0,72651 \cdot 10^1 \times 6,4 \cdot 10^6 \Rightarrow V = 4,64967 \cdot 10^7$   
 $V = 464,967 \text{ m/s}$

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);  
 $V = 464,967 \times 3,6 \Rightarrow V = 1673,87904 \text{ km/h}$

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Os procedimentos aplicados em sala de aula oferecem subsídios para a análise dos dados o que discutiremos a seguir.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

No questionário 01, com a participação desses 20 estudantes, os quais responderam as 10 perguntas sobre o relógio de sol, foi obtido, num grau crescente de satisfação, os seguintes resultados, os quais foram transformados em porcentagem para se obter uma avaliação qualitativa dos mesmos. As respostas abaixo descritas foram obtidas durante o momento inicial desse trabalho, em que foi possível observar a euforia de alguns estudantes e a preocupação de outros em obter uma resposta satisfatória para as referidas perguntas.

### Questão 01:

Na 1ª pergunta 07 responderam de forma coerente; 10 responderam de forma parcial; 02 responderam sem nenhuma coerência e 01 deixou em branco. Essa questão, como também as demais, teve como objetivo avaliar o conhecimento prévio dos estudantes referente ao relógio de sol uma vez que esse artefato é pouco, ou quase nenhuma vez, comentado nas escolas.

### Questão 02:

Para a 2ª pergunta apenas 06 responderam de maneira coerente e satisfatória; 06 tiveram pouca coerência em suas respostas; 02 responderam sem nenhuma coerência e 06 deixaram em branco. O objetivo dessa questão foi saber se os estudantes faziam alguma relação com o movimento aparente do Sol e a sombra projetada pelo gnômom. Nessa questão tivemos algumas respostas sem significado científico uma vez que alguns estudantes falaram em sombra de objeto triangular ou simplesmente a sombra do Sol.

### Questão 03:

Para a 3ª pergunta 06 responderam coerentemente; 06 parcialmente; 03 responderam sem coerência e 05 deixaram em branco. Nessa questão as respostas coerentes, referenciava a não utilização de baterias para seu funcionamento como também não ter marcações de minutos ou apenas utilizar o Sol como fonte de funcionamento sem mencionar os outros pontos importantes para tal.

### Questão 04:

Na 4ª pergunta apenas 01 respondeu coerentemente; 04 responderam com pouca

coerência e 15 deixaram em branco. Nessa questão ficou claro que os estudantes não tinham conhecimento científico, ou até mesmo empírico, sobre os componentes que constitui um relógio de sol.

#### Questão 05:

Para a 5ª pergunta 05 responderam satisfatoriamente e 10 deixaram em branco. Nessa questão ficou claro que a grande maioria não sabia qual a relação do movimento aparente do Sol na determinação das horas no relógio solar com a sombra do gnômom.

#### Questão 06:

Na 6ª pergunta 04 responderam de forma clara e coerente; 05 responderam com pouca coerência; 02 responderam sem coerência e 09 deixaram em branco. O curioso dessa questão é que se confirmou os resultados da 1ª questão, ou seja, poucos estudantes conheciam a história e a importância desse artefato para a humanidade. Alguns chegaram a comentar sobre sua origem na antiga Grécia e sua função em apenas marcar as horas.

#### Questão 07:

Já para a 7ª pergunta apenas 02 responderam coerentemente; 01 de forma parcial e 17 estudantes deixaram em branco. Nessa questão o objetivo foi provocar a criatividade dos estudantes o que não ocorreu. As poucas respostas retrataram pouco conhecimento sobre a construção desse artefato.

#### Questão 08:

Na 8ª pergunta apenas 01 respondeu satisfatoriamente; 01 respondeu sem coerência e 18 deixaram em branco. Para essa questão também, poucos tinham conhecimento sobre os tipos de relógios de sol. Apenas 01 estudantes mencionou os tipos horizontal e vertical.

#### Questão 09:

Já na 9ª pergunta tivemos 01 resposta pouco coerente; 01 resposta sem coerência alguma e 18 deixaram em branco. Para responder a essa questão o estudante deveria ter um conhecimento mais específico. No entanto 01 estudante respondeu parcialmente coerente quando ele mencionou usar o relógio de sol e o método ângulo da hora.

### Questão 10:

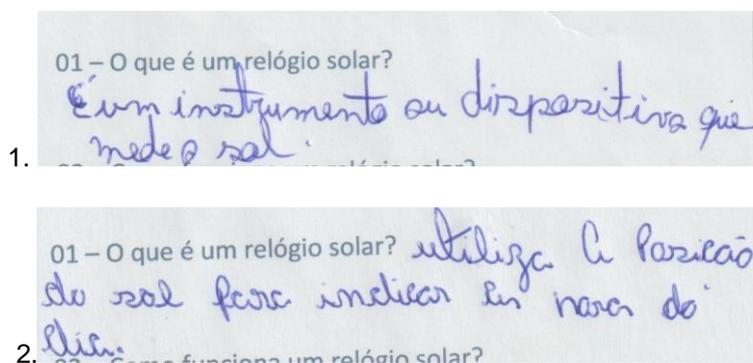
Para a 10ª pergunta desse questionário 01 respondeu de forma parcial; 02 sem coerência alguma e 17 deixaram em branco. Para essa questão o objetivo era saber se o estudante tinha o conhecimento sobre solstício, equinócio e a importância da inclinação da Terra. apenas 01 estudante tentou responder a essa pergunta.

Essas respostas foram obtidas a partir dos conhecimentos informais de cada estudante para que os mesmos fossem avaliados levando em consideração seus conhecimentos informais, ou seja, saber em que nível de desenvolvimento real e aprendizagem encontra-se cada estudante.

Em seguida, nas figuras de 36(a) à 36(j), temos algumas respostas interessantes obtidas pelos estudantes do referido questionário. As mesmas foram escolhidas em pares para que pudéssemos ver as diferenças entre os conhecimentos cognitivos dos estudantes embora sejam todos de uma mesma turma e que estejam em uma mesma faixa etária mostrando, assim que o desenvolvimento da aprendizagem está intimamente ligado ao contexto histórico, social, político e cultural de cada estudante, pois [...] “é com a interiorização de instrumentos e sistemas de signos, produzidos culturalmente, que se dá o desenvolvimento cognitivo” (Vygotsky, 1988, apud. Moreira, 1999, p. 109).

A seguir, apresentamos algumas respostas selecionadas, aleatoriamente, e seus respectivos comentários de acordo com as respostas obtidas pelos estudantes. Considerando que cada par de respostas são de estudantes distintos para todas as perguntas apresentadas.

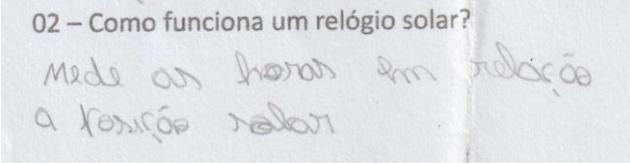
Figura 36.a - Algumas respostas à 1ª pergunta – Questionário 01

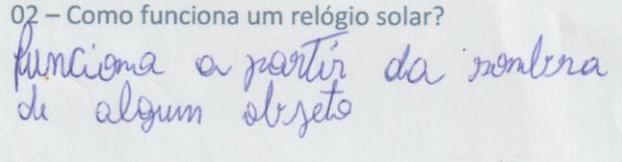


Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Percebe-se, claramente, que o estudante 1 não tem conhecimento ou noção do que seja um relógio de sol, enquanto o estudante 2 deu a entender que tem noções sobre esse dispositivo, porém, ele falha ao dizer “a posição do Sol” e não a sombra do estilo ou gnômom.

Figura 36.b - Algumas respostas à 2ª pergunta – Questionário 01

1. 

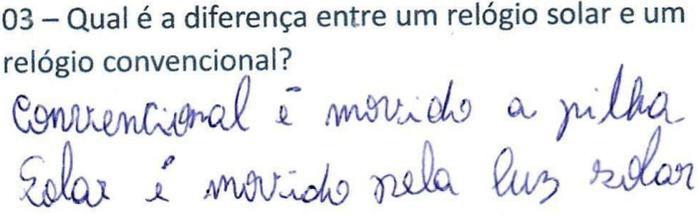
02 – Como funciona um relógio solar?  
Mede os horas em relação  
a posição solar
2. 

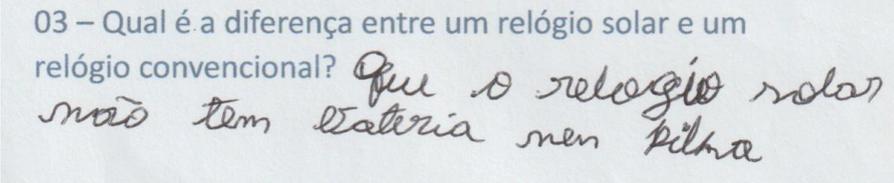
02 – Como funciona um relógio solar?  
funciona a partir da sombra  
de algum objeto

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Para essa pergunta o estudante 1 foge do contexto central da pergunta uma vez que ele nos dá a função do relógio de sol. Já o estudante 2 nos fornece, em sua resposta, elementos que fazem parte do funcionamento do relógio solar.

Figura 36.c - Algumas respostas à 3ª pergunta – questionário 01

1. 

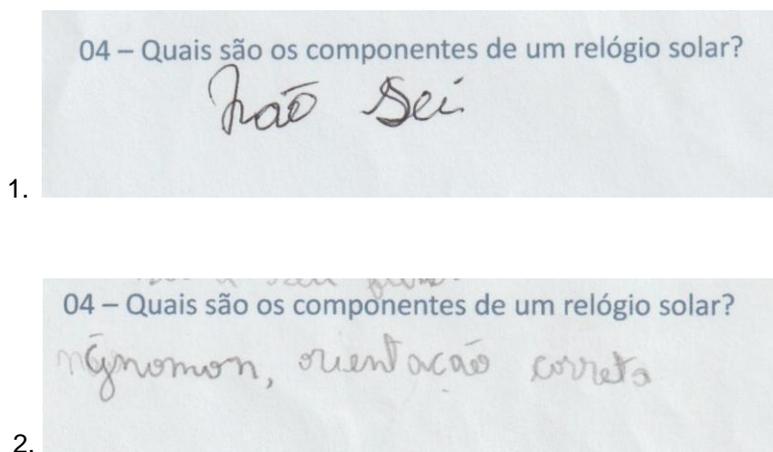
03 – Qual é a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional?  
Convencional é movido a pilha  
Solar é movido pela luz solar
2. 

03 – Qual é a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional?  
Que o relógio solar  
não tem bateria nem pilha

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Podemos observar nas respostas obtidas pelos dois estudantes 1 e 2, que ambos desconhecem relógios que funcionam a base corda e engrenagens mostrando, assim, a falta de informações dos mesmos. No entanto falham ao mencionar o Sol como um combustível para tal artefato.

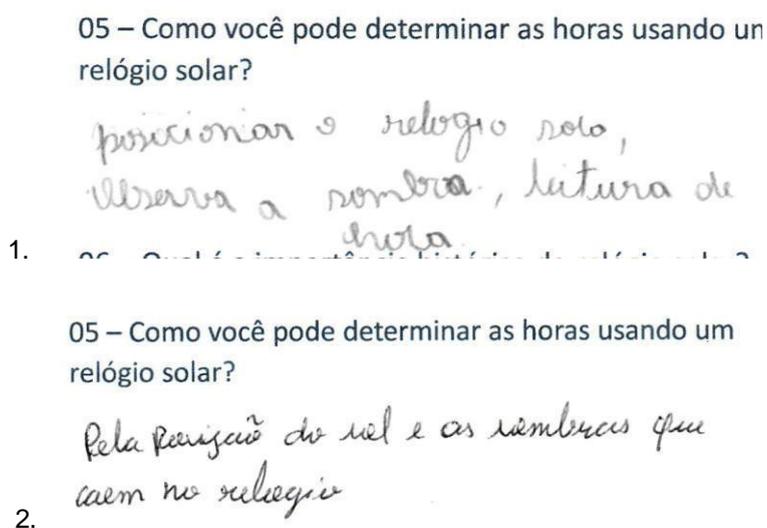
Figura 36.d - Algumas respostas à 4ª pergunta – Questionário 01



Fonte: Por Dário Souza - 2023

A partir dessa pergunta uma grande parte dos estudantes deixaram em branco e outros não responderam satisfatoriamente e, apenas um estudante deu noção de que conhecia alguns elementos como é o caso do estudante 2 acima identificado.

Figura 36.e - Algumas respostas à 5ª pergunta – Questionário 01



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Na pergunta 5, é possível notar que tanto o estudante 1 quanto o estudante 2 não perceberam que essa pergunta é a mesma pergunta 2 expressa de forma diferente, no entanto, algumas palavras estão relacionadas ao objetivo da pergunta, porém, faltou coerência na forma da escrita, na organização das ideias.

Figura 36.f - Algumas respostas à 6ª pergunta – Questionário 01

- 06 – Qual é a importância histórica do relógio solar?
1. eles foram um das primeiras formas de medir o tempo
- 06 – Qual é a importância histórica do relógio solar?
2. pois foi um dos instrumentos usados pela humanidade para medir o tempo

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

É de se observar que os estudantes 1 e 2 focaram na medição do tempo, não considerando as épocas de equinócio e solstícios para o plantio e colheita evidenciando, mais uma vez, a falta de informações.

Figura 36.g - Algumas respostas à 7ª pergunta – Questionário 01

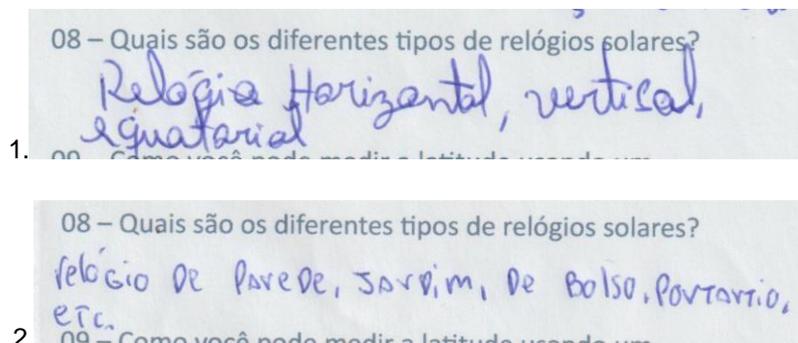
- 07 – Como você pode construir seu próprio relógio solar?
1. botando um pauzinho em si no chão e marcar no chão os números
- 07 – Como você pode construir seu próprio relógio solar?
2. Escolha a localização, posicione a base, determine a direção do norte

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Podemos evidenciar que para essa pergunta o estudante 1 ao mencionar pauzinho se refere ao gnômom, sem considerar a inclinação e as direções norte-sul geográfico enquanto o estudante 2 menciona a direção norte e a posição da base sem

considerar o gnômom.

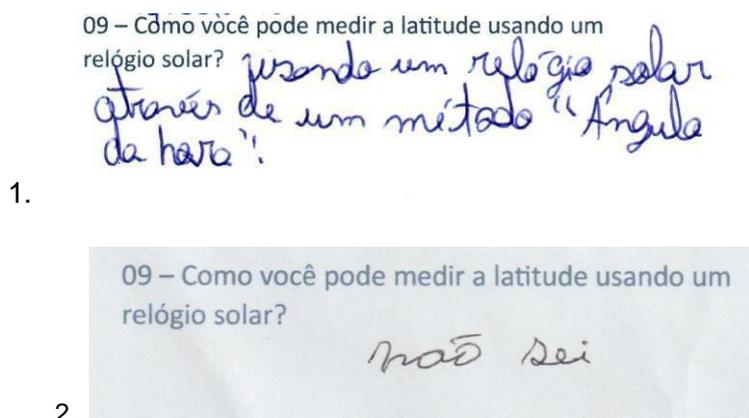
Figura 36.h - Algumas respostas à 8ª pergunta – Questionário 01



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Para responder a essa pergunta o estudante deveria ter um conhecimento mais aprofundado sobre relógios de sol, no entanto apenas um estudante respondeu de maneira satisfatória (estudante 1) e os demais demonstraram deficiência nesse quesito.

Figura 36.i - Algumas respostas à 9ª pergunta – Questionário 01



Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Pode-se observar que para responder a essa pergunta o estudante deveria se apropriar de conceitos de geografia relacionados aos tipos de relógios de sol e sua localização para seu funcionamento adequado, no entanto observa-se a falta de domínio e coerência nesse quesito.

Figura 36.j - Algumas respostas à 10ª pergunta – Questionário 01

- 10 – Como você pode ajustar seu relógio solar para diferentes estações do ano? *acho que não dá pra ajustar, e sim muda de lugar?*
- 1.
- 10 – Como você pode ajustar seu relógio solar para diferentes estações do ano? *Não sei*
- 2.

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Para essa pergunta esperava-se que o estudante mencionasse inclinação da Terra, equinócio solstício e/ou movimento de translação. De acordo com as respostas obtidas ficou claro que os estudantes desconheciam tais conceitos.

É possível notar, claramente, a dificuldade que alguns estudantes, diga-se de passagem, uma grande maioria, tiveram em responder algumas das perguntas do referido questionário, sem clareza ou deixaram em branco. É o momento em que está sendo internalizado novos instrumentos de conhecimento de aprendizagem nos estudantes.

É possível notar um crescimento no aprendizado dos discentes de acordo os resultados obtidos no questionário diagnóstico 02 em relação ao questionário diagnóstico 01.

E assim, fazendo uma análise das respostas tivemos os seguintes resultados quantitativos:

Na 1ª pergunta 09 responderam coerentemente; 02 responderam de forma parcial e apenas 01 respondeu sem coerência.

Para a 2ª pergunta, apenas 02 foram coerentes em suas respostas; 06 responderam parcialmente; 02 responderam sem coerência e 02 deixaram em branco.

Para a 3ª pergunta 07 responderam com coerência; 02 responderam com razoável coerência; 02 responderam sem coerência e 01 deixou em branco.

Na 4ª pergunta, 05 responderam coerentemente; 04 responderam de forma parcialmente clara; 02 responderam sem coerência e 01 deixou em branco.

Na 5ª pergunta, apenas 02 estudantes responderam coerentemente; 03 responderam de forma parcial; 04 responderam sem coerência e 03 deixaram em branco.

Para a 6ª pergunta, 03 estudantes responderam de forma clara; 05 responderam parcialmente; 02 responderam sem coerência e 02 deixaram em branco.

Na 7ª pergunta tivemos 05 estudantes que responderam coerentemente; 03 parcialmente coerente e 04 deixaram em branco essa pergunta.

Já na 8ª pergunta, 03 estudantes responderam sem coerência e 09 deixaram em branco.

Na 9ª pergunta, apenas 02 estudantes responderam parcialmente coerente e 10 deixaram em branco.

Por fim na 10ª pergunta, 02 estudantes responderam com coerência; 01 estudante respondeu parcialmente; 01 responderam sem coerência e 08 deixaram em branco.

Com a aplicação do questionário 02, o qual teve como diferencial, em relação ao questionário 01, os conhecimentos e discussões adquiridos pelos estudantes após a leitura dos textos e a apresentação do vídeo mencionados anteriormente. Foi possível observar diferenças favoráveis no que diz respeito ao desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, isto é, alguns conseguiram sair de sua zona de desenvolvimento proximal (ZDP), para a zona de desenvolvimento potencial (Vygotzky, 1991, p. 57).

Sendo assim, foi possível verificar que houve desenvolvimento do aprendizado dos estudantes uma vez que, segundo Vygotzky, o professor deve mediar a aprendizagem fazendo uso de instrumentos e estratégias que conduzam o estudante a tornar-se independente e estimule o conhecimento potencial, de modo a criar uma ZDP a todo momento pois ela é “dinâmica, está constantemente mudando” (Moreira, 1999, p.116).

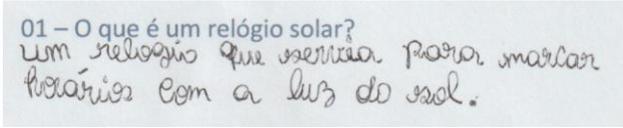
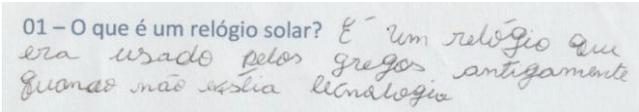
E assim, o que foi zona de desenvolvimento proximal tornou-se nível de desenvolvimento potencial, Vygotzky (1991, p. 57 - 58), ou seja, os conhecimentos que os estudantes necessitavam de uma ajuda para compreendê-los, agora eles conseguem entendê-los sozinhos, uma vez que eles foram mediados pelo professor e pelos próprios colegas dos grupos, criando assim, uma nova ZDP.

Seguindo o raciocínio do questionário diagnóstico 01, temos a seguir algumas

respostas relacionadas ao questionário 02 o qual é idêntico ao questionário 01 com o diferencial de que os estudantes discutiram entre si e seus respectivos grupos e o professor a leitura de textos e a apresentação de um vídeo sobre o relógio de sol. O que podemos comprovar a diferença entre as respostas a seguir apresentadas.

Em seguida, temos algumas respostas desse questionário 02 e suas respectivas análises referente aos objetivos alcançados. As mesmas também foram selecionadas aleatoriamente e, os estudantes 1 e 2 são distintos para cada pergunta desse questionário, conforme figuras 37.a à 37.j.

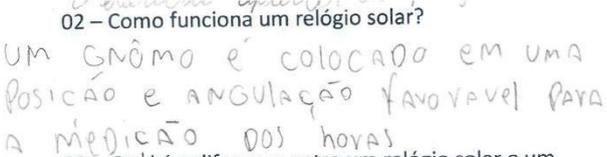
Figura 37.a - Algumas respostas referente à 1ª pergunta - Questionário 02

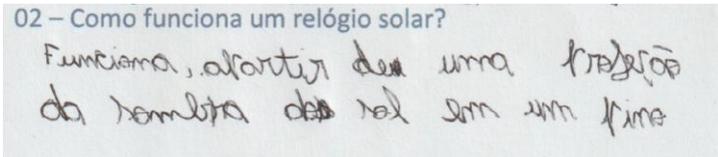
1. 
2. 

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Percebe-se que o estudante 1 fornece um conceito simples e direto sobre o relógio de sol, enquanto o estudante 2 acrescenta um pouco de sua origem.

Figura 37.b – Algumas respostas referente à 2ª pergunta – Questionário 02

1. 

2. 

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Nessa pergunta ambos os estudantes fornecem ideias coerentes do funcionamento do relógio de sol apesar de erros ortográficos.

Figura 37.c – Algumas respostas referente à 3ª pergunta – Questionário 02

- 03 – Qual é a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional?
1. O relógio solar funciona dependendo da luz onde projeta sombra.
- 03 – Qual é a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional?
2. tem tem um mecanismo mais tecnológico, já o outro se funciona diferente e não.

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Observa-se para essa pergunta que os estudantes 1 e 2 relacionam essa diferença entre o fator tecnológico e a natureza ao mencionar a luz do Sol.

Figura 37.d – Algumas respostas referente à 4ª pergunta – Questionário 02

- 04 – Quais são os componentes de um relógio solar?
1. o gnomon, marcação horizontal e outras.
- 04 – Quais são os componentes de um relógio solar?
2. ser uma placa plana de pedra, concreto ou outro material rígido

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Podemos perceber na resposta do estudante 1 que ele cita alguns componentes do relógio de sol e, o estudante 2 evidencia o material para a base do relógio de sol.

Figura 37.e – Algumas respostas referente à 5ª pergunta – Questionário 02

- 05 – Como você pode determinar as horas usando um relógio solar?
1. com um fimo reto e fixo no centro do relógio solar.

05 – Como você pode determinar as horas usando um relógio solar? *com a posição do Sol pois com o pino apontado para o polo norte ele rodará em sentido horário*

2.

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Podemos observar nas respostas dos estudantes 1 e 2 que mencionam a palavra “pino” representando o gnômom, como também, o estudante 2 tem noção da direção norte-sul no qual o “pino” deve ficar alinhado além do sentido do movimento da sombra (ponteiro) sobre o quadrante do relógio.

Figura 37.f – Algumas respostas referente à 6ª pergunta – Questionário 02

06 – Qual é a importância histórica do relógio solar?  
*Ele era utilizado de referência para reuniões tanto como utilizado pelos astrônomos em suas pesquisas sobre o sol e outros corpos de luz.*

1.

07 – Como você pode construir seu próprio relógio

06 – Qual é a importância histórica do relógio solar?  
*Era utilizado para marcar alguma reunião ou algo do tipo*

2.

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Observa-se que para essa pergunta os estudantes, 1 e 2, desconhecem a importância do relógio de sol com relação a determinação dos equinócios e solstícios.

Figura 37.g - Algumas respostas referente à 7ª pergunta - Questionário 02

07 – Como você pode construir seu próprio relógio solar? *com um gnômom ajustando o ângulo de incidência como a latitude do local*

1.

07 – Como você pode construir seu próprio relógio solar? *feito uma base plana no centro da qual é fixada haste fina e vertical*

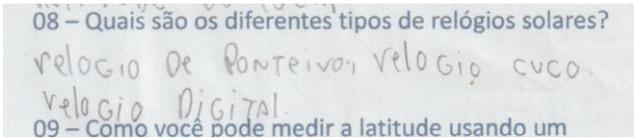
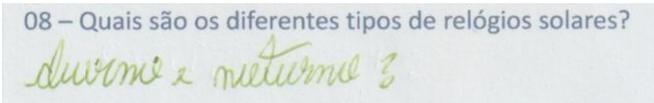
2.

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Percebe-se que o estudante 1 tem noção da inclinação que deve ser determinada para o estilo de acordo com a latitude do local, caracterizando assim um relógio de sol

do tipo equatorial e, o estudante 2, ao mencionar a haste fina e vertical, caracteriza um relógio de sol do tipo polar.

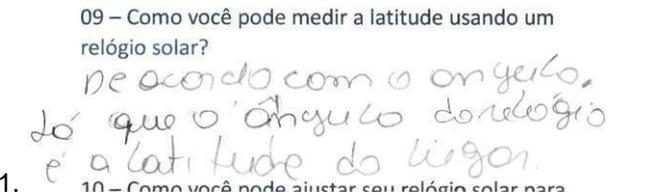
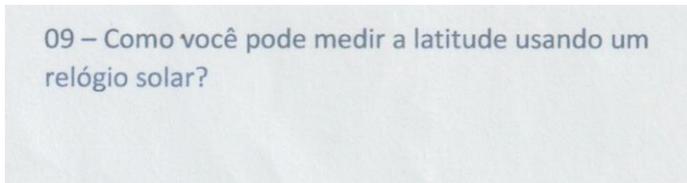
Figura 37.h – Algumas respostas referente à 8ª pergunta – Questionário 02

1. 08 – Quais são os diferentes tipos de relógios solares?  
relógio de ponteiro, relógio cuco,  
relógio digital.
2. 08 – Quais são os diferentes tipos de relógios solares?  
duo e meterno 3

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Podemos perceber que essa pergunta ainda trouxe dificuldades para alguns estudantes tendo em vista que as respostas obtidas foram sem coerência e a maioria ficaram em branco. Se observarmos as respostas dos estudantes da pergunta anterior caberiam bem aqui. O que se percebe é que falta, compreensão e interpretação de texto por uma grande parte de nossos estudantes.

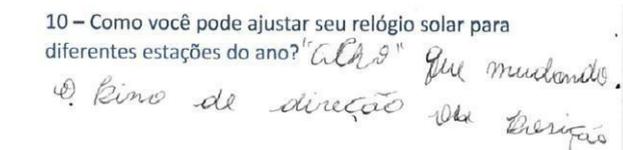
Figura 37.i – Algumas respostas referente à 9ª pergunta – Questionário 02

1. 09 – Como você pode medir a latitude usando um relógio solar?  
de acordo com o ângulo,  
já que o ângulo do relógio  
é a latitude do lugar.
2. 09 – Como você pode medir a latitude usando um relógio solar?

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

Também, para essa pergunta, observamos a dificuldade da grande maioria dos estudantes em respondê-la, tendo em vista que apenas um estudante conseguiu tal feito. Os demais deixaram essa pergunta em branco.

Figura 37.j – Algumas respostas referente à 10ª pergunta – Questionário 02

1. 10 – Como você pode ajustar seu relógio solar para diferentes estações do ano? "ângulo" que mudamos.  
o ângulo de direção da direção

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

*fazendo a manutenção do relógio de 6 em 6 vez*

2.

Fonte: Por Dário Souza – 2023.

A resposta dada pelo estudante 1, quando ele fala em direção e posição, está se referindo a mudança do quadrante norte e sul do relógio de sol durante os equinócios e solstícios. Já o estudante 2, mencionar a manutenção de 6 em 6 vez dá a entender que são de 6 em 6 meses, ou seja, inverno e verão.

O questionário diagnóstico 03, aplicado no ano seguinte (2024), foi fundamental para retomar os trabalhos da pesquisa, conforme explicado anteriormente. Foi feita uma análise quantitativa das respostas obtidas, como podemos ver a seguir:

Questão 01:

Em uma análise quantitativa foi observado que 04 estudantes responderam coerentemente a 1ª pergunta; 07 responderam parcialmente coerente e, apenas 01 deixou a pergunta em branco. É notório que essa questão teve como objetivo saber se o estudante sabia ou se tinha, pelo menos ouvido falar do relógio de sol numa tentativa de resgatar o que ele havia aprendido anteriormente.

Questão 02:

Na 2ª pergunta 03 responderam de forma clara e coerente; 08 responderam parcialmente e apenas 01 respondeu sem nenhuma coerência. Essa questão é, basicamente, a mesma do questionário anterior apenas com uma diferença no que diz respeito a explorar a descrição do funcionamento do relógio solar na tentativa de instigar a criatividade do estudante bem como desenvolver sua capacidade cognitiva.

Questão 03:

Para a 3ª pergunta 04 responderam coerentemente; 07 responderam com pouca coerência e 01 deixou a pergunta em branco. Essa questão teve o objetivo bem definido como também explorar o conhecimento do estudante em saber se existem outras funções para o relógio de sol.

Questão 04:

A 4ª pergunta, que contém as opções de sim e não, 08 responderam que sim; 01 respondeu que não; 01 respondeu que talvez e 02 deixaram em branco. Nessa questão

o principal objetivo foi captar, do estudante, a possibilidade de compreender o movimento aparente do Sol bem como ampliar os conhecimentos sobre Universo.

Questão 05:

Na 5ª pergunta, 02 responderam com clareza; 05 responderam parcialmente; 04 responderam sem coerência e 01 deixaram em branco. Uma questão pertinente que teve como objetivo complementar a questão anterior em relação ao movimento aparente do Sol.

Questão 06:

Para a 6ª pergunta, apenas 01 estudante respondeu coerentemente; 01 responderam com pouca coerência; 04 responderam sem coerência e 06 deixaram em branco. O objetivo dessa questão não foi atingido uma vez que somente um estudante conseguiu responder com clareza. Fica claro que o estudante não tem ou não assimilou seus conhecimentos de Geografia no que se refere a latitude terrestre.

Questão 07:

Na 7ª pergunta, também apenas 01 estudante respondeu com coerência; 05 responderam parcialmente coerente; 01 responderam sem coerência e 05 deixaram em branco. Percebe-se que a partir da questão 06 em diante os estudantes têm mais dificuldade de responder a essas questões comprovando também, falta de conhecimento básico de astronomia.

Questão 08:

Na 8ª pergunta 02 estudantes responderam com coerência; 05 responderam parcialmente coerente; 02 responderam sem coerência e 03 deixaram em branco. Essa questão teve como objetivo explorar os conhecimentos obtidos durante a oficina para a confecção do relógio de sol e que se esperava como respostas conhecimentos de Geometria, Matemática, Geografia, Astronomia etc., no entanto duas respostas, apenas, foram consideradas como coerentes para essa questão.

Questão 09:

Para a 9ª pergunta, apenas 02 responderam coerentemente; 01 respondeu com pouca coerência; 01 respondeu sem coerência e 08 estudantes deixaram em branco. Nessa questão, o objetivo foi saber se o estudante sabia identificar as diferenças entre tipos de relógio de sol. Apenas duas respostas foram coerentes.

Questão 10:

Já para a 10ª pergunta, 08 responderam sim; 02 responderam não; 01 responderam talvez; 02 responderam sem coerência e 01 deixou em branco. O objetivo dessa questão foi saber dos estudantes, dentre as diversas utilidades do relógio de sol, se era possível determinar a velocidade de rotação do nosso Planeta. Questão essa que foi o objetivo específico do nosso projeto.

A seguir, nas figuras 38.a à 38.j, temos algumas respostas do questionário 03 as quais foram selecionadas aleatoriamente para que possamos ter uma ideia do quanto de conhecimento foi aprendido, ou seja, internalizado, pelos estudantes. Podemos perceber que esse questionário possui questões semelhantes às dos questionários anteriores, porém, mais completas ou mais elaboradas.

Figura 38.a - Algumas respostas referentes à 1ª pergunta - Questionário 03

1. 01 - O que é um relógio solar? Você já viu ou ouviu falar sobre esse dispositivo? relógio solar é um relógio que marca as horas pelo movimento da sombra da agulha marcando as horas
2. 01 - O que é um relógio solar? Você já viu ou ouviu falar sobre esse dispositivo? Dispositivo que mede o tempo de acordo com a posição da sombra

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

É possível observar que as respostas dos estudantes 1 e 2 são mais completas e estão dentro dos objetivos esperados.

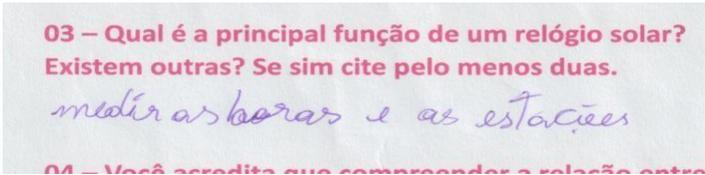
Figura 38.b – Algumas respostas referentes à 2ª pergunta – Questionário 03

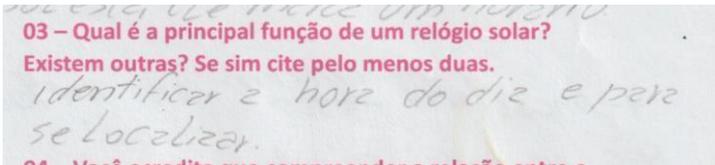
1. 02 - Como você acredita que um relógio solar funciona? Descreva o que você imagina. Através da sombra que o sol faz em cima do relógio.
2. 02 - Como você acredita que um relógio solar funciona? Descreva o que você imagina. Eu acredito que se de acordo com a posição do sol e as sombras de objetos.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

De acordo com o entendimento de cada estudante (1 e 2), as respostas são aceitáveis falhando apenas no que se refere a linguagem adequada para a área do conhecimento em questão.

Figura 38.c – Algumas respostas referentes à 3ª pergunta - Questionário 03

1. 

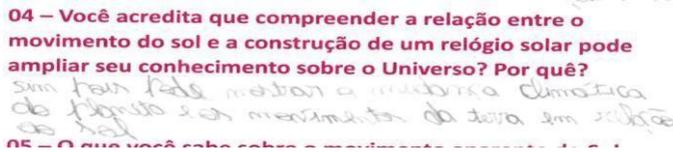
03 – Qual é a principal função de um relógio solar?  
Existem outras? Se sim cite pelo menos duas.  
medir as horas e as estações
2. 

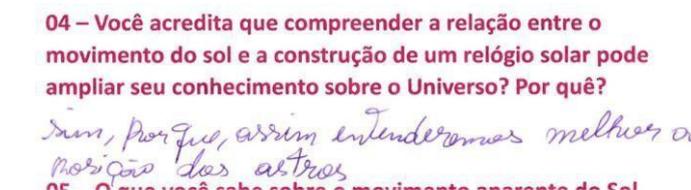
03 – Qual é a principal função de um relógio solar?  
Existem outras? Se sim cite pelo menos duas.  
identificar e hora do dia e para se localizar.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Podemos perceber que tanto o estudante 1 quanto o estudante 2 entenderam os diversos conhecimentos e aplicações que o relógio de sol nos proporciona e, não apenas marcar as horas.

Figura 38.d – Algumas respostas referentes à 4ª pergunta – Questionário 03

1. 

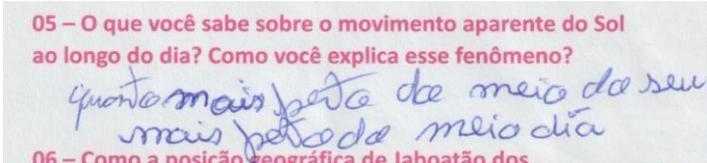
04 – Você acredita que compreender a relação entre o movimento do sol e a construção de um relógio solar pode ampliar seu conhecimento sobre o Universo? Por quê?  
sim, pois pode melhorar a qualidade climática do planeta e os movimentos da terra em relação ao sol.
2. 

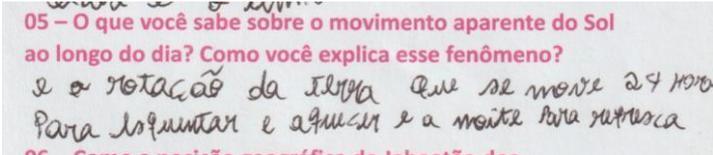
04 – Você acredita que compreender a relação entre o movimento do sol e a construção de um relógio solar pode ampliar seu conhecimento sobre o Universo? Por quê?  
sim, porque, assim entenderemos melhor a posição das estrelas.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Essa pergunta teve como objetivo complementar a anterior, isto é, mostrar a riqueza das áreas do conhecimento que podem ser exploradas com o uso do relógio de sol. Os estudantes compreenderam esse fato satisfatoriamente.

Figura 38.e - Algumas respostas referentes à 5ª pergunta - Questionário 03

1. 

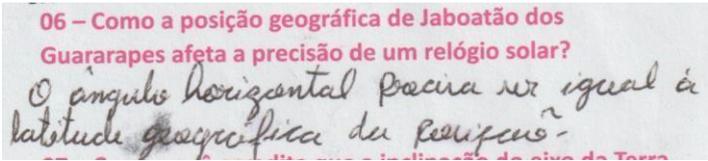
05 – O que você sabe sobre o movimento aparente do Sol ao longo do dia? Como você explica esse fenômeno?  
quanto mais perto do meio do seu mais perto do meio dia
2. 

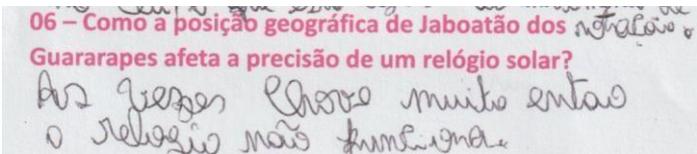
05 – O que você sabe sobre o movimento aparente do Sol ao longo do dia? Como você explica esse fenômeno?  
e a rotação da Terra que se move 24 horas para iluminar e aquecer e a noite para resfriar

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Nessa pergunta o estudante 1 relaciona esse movimento com o deslocamento do Sol até o “meio de Céu”, ou seja, o Sol a pino enquanto o estudante 2 relaciona a rotação da Terra. Ele falha ao relacionar o movimento de rotação à temperatura da Terra.

Figura 38.f – Algumas respostas referentes à 6ª pergunta – Questionário 03

1. 

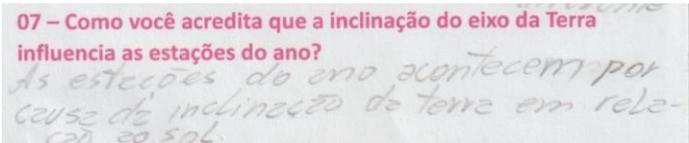
06 – Como a posição geográfica de Jaboatão dos Guararapes afeta a precisão de um relógio solar?  
O ângulo horizontal precisa ser igual à latitude geográfica da região
2. 

06 – Como a posição geográfica de Jaboatão dos Guararapes afeta a precisão de um relógio solar?  
As vezes chove muito então o relógio não funciona

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

O objetivo dessa pergunta foi explorar dos estudantes a importância de conhecermos a latitude do local para um funcionamento mais preciso do relógio de sol. E assim podemos perceber que o estudante 2 conseguiu internalizar esse aprendizado.

Figura 38.g - Algumas respostas referentes à 7ª pergunta - Questionário 03

1. 

07 – Como você acredita que a inclinação do eixo da Terra influencia as estações do ano?  
As estações do ano acontecem por causa da inclinação da terra em relação ao sol

- 07 – Como você acredita que a inclinação do eixo da Terra influencia as estações do ano?
2. Porque a terra se afasta e se aproxima do sol resultando nas estações
- 08 – Que tipo de informações pode ser obtidas a partir da

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Percebe-se nas respostas obtidas pelos estudantes 1 e 2 a dificuldade na clareza de suas respostas mostrando uma deficiência de relação entre as áreas do conhecimento (Astronomia, Geografia e Física).

Figura 38.h – Algumas respostas referentes à 8ª pergunta – Questionário 03

- 08 – Que tipo de informações pode ser obtidas a partir da construção de um relógio solar?
1. Lixo, medição de tempo, medição do sol etc.

- 08 – Que tipo de informações pode ser obtidas a partir da construção de um relógio solar?
2. horários e as estações do ano

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

O objetivo dessa pergunta foi extrair do estudante o leque de possibilidades possíveis de informações obtidas nas áreas da Matemática, História, Astronomia, Geografia e Física. No entanto esse objetivo não foi alcançado em sua plenitude.

Figura 38.i - Algumas respostas referentes à 9ª pergunta - Questionário 03

- 09 – Qual é a diferença entre um relógio solar horizontal e um relógio solar vertical?
1. vertical absorve mais energia e a horizontal e onde mostra a hora
- 09 – Qual é a diferença entre um relógio solar horizontal e um relógio solar vertical?
2. no horizontal, a marca é paralela ao horizonte do lugar, enquanto que no vertical a marca é perpendicular ao plano do horizonte.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Percebemos que o estudante 1 mostra não ter domínio sobre os tipos de relógios de sol, enquanto o estudante 2 demonstra uma breve noção. Falha ao se referir em mesa e não quadrante.

Figura 38.j – Algumas respostas referentes à 10ª pergunta – Questionário 03

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

1. *Sim, porque a velocidade de rotação da Terra está ligada a duração de um dia solar.*

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

2. *Sim, observando o tempo que leva pra ir de um horário para o outro*

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

O objetivo dessa pergunta foi criar -problema e instigar os estudantes a propor soluções. O estudante 1 mostra ter noção ao relacionar a velocidade de rotação da Terra com a duração do dia, no entanto ele não menciona como isso é possível. Já o estudante 2 relaciona o tempo gasto de uma marcação de hora a outra com o relógio de sol, ou seja, o deslocamento entre duas medidas de hora solar.

Confrontando os três questionários foi possível perceber uma oscilação crescente desses resultados, levando-se em conta que os três questionários são praticamente iguais. O primeiro e o segundo são os mesmos já no terceiro podemos observar que as perguntas são semelhantes, porém, mais específicas exigindo conhecimentos mais aprofundado dos estudantes. Os questionários aplicados durante o processo de realização desse projeto tiveram os seguintes objetivos:

Questionário 01 – Avaliar inicialmente os conhecimentos prévios dos estudantes e quais níveis de desenvolvimento e aprendizado os mesmos se encontravam.

Questionário 02 – Avaliar o nível de desenvolvimento e aprendizado após uma

discussão, entre os grupos de estudantes, sobre os resultados do questionário 01, leituras de textos mencionados anteriormente na página, apresentação de um vídeo, também já mencionado na mesma página do texto.

Questionário 03 – Retomar os conceitos já trabalhados sobre o relógio de sol e, avaliar quais os conhecimentos foram internalizados durante esse período de outubro a novembro de 2023, tendo em vista o período de férias de janeiro de 2024.

Então quais conceitos e conhecimentos foram absorvidos por eles? Uma vez que:

“A interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula” (Carvalho, 2013, p.4).

O objetivo e a necessidade desse questionário foi avaliar todo o processo desse trabalho no que se refere ao desenvolvimento e aprendizado dos estudantes desde o início até a sua conclusão, verificando os níveis de aprendizado pelos quais os estudantes foram submetidos, como também avaliar a aplicação da metodologia ativa SEI apoiada na teoria da mediação de Lev S. Vygotsky.

A seguir temos, nas figuras 39.a, 39.b, 39.c, 39.d e 39.e, algumas respostas dadas pelos estudantes escolhidos de forma aleatória para esse questionário avaliativo final.

Figura 39.a – Algumas respostas do questionário avaliativo final

01 – Como um relógio de Sol funciona?

- a) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento aparente do Sol.
- b) Pela sombra do Sol.
- c) Pela sombra da Terra.
- d) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento real do Sol.

1.

01 – Como um relógio de Sol funciona?

- a) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento aparente do Sol.
- b) Pela sombra do Sol.
- c) Pela sombra da Terra.
- d) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento real do Sol.

2.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Figura 39.b – Algumas respostas do questionário avaliativo final

- 02 - Como podemos ajustar o relógio solar durante o ano?
- a) Pela latitude do local onde ele se encontra e as estações do ano
  - b) Só pela Latitude do local onde ele se encontra
  - c) Só pelas estações do ano
  - d) Pelo movimento da Terra
- 1.

- 02 - Como podemos ajustar o relógio solar durante o ano?
- a) Pela latitude do local onde ele se encontra e as estações do ano
  - b) Só pela Latitude do local onde ele se encontra
  - c) Só pelas estações do ano
  - d) Pelo movimento da Terra
- 2.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Figura 39.c – Algumas respostas do questionário avaliativo final

- 03 – Qual é a velocidade média de Rotação da Terra?
- a) 600 Km/h
  - b) 1000 Km/h
  - c) 1675 Km/h
  - d) 2000 Km/h
- 1.
2. 03 – Qual é a velocidade média de Rotação da Terra?
- a) 600 Km/h
  - b) 1000 Km/h
  - c) 1675 Km/h
  - d) 2000 Km/h

Figura 39.d – Algumas respostas do questionário avaliativo final

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

O movimento que o sol aparenta estar fazendo, já que ele não se move e se a terra.

1.

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

2.

o movimento que o sol aparenta estar fazendo.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Tivemos como objetivo a essa pergunta observar o desenvolvimento do estudante no que diz respeito a linguagem abordada e sua noção sobre movimento real e movimento aparente ainda assim, foi possível perceber que uma pequena parcela dos estudantes não atingira o referido objetivo, porém, no geral, houve um resultado considerável em relação ao desenvolvimento da aprendizagem dos mesmos.

Figura 39.e – Algumas respostas do questionário avaliativo final

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

Sim

Não

1.

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

Sim

Não

2.

Fonte: Por Dário Souza – 2024.

Fazendo uma análise quantitativa do referido questionário, observamos que:

Questão 01:

Nessa 1ª pergunta 07 estudantes responderam de forma corretas, isto é, marcaram a alternativa “A”; 05 marcaram a alternativa “B”; nenhum marcou as alternativas “C” e “D”. Fazendo uma análise da resposta que se esperava, podemos observar claramente que as respostas estão dentro do esperado pois, tanto a alternativa “A” quanto as alternativas “B” e “D” diferenciam, apenas, em pequenos detalhes.

Questão 02:

Para a 2ª pergunta 06 estudantes com clareza, ou seja, marcaram a alternativa “A”; 04 responderam parcialmente, isto é, a alternativa “B” e 02 responderam com pouca coerência, ou seja, a alternativa “D” onde se fala do movimento da Terra sem levar em consideração qual o tipo do movimento.

Questão 03:

A 3ª pergunta teve acertos bem consideráveis, onde 10 estudantes marcaram a alternativa “C” que indicava a resposta correta com relação a velocidade média de rotação da Terra e 02 marcaram a alternativa “D” as quais fogem do valor médio dessa velocidade.

O Quadro 3 nos fornece uma avaliação qualitativa das respostas obtidas das três questões iniciais do referido questionário final.

Quadro 3 – Grau de qualificação das questões 1, 2 e 3 do questionário final

Pergunta	Resposta Correta	Respostas Próximas	Respostas Erradas	Feedback Qualitativo
1	A	D	B e C	D mostra entendimento parcial, mas falha considerar o movimento real do Sol.
2	A	B e C	D	B e C mostram conhecimentos parciais, no entanto falham ao considerar, apenas, um ou o outro movimento da Terra.
3	C	B	A e D	B mostra um valor quase próximo do real, uma vez que o valor é uma média de aproximadamente 1675 Km/h

Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Questão 04:

Para a 4ª pergunta, tivemos 09 estudantes que responderam com clareza, que corresponde a um percentual de 75%; apenas 01 respondeu de forma parcial, correspondendo a um percentual de 8% e 02 estudantes deixaram esta pergunta em branco, correspondendo a um percentual de 17% já que esta foi uma pergunta aberta de propósito para observar o desenvolvimento cognitivo do estudante como também o uso da linguagem adequada.

Questão 05:

Já na 5ª pergunta, que tinha as opções sim ou não, todos os estudantes

responderam “SIM”, isto é, os 12 participantes, o que corresponde a um percentual de 100% deixando bem claro que eles entenderam a possibilidade de determinarmos a velocidade de rotação da Terra a partir desse magnífico artefato histórico.

Fazendo uma análise gráfica referente aos questionários aplicados ao longo da nossa pesquisa, podemos observar de forma mais clara os resultados obtidos e a evolução dos mesmos de acordo com a sequência cronológica do processo.

A partir das respostas obtidas do questionário 01 foi possível avaliar a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos estudantes em cada uma das perguntas indagadas, como podemos ver no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 01 – Respostas obtidas pelos discentes ao questionário 01



Fonte: Dados da pesquisa – 2024.

Para avaliarmos o Nível de Desenvolvimento Real de cada aluno, levamos em consideração as respostas que atingiram seus objetivos esperados, conforme o Gráfico 02 a seguir.

Gráfico 02 – Avaliação do nível de desenvolvimento real dos alunos



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Fazendo uma análise do Gráfico 02 acima podemos observar que mais de 35% sabem o que é um relógio solar, 30% sabem a diferença entre um relógio solar e um relógio convencional e, 30% sabem como funciona um relógio solar porém, quando as perguntas são mais específicas, isto é a partir da 4ª pergunta do questionário, o percentual das respostas coerentes é de 5%, para a 5ª pergunta é de 25%, para a 6ª temos 20%, a 7ª perguntas, obtivemos 10% de respostas coerentes, na 8ª apenas 5%, a 9ª e a 10ª pergunta não houve nenhuma resposta coerente, ou seja 0%. Com a aplicação e análise desse questionário, foi possível perceber, a partir da 4ª pergunta, o quantitativo de estudantes que não souberam responder as respectivas perguntas.

Fazendo uma análise qualitativa nesse aspecto houve, em média, um percentual de 6,5% das respostas incoerentes, ou sem clareza e, 58% das perguntas que ficaram em branco. Dentre essas perguntas, as que tiveram maior índice de abstenção foram: a 4ª, com 75%; a 5ª, com 50%; a 7ª e 10ª, ambas com 85% e as 8ª e 9ª, com 90%.

Sendo assim, levando em consideração o percentual das perguntas elaboradas nesse 1º questionário, podemos dizer que, apenas, 16% das perguntas foram respondidas com satisfação pelos estudantes participantes. Segundo Postman e Weingartner (1969, p. 62, apud Moreira, 2010, p.8):

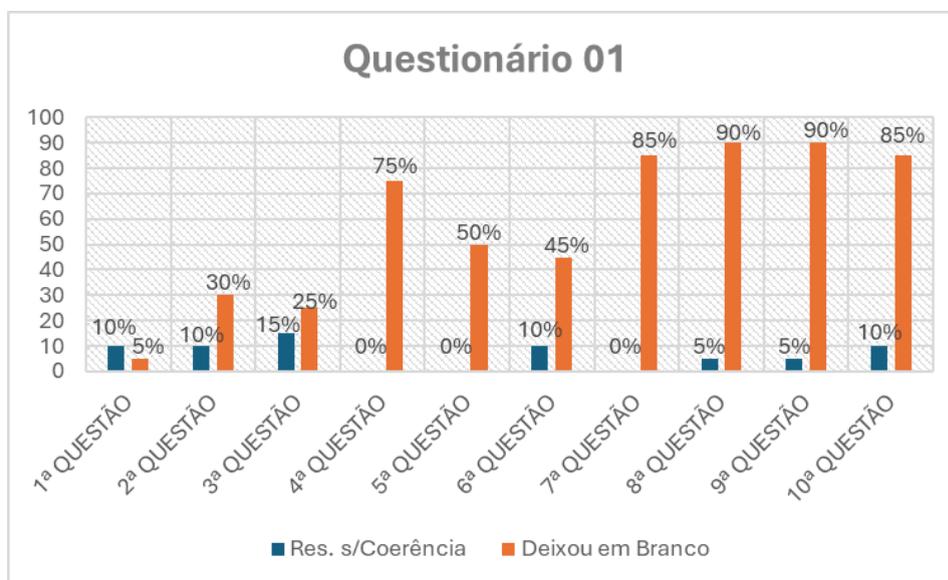
“Aprendemos somente em relação ao que já sabemos, o que significa contrariamente ao senso comum, que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande e que esta ideia – por si só- implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas”.

Nessa análise também foi possível identificar as dificuldades apresentadas pelos alunos através das perguntas que foram deixadas em branco ou respondidas de forma equivocada. Foram elas: 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 as quais se referiram aos aspectos históricos e funcionais do relógio solar conforme análise quantitativa das respostas acima especificadas.

Portanto foi possível determinar os percentuais referentes a essas perguntas conforme o Gráfico 03 a seguir, o que nos levou a concluir quais os conhecimentos internalizados que os estudantes tinham em relação ao relógio de Sol, isto é, qual o nível de conhecimentos faziam parte da zona de desenvolvimento real dos mesmos, uma vez que para ocorrer a aprendizagem a interação social deve acontecer dentro da zona de desenvolvimento proximal (ZDP), que é a distância que existe entre aquilo que a pessoa já sabe e aquilo que ela possui potencialidade para aprender, ou seja, seu conhecimento potencial, conforme Vygotsky (1988 apud Moreira, 2013).

Observação 01: Vale salientar que os percentuais do Gráfico 03, refere-se ao quantitativo de alunos que responderam ou não as referidas perguntas. Lembrando que 20 alunos participaram desse questionário, podemos dizer então, que 10% corresponde a 02 alunos e assim por diante.

Gráfico 03 – Perguntas respondidas s/ coerência e deixadas em branco do questionário 01.

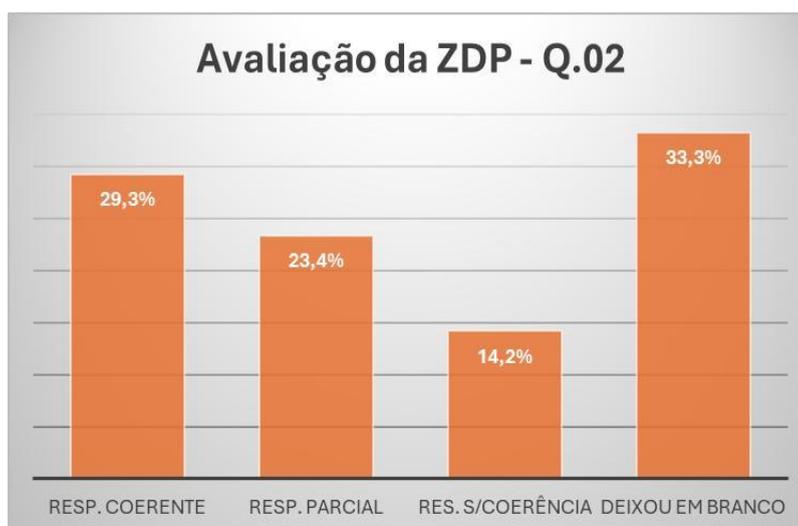


Fonte: Dados da pesquisa – 2024.

Na aplicação do questionário 02, o qual ocorreu após a leitura de um texto e apresentação de um vídeo, foi possível reavaliar a ZDP dos estudantes participantes desse momento.

O Gráfico 04 a seguir, representa os resultados percentuais de cada resposta obtida em relação ao grau de satisfação dado por cada estudante.

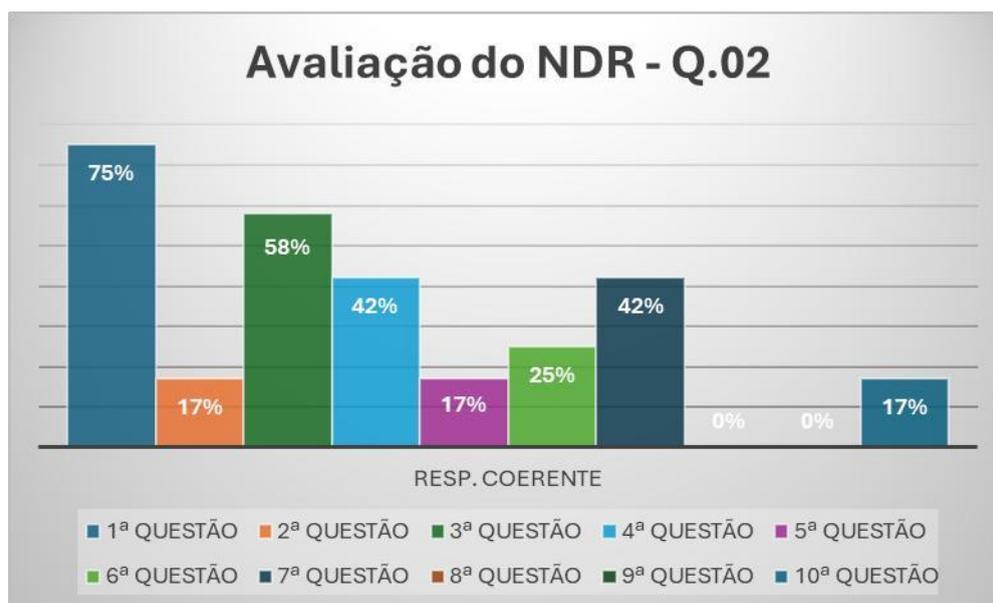
Gráfico 04 – Respostas obtidas pelos discentes ao Questionário 02



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Para fazermos uma avaliação do Nível de desenvolvimento Real dos discentes nesse segundo momento, utilizamos os recursos gráficos como é possível verificarmos no Gráfico 05 a seguir.

Gráfico 05 – Avaliação do nível de desenvolvimento real dos alunos



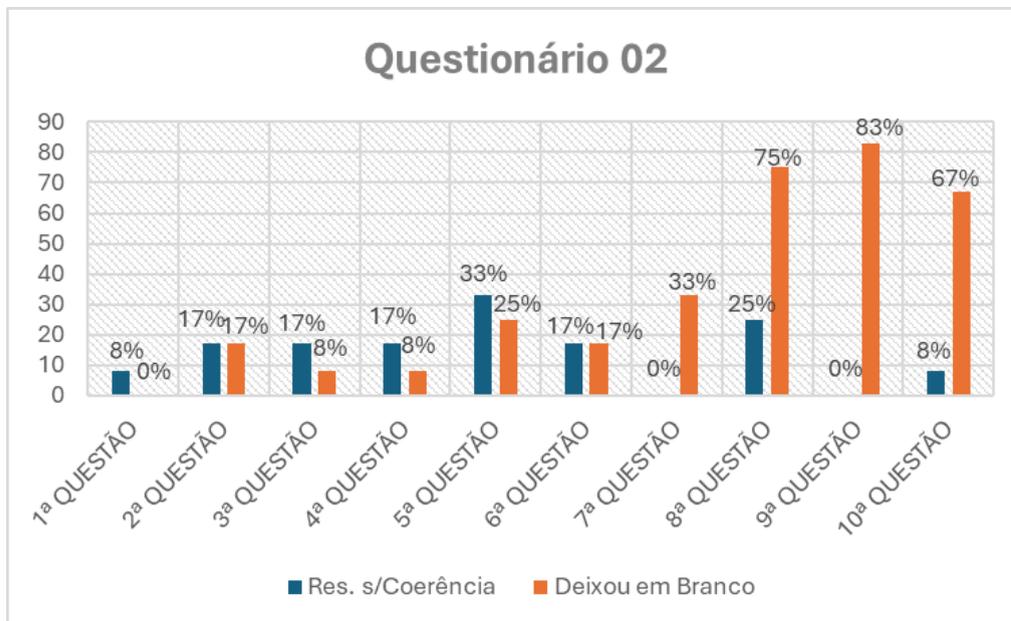
Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Assim, foi verificável que a média dos percentuais referente as perguntas com respostas satisfatórias foi de 29,2% e, a média dos percentuais das perguntas que os estudantes deixaram em branco foi de 33,3%. Sendo assim verifica-se um crescimento no desenvolvimento do aprendizado dos estudantes em relação ao questionário 01 pois, as médias percentuais para esses mesmos quesitos foram de 16% e 58%, respectivamente.

Para que podessemos observar as dificuldades encontradas pelos estudantes na aplicação do questionário 02, foi feita uma análise desses resultados os quais estão apresentadas no Gráfico 06 a seguir.

Observação 02: Vale salientar que os percentuais do Gráfico 06, refere-se ao quantitativo de alunos que responderam ou não as referidas perguntas. Lembrando que 12 alunos participaram desse questionário, podemos dizer 8% corresponde a 01 aluno e assim por diante.

Gráfico 06 - Perguntas respondidas s/ coerência e deixadas em branco do questionário 02

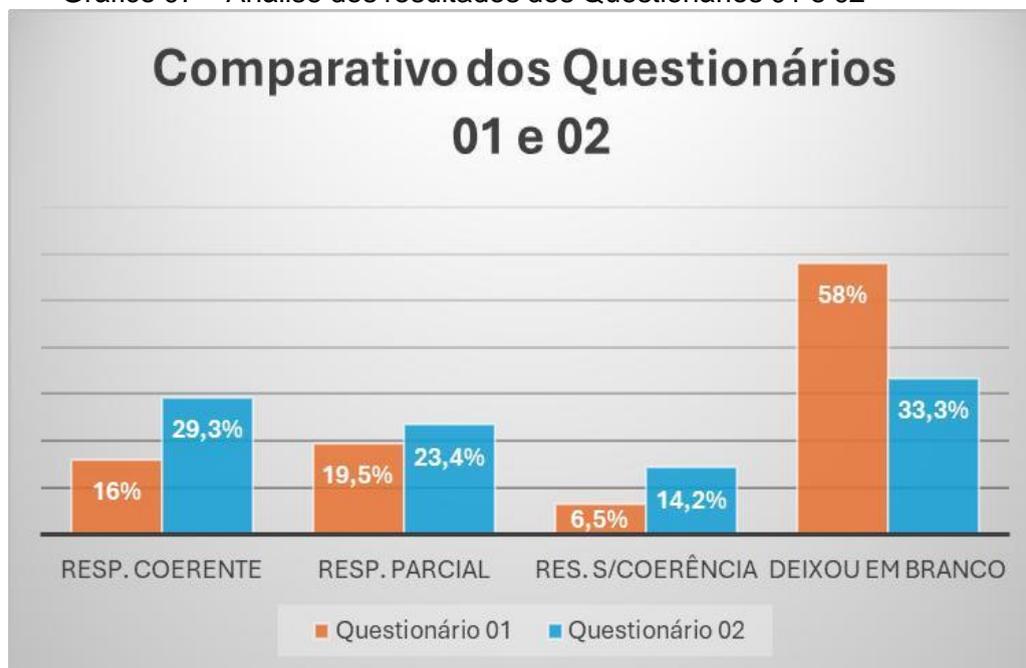


Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Assim, comparando os resultados dos questionários 01 e 02 aplicados em um intervalo de tempo de, aproximadamente, um mês, e considerando os resultados favoráveis, isto é, com coerência, parcialmente coerente e os resultados não favoráveis vimos que: com relação as respostas coerentes e satisfatórias, houve um acréscimo no desenvolvimento da aprendizagem de 13,3% (de 16% para 29,3%). Nas respostas parcialmente coerentes, houve um acréscimo de 3,9% (de 19,5% para 23,4%). No que se refere as respostas erradas ou sem coerência houve um acréscimo de 7,7% (de 6,5% para 14,2%), o que podemos concluir, apesar do erro, os estudantes demonstraram mais liberdade para se expressar, ou seja, foram mais ousados ao ariscarem na escolha de suas respostas. Para as perguntas que ficaram em branco pelos estudantes, percebemos que houve um decréscimo de 24,7% (de 58% para 33,3%).

O Gráfico 07 a seguir revela os resultados das médias percentuais das respostas obtidas pelos estudantes em cada momento da aplicação dos referidos questionários.

Gráfico 07 – Análise dos resultados dos Questionários 01 e 02



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Durante aplicação desses questionários e, levando-se em consideração o quantitativo de estudantes que participaram no dia da aplicação dos referidos questionários, numa média de 16 estudantes, apenas 10,35% das perguntas foram respondidas sem coerência.

Esse aumento no desenvolvimento do aprendizado, comparando com os resultados da primeira aplicação do mesmo é bem visível, uma vez que, para Vygotsky “a combinação do uso de instrumentos e signos é característica apenas do ser humano e permite o desenvolvimento de funções mentais ou processos psicológicos superiores” (Moreira, 2013, p. 111) como podemos observar no Quadro 4 abaixo.

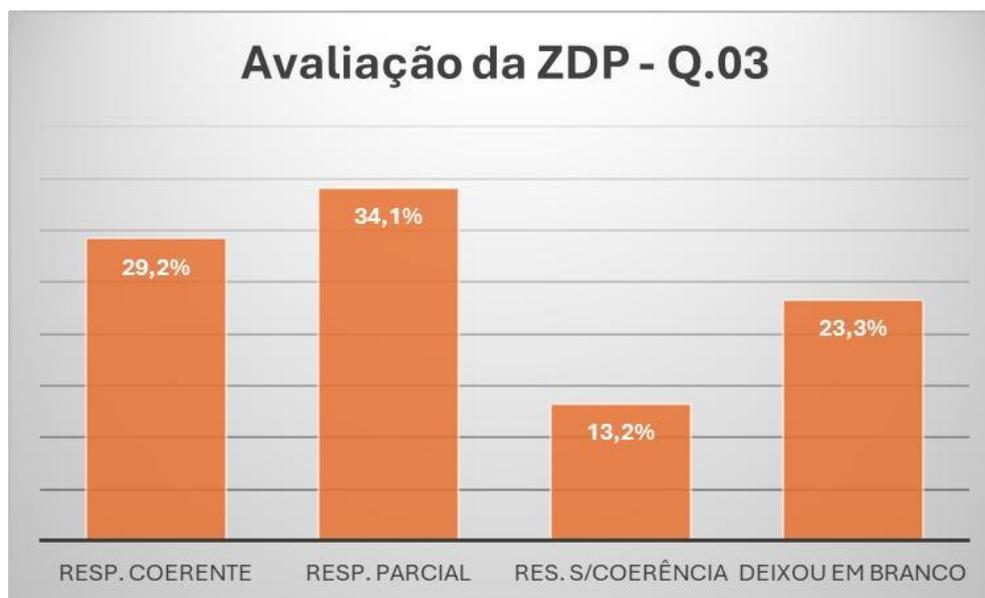
Quadro 4 – Resultados dos questionários 01 e 02

Respostas	Questionário 01	Questionário 02
Satisfatória	16%	29,3%
Parcial	19,5%	23,4%
Sem coerência	6,5%	14,2%
Em branco	58%	33,3%

Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

O questionário 03 foi aplicado para retomar os trabalhos após o período de férias dos estudantes. Teve o objetivo de resgatar os conhecimentos aprendidos e internalizados pelos estudantes bem como avaliar a nova ZDP dos mesmos.

Gráfico 08 - Respostas obtidas pelos discentes ao Questionário 03



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Também foi possível fazemos uma avaliação do Nível de Desenvolvimento Real dos estudantes, referente a esse questionário que serviu para retomarmos os nossos trabalhos de pesquisa, como é possível observar no Gráfico 09 a seguir.

Gráfico 09 – Avaliação do nível de desenvolvimento real dos alunos

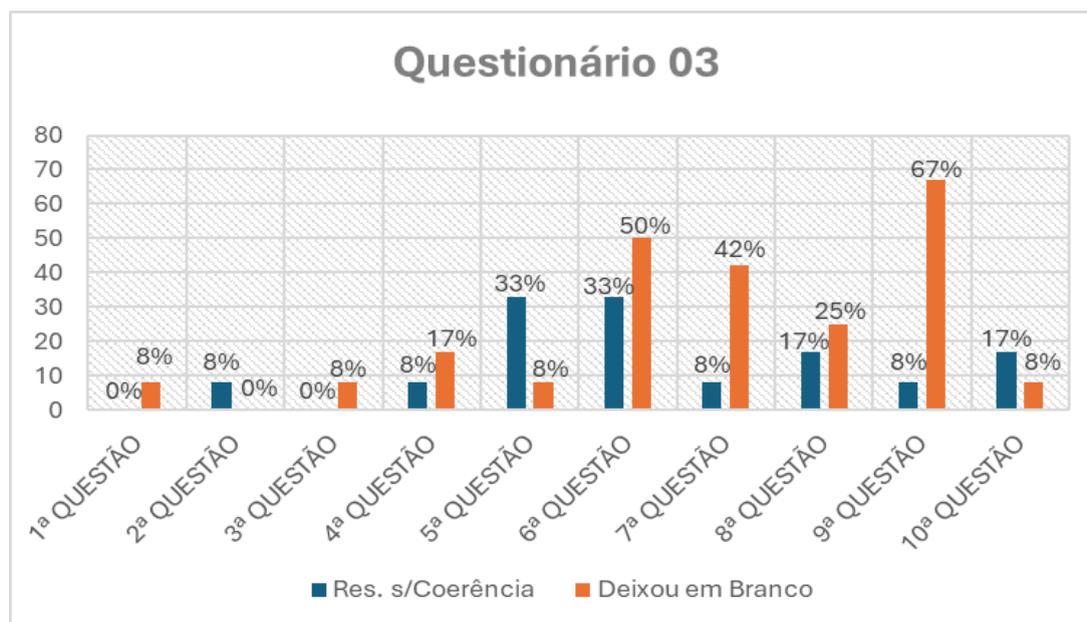


Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Nesse questionário as perguntas que apresentaram maior dificuldade para se obter uma resposta clara e coerente, ou seja, dentro do objetivo esperado, foram as perguntas 5, 6, 7, 8 e 9. A média obtida para as respostas com coerência para esse questionário foi de 29,2%, enquanto as respostas parcialmente claras ou parcialmente coerentes tiveram uma média percentual de 34,1%. Já para as respostas sem coerência, a média percentual foi de 13,2% e para as perguntas que os estudantes deixaram em branco teve uma média percentual de 23,3%, conforme Gráfico 10 ilustrado a seguir.

Observação 03: Vale salientar que os percentuais do Gráfico 10, refere-se ao quantitativo de alunos que responderam ou não as referidas perguntas. Lembrando que 12 alunos participaram desse questionário, podemos dizer 8% corresponde a 01 aluno e assim por diante.

Gráfico 10 – Perguntas respondidas s/ coerência e deixadas em branco do questionário 03.

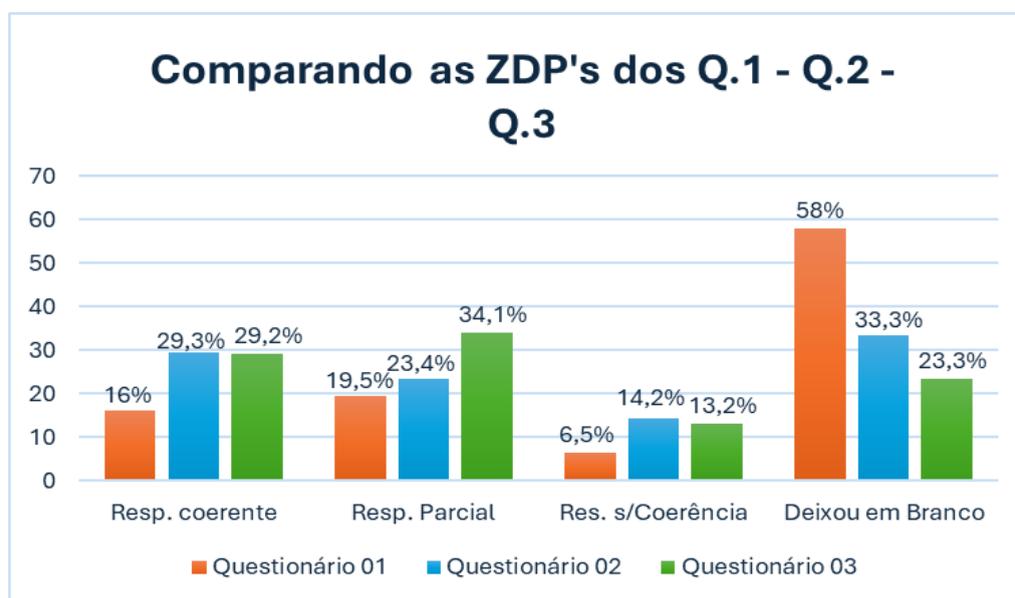


Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Sendo assim, podemos comparar os resultados obtidos dos três questionários aplicados durante o processo de desenvolvimento da ZDP dos estudantes, conforme o Gráfico 11 a seguir, uma vez que para Vygotsky esse processo é dinâmico o que levará o indivíduo a uma nova ZDP à medida que o mesmo avança no seu aprendizado. E,

isso é possível de se observar comparando os três gráficos a seguir de acordo com os critérios utilizados para as respostas dos referidos questionários, principalmente no percentual das perguntas que eles deixaram em branco, conforme as últimas colunas dos referidos gráficos ilustrados abaixo.

Gráfico 11 – Análise qualitativa dos resultados obtidos dos três questionários aplicados



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

O Quadro 5 abaixo, nos permite visualizar os percentuais obtidos pelas análises dos três questionários, o qual nos dá uma ideia geral do quanto de aprendizagem e desenvolvimento os estudantes foram capazes de internalizar durante o desenvolvimento desse projeto.

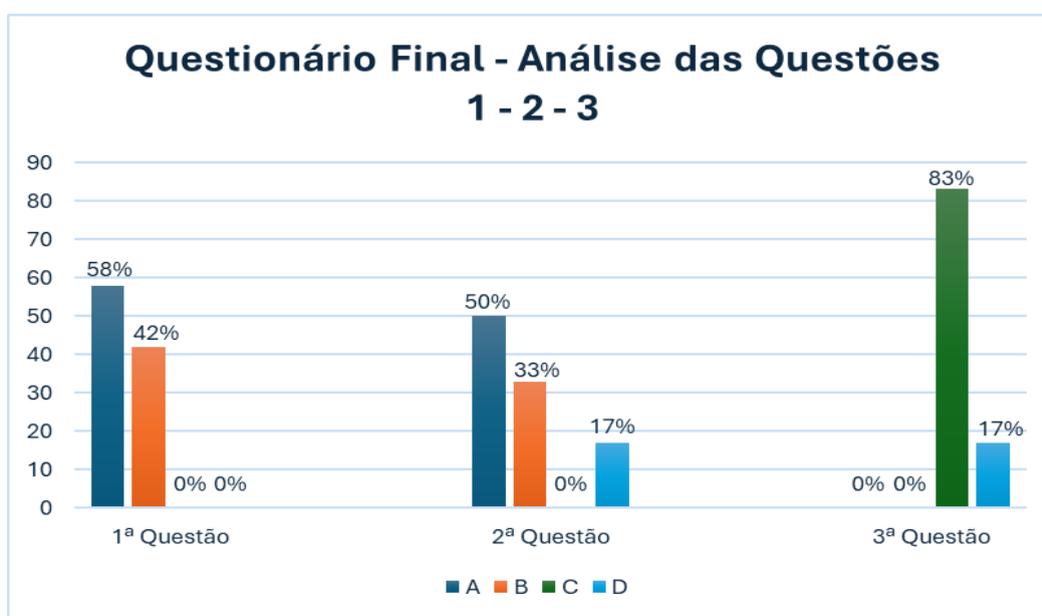
Quadro 5 – Resultados comparativos dos questionários 01, 02 e 03

Respostas	Questionário 01	Questionário 02	Questionário 03
Satisfatória	16%	29,3%	29,2%
Parcial	19,5%	23,4%	34,1%
Sem coerência	6,5%	14,2%	13,2%
Em branco	58%	33,3%	23,3%

Fonte: Dados da Pesquisa - 2024

Para a avaliação final, a qual teve como objetivo avaliar todo o processo desenvolvido nesse trabalho, como também avaliar o nível de desenvolvimento dos estudantes tanto o seu cognitivo quanto na sua linguagem escrita e assim poder detectar a sua capacidade de expressão. Esse questionário foi elaborado com cinco (5) perguntas sendo três de múltipla escolha, uma aberta e outra de sim e não. Os resultados dessa avaliação estão representados nos Gráficos 12 e 13 a seguir os quais foram analisados conforme o tipo da questão e seu grau de avaliação.

Gráfico 12 – Análise das respostas obtidas das questões 1, 2 e 3 do Questionário Final



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

O Quadro 6 nos dá esses valores numéricos do Gráfico 12 acima, em percentuais qualitativos desses resultados.

Quadro 6 – Resultado qualitativo obtido das respostas das questões 1, 2 e 3

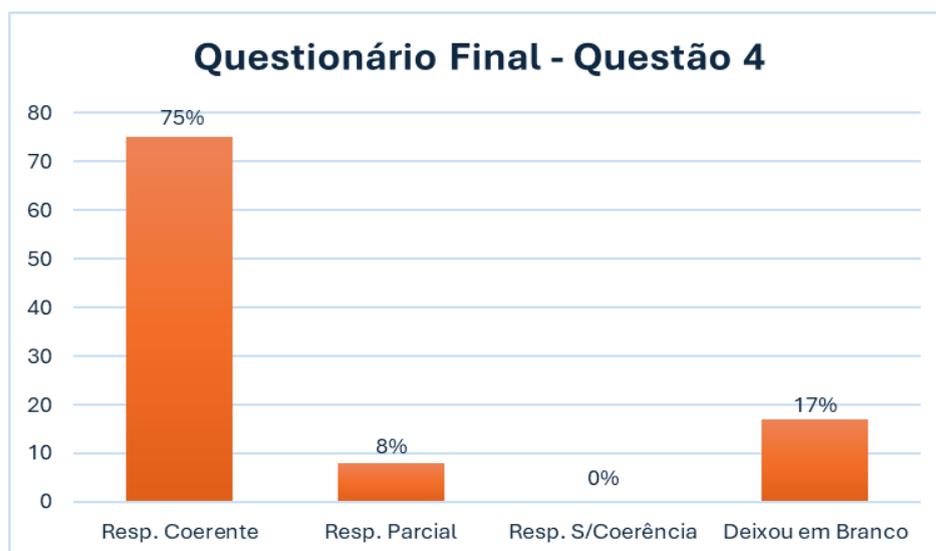
Perguntas	Respostas Corretas	Respostas Próximas	Respostas Erradas
1	58%	42%	0%
2	50%	33%	17%
3	83%	0%	17%

Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Com essa análise foi possível também construir um gráfico que mostrasse, de

maneira qualitativa, os resultados obtidos pelas respostas dos estudantes referentes a questão 04 do referido questionário. Esses resultados estão representados no Gráfico 13 a seguir.

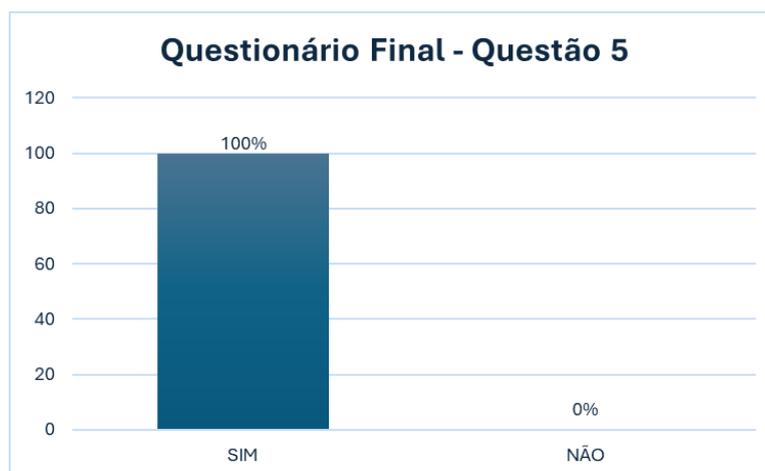
Gráfico 13 – Análise das respostas obtidas da questão 4 do Questionário Final



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

No Gráfico 14 abaixo, podemos perceber que todos os estudantes compreenderam que é sim possível determinar a rotação da Terra fazendo uso de um relógio de sol, levando em consideração vários aspectos fundamentais que foram trabalhados durante todo o processo desse projeto.

Gráfico 14 – Análise das respostas obtidas da questão 5 do Questionário Final



Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

O Quadro 7 a seguir traz uma avaliação completa sobre os resultados obtidos pelas aplicações dos 04 questionários, onde é possível perceber um crescimento no que diz respeito ao desenvolvimento e a aprendizagem dos estudantes e conseqüentemente suas habilidades cognitivas.

Quadro 7 – Avaliação geral dos resultados obtidos dos questionários aplicados

Respostas	Questionário 01	Questionário 02	Questionário 03	Questionário 04
Satisfatória	16%	29,3%	29,2%	73,2%
Parcial	19,5%	23,4%	34,1%	20%
Sem coerência	6,5%	14,2%	13,2%	3,4%
Em branco	58%	33,3%	23,3%	3,4%

Fonte: Dados da Pesquisa – 2024.

Além dos conhecimentos científicos construídos, este trabalho possibilitou momentos de descoberta, diálogo e encantamento com a física que vai além dos livros. Para nós, como professores-pesquisadores, observar o brilho nos olhos dos alunos ao compreenderem o movimento aparente do Sol ou ao construírem um instrumento ancestral foi tão valioso quanto os dados obtidos. Essa vivência reafirma o potencial transformador do ensino quando mediado com intencionalidade e significado.

Diante dos resultados apresentados, segue-se as reflexões conclusivas sobre os impactos e contribuições do trabalho, nas quais se retomam os objetivos da pesquisa e suas contribuições ao ensino de Física.

## 6 CONCLUSÃO

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 foi 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 também contribuiu para o prolongamento do 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 analênico**: 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, Luis 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](http://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.

01 – O que é um relógio solar?

---

02 – Como funciona um relógio solar?

---

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

---

04 – Quais são os componentes de um relógio solar?

---

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

---

06 – Qual é a importância histórica do relógio solar?

---

07 – Como você pode construir seu próprio relógio solar?

---

08 – Quais são os diferentes tipos de relógios solares?

---

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

---

10 – 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.

01 – O que é um relógio solar?

---

02 – Como funciona um relógio solar?

---

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

---

04 – Quais são os componentes de um relógio solar?

---

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

---

06 – Qual é a importância histórica do relógio solar?

---

07 – Como você pode construir seu próprio relógio solar?

---

08 – Quais são os diferentes tipos de relógios solares?

09 – 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?

- a) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento aparente do Sol.
- b) Pela sombra do Sol.
- c) Pela sombra da Terra.
- d) Pela sombra do Gnômom projetada pelo movimento real do Sol.

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

- a) Pela latitude do local onde ele se encontra e as estações do ano
- b) Só pela Latitude do local onde ele se encontra
- c) Só pelas estações do ano
- d) Pelo movimento da Terra

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

- a) 600 Km/h
- b) 1000 Km/h
- c) 1675 Km/h
- d) 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?

---

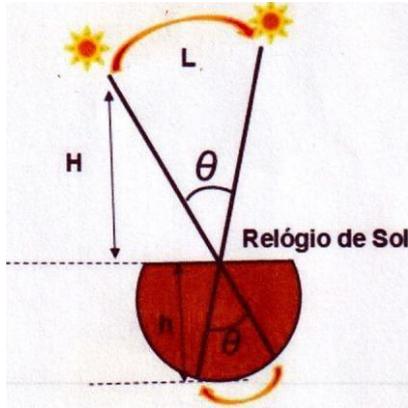
05 – Você acredita que é possível calcular a velocidade de rotação da Terra a partir da utilização de um relógio solar?

( ) 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

$\theta$  - 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).



