



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 46

Laudicélio Carvalho Galindo

Atividades experimentais para o ensino de astronomia:
domos geodésicos, globos e meteoritos.

Caruaru
2024

Laudicélio Carvalho Galindo

Atividades experimentais para o ensino de astronomia:

domos geodésicos, globos e meteoritos.

Dissertação apresentada ao Polo 46 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco – Campus Agreste como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Orientador: Dr. Elder de Alpes Vasconcelos

Caruaru

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Galindo, Laudicélio Carvalho.

Atividades Experimentais para o Ensino de Astronomia: domos geodésicos, globos e meteoritos / Laudicélio Carvalho Galindo. - Caruaru, 2024.

132p.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Mestrado Nacional Profissional em Ensino De Física.

Orientação: Elder Alpes de Vasconcelos.

1. Ensino Médio; 2. Ensino; 3. Astronomia. I. Vasconcelos, Elder Alpes de - Orientador. II. Título.

UFPE-Central

CDD 618.92

Laudicélio Carvalho Galindo

Atividades experimentais para o ensino de astronomia:

domos geodésicos, globos e meteoritos.

Dissertação apresentada ao Polo 46 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Formação de Professores de Física em Nível de Mestrado.

Aprovada em (dia) de (mês) de (ano).

BANCA EXAMINADORA

Dr Elder Alpes de Vasconcelos (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Dr Heydson Henrique Brito da Silva (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Wagner Cavalcanti Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

DEDICATÓRIA

A meus pais, in memoriam, que com amor e muita luta proporcionaram a seus filhos a possibilidade de sonhar e acreditar em um futuro e mundo melhores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais cuja presença física não mais usufruo, porém o calor de seu amor permanece nos fortalecendo a cada dia. Agradeço imensamente à minha esposa Emanuella pela paciência e companheirismo, ao meu amado filho Thomas cujos lindos sorrisos acalmam minhas tempestades e à minha irmã Laudicélia pela presteza e companheirismo em tantos momentos. Quero expressar minha gratidão também à equipe que forma a escola na qual exerço minha função, sobretudo aos setores da coordenação e direção. Agradeço ao meu orientador, o Dr. Elder Alpes de Vasconcelos, que diligentemente tem me conduzido sempre enfatizando a objetividade do projeto. E por último e não menos importante, quero agradecer à Vida em seu inescrutável mistério que incontáveis vezes nos mostra o quão pouco sabemos, e assim, em meio às infinitas contradições, seguimos por esse tortuoso caminho abraçando o trágico e idolatrando a dúvida na esperança de alguma certeza.

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

“- Criança, criança! Chega disso! Como que chicoteados por espíritos invisíveis, os cavalos de sol do tempo sempre dispararam à frente do carrocim ligeiro de nosso destino e, a nós, não nos resta mais do que, corajosamente, segurar com firmeza as rédeas, guiando as rodas ora à direita, ora à esquerda, desviando de uma pedra aqui, de um precipício acolá. Para onde vai, quem haverá de saber? Nem bem ele se lembra de onde veio”

(De minha vida, Goethe)

RESUMO

O ensino de astronomia em escolas públicas representa um constante desafio. Refletindo sobre essa prática, pudemos identificar 3 problemas: (i) Falta de familiaridade com céu noturno e os objetos astronômicos, pois a luminosidade dos ambientes urbanos impede que a grande maioria das pessoas observe o céu noturno; (ii) Incompreensão das dimensões astronômicas e pouca familiaridade com a aparência real dos corpos celestes; (iii) Compreensão descontextualizada da Astronomia e falta de familiaridade com o método científico, motivada por aparente desconexão com a realidade cotidiana e falta de aplicações práticas. Neste trabalho, elaboramos e desenvolvemos três atividades em sala de aula que buscaram envolver os alunos e os levar a se familiarizar com esta ciência de uma maneira mais envolvente, buscando minimizar tais problemas. Respectivamente, as atividades foram: (i) construção de um domo geodésico em papel e desenvolvimento de scripts do software Stellarium como um planetário de baixo custo para proporcionar uma experiência mais imersiva em termos de observação celeste; (ii) confecção de globos de corpos celestes, tais como Lua e Marte, de forma a adquirir uma melhor compreensão das escalas astronômicas e de noções de cartografia; (iii) coleta e identificação básica de meteoritos e simulação de crateras de impacto, tendo como contexto motivador a queda do Meteorito Serra do Magé, evento amplamente conhecido na localidade. Apresentamos um roteiro detalhado dessas atividades e discutimos os resultados de sua aplicação bem sucedida em sala de aula, onde constatamos seu impacto positivo sobre o processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino Médio; Astronomia; Domos; Globos; Meteoritos.

ABSTRACT

Teaching astronomy in state schools represents a constant challenge. Reflecting on this practice, we were able to identify 3 problems: (i) Lack of familiarity with the night sky and astronomical objects, as the luminosity of urban environments prevents the vast majority of people from observing the night sky properly; (ii) Misunderstanding of astronomical dimensions and unfamiliarity with the real appearance of celestial bodies; (iii) Decontextualized understanding of astronomy and lack of familiarity with the scientific method, motivated by an apparent disconnection with daily activities and practical applications. In this work, we designed and developed three classroom activities that motivate the students to study this science in a more profitable way, aiming at solving those problems. Respectively, the activities were: (i) construction of a geodesic paper dome and development of Stellarium scripts as a low-cost planetarium in order to provide a more immersive experience of celestial observation; (ii) manufacture of globes of celestial bodies, such as the Moon and Mars, leading to better understanding astronomical scales and cartography notions; (iii) collection and basic identification of meteorites and simulation of impact craters, motivated by the fall of the Serra do Magé meteorite, a widely known local historic event. We present a detailed guide of these activities and discuss the results of their successful application in the classroom, where we observed their positive impact on the learning process.

Keywords: High school; Astronomy; Domes; Globes; Meteorites.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.	Planetários fixos de Pernambuco.....	15
Fig. 2.	Primeiro planetário construído	26
Fig. 3.	Um dos primeiros projetores da empresa Zeiss	26
Fig. 4.	Exemplo de domo da Paradome.....	27
Fig. 5.	Exemplo de domo da Ameríndia.....	27
Fig. 6.	Domo geodésico do professor Russell.....	28
Fig. 7.	Projeção no interior do domo de Russell.....	28
Fig. 8.	Relação entre Icosaedro base e a frequência do domo.....	29
Fig. 9.	Seleção da frequência do domo numa calculadora de domos.....	30
Fig. 10.	Triângulos equiláteros e isósceles em um domo de frequência 2	31
Fig. 11.	Dimensões dos triângulos para um domo de frequência 2 e raio 1m.....	31
Fig. 12.	Representação planar de um domo geodésico de frequência 2.....	32
Fig. 13.	Gabarito para recorte e dobramento dos triângulos.....	32
Fig. 14.	(a) Traçado, (b) corte, (c) dobramento e (de) união dos triângulos do domo geodésico.....	33
Fig. 15.	Projeção cilíndrica a partir do centro de uma esfera.....	35
Fig. 16.	Indicatrizes de Tissot na projeção cilíndrica gnomônica.....	36
Fig. 17.	Representação das projeções cilíndrica, cônica e azimutal.....	36
Fig. 18.	Fuso esférico.....	37
Fig. 19.	Diferentes possibilidades de projeção de um fuso esférico.....	37
Fig. 20.	Projeção senoidal centrada no Meridiano de Greenwich.....	38
Fig. 21.	Mapas em projeção senoidal centrados em diferentes meridianos.....	39
Fig. 22.	Construção de um globo a partir de uma projeção senoidal interrompida	39
Fig. 23.	Esquema da diferenciação planetária	42
Fig. 24.	Exemplos de meteoritos de diferentes classes.....	43
Fig. 25.	Imagem em corte do asteroide Vesta e local de queda.....	44
Fig. 26.	Detalhes do asteroide Vesta.....	44
Fig. 27.	Fenômenos associados a meteoritos.....	45
Fig. 28.	Fragmento do meteorito de Santa Filomena.....	53
Fig. 29.	Representação planar de um meio domo geodésico.....	56
Fig. 30.	Meio domo reduzido montado e sendo utilizado para projeção	57
Fig. 33.	Página do Goddard Institute for Space Studies.....	61

Fig. 36.	Vista por satélite da cidade de Alagoinha e do sítio Cacimbinha.	63
Fig. 37.	Local de coleta das amostras.....	64
Fig. 38.	(a) Materiais para o experimento, (b)aluno pesando uma das amostras. .	66
Fig. 39.	Determinação da massa de líquido deslocado.....	66
Fig. 40.	Experimento sobre a formação de crateras de impacto	67
Fig. 41.	Construção do meio domo pelos alunos.	69
Fig. 42.	Imagens das apresentações realizadas durante o evento “culminância” ..	71
Fig. 43.	Baner informativo da GRE Arcoverde e Sertão do Moxotó.	72
Fig. 44.	Confecção dos globos pelos alunos: recorte e colagem dos fusos.	73
Fig. 45.	Globos prontos: Terra, Lua e Marte.	73
Fig. 46.	Demonstração da distância entre a Terra e a Lua utilizando os globos. ...	74
Fig. 47.	Algumas amostras coletadas.	75
Fig. 48.	vista aérea e destacada da cratera da Serra da Cangalha	77
Fig. 49.	Experimento sobre a formação de crateras de impacto	79
Fig. 50.	Tela do celular de um aluno	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Diretrizes brasileiras para o ensino de astronomia no ensino fundamental e ensino médio	17
2.1.1	Astronomia na Educação Básica	17
2.1.2	Astronomia no Ensino Médio	19
2.2	Ensino investigativo	22
2.3	Contextualização sócio-histórica	24
2.4	Atividades manuais	25
2.5	Domos Geodésicos	25
2.5.1	Domo Geodésico de Papelão	28
2.5.2	Construção de Domos Geodésicos de papelão	29
	Definição da frequência do domo	29
	Definição do Raio do Domo	30
	Preparação dos recortes dos triângulos	32
	Traçado, corte, dobramento e união dos triângulos	33
2.6	Globos de planetas e satélites	34
2.6.1	Conceitos básicos de cartografia	35
	Projeções cartográficas	35
	Projeção senoidal	38
	Projeção senoidal interrompida	38
2.7	identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto	40
2.7.1	Tipos de meteoritos e suas origens	40
2.7.2	Classificação básica dos meteoritos	41
2.7.3	Classificação do meteorito Serra do Magé	43

2.7.4	Formação das crateras de impacto	45
2.7.5	Histórico da queda do meteorito da Serra do Magé	48
3	METODOLOGIA	54
3.1	Disciplinas eletivas no Ensino Médio	54
3.2	Disciplina eletiva de Astronomia.....	54
3.3	Escola-alvo	55
3.4	Simulação do céu com o software Stellarium e projeção em domo geodésico de papelão de baixo custo.	56
3.5	Construção de globos e satélites	60
3.5.1	Obtenção das Imagens das Superfícies	60
3.5.2	Obtenção da Projeção Senoidal Interrompida	61
3.6	Identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto.....	63
3.6.1	Inspeção visual e teste de densidade.....	64
3.6.2	Estudo da formação de crateras de impactos	67
4	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	69
4.1	Simulação do céu com o software Stellarium e projeção em domo geodésico de papelão de baixo custo.	69
4.2	Construção de globos de planetas e satélites	72
4.3	Identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto.....	75
4.3.1	Inspeção visual e medida de densidade.....	75
4.3.2	Investigação da formação de crateras de impacto	77
5	CONCLUSÕES	81
6	REFERÊNCIAS.....	82
	ANEXO A Fontes Históricas sobre a queda do Meteorito Serra do Magé	88
	APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL	92

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo descreveremos a motivação do trabalho, indicando as dificuldades que estamos tentando resolver e as soluções propostas.

Não é novidade que o ensino de Astronomia em escolas públicas representa um constante desafio para nós professores. A oficialização da inserção desta disciplina nos currículos da Educação Básica através da BNCC (2018) representa um considerável avanço. Ato contínuo a isto, por exemplo, poder-se-ia considerar a inclusão desta disciplina nas grades de cursos de Licenciatura em Física não como uma disciplina optativa apenas, mas sim obrigatória. Por outro lado, também seriam necessários investimentos por parte das escolas, como a aquisição de equipamentos apropriados como lunetas, telescópios, sextantes, entre outros artefatos importantes.

A parte as circunstâncias adversas acima listadas, em nossas práticas em sala de aula ao ministrar a disciplina Astronomia nos deparamos com 3 tipos de obstáculos os quais descrevemos abaixo.

Obstáculo nº 1: Falta de familiaridade com céu noturno e os objetos astronômicos.

A história da Astronomia se confunde com a história da espécie humana. Dia após dia nossos antepassados observavam o Sol se erguer ao leste tingindo de tons avermelhados o horizonte até alcançar uma altura máxima para, gradativamente, realizar seu trajeto descendente rumo ao oeste fazendo o mundo lentamente imergir em uma crescente escuridão. Conforme essa escuridão se consolidava, uma miríade de distantes luzeiros tornava-se visível. Nas noites límpidas se podia divisar nitidamente uma grande faixa esbranquiçada cortando o céu noturno, o “Caminho de leite” dos romanos. Também em várias noites podia-se divisar com destaque a Lua, nossa companheira silenciosa em suas várias fases: nova, crescente, cheia e minguante. Noite após noite esse espetáculo celeste levou os primeiros seres humanos a identificar certos padrões.

Tratava-se por vezes de uma questão de sobrevivência saber ler os padrões celestes como, por exemplo, os tempos para o plantio e a colheita, bem como quando estocar alimentos para o inverno. Além do mais, ela também esteve intimamente relacionada às concepções religiosas da vida e do destino do homem. Eventos cuja ocorrência fosse rara ou de periodicidade incerta, tais como eclipses e aparições de

cometas, tinham impactos consideráveis nas antigas sociedades. Normalmente estavam associados a mortes de grandes figuras e catástrofes naturais.

A experiência de contemplar o céu noturno era inexplicavelmente superior à que qualquer pessoa pode ter hoje em dia. Uma grande dificuldade no ensino da astronomia no ensino médio e fundamental é a observação do céu noturno. Atualmente, a poluição luminosa é cada vez maior. A luminosidade dos ambientes urbanos impede que a grande maioria das pessoas observe o céu noturno em todo seu esplendor, como faziam os nossos antepassados. Poucas pessoas têm oportunidade de perceber os padrões das constelações, os movimentos dos corpos celestes ou a diferença no brilho e cores das estrelas, por exemplo. Isso gera uma dificuldade extra de assimilação de conhecimentos astronômicos básicos. Realizar observações durante aulas de astronomia também é frequentemente inviável, seja porque as aulas são durante o período diurno ou porque não existem lugares apropriados para a organização de práticas de observação.

Obstáculo nº 2: Incompreensão das dimensões astronômicas e pouca familiaridade com a aparência real dos corpos celestes.

Os objetos de estudo da astronomia têm escalas de tamanho e se localizam a distâncias por vezes difíceis de conceber em confronto com nossas experiências diárias. Nem mesmo sua aparência é bem conhecida. Pudemos constatar com os alunos no decorrer das aulas sua dificuldade em assimilar e conceber as reais distâncias entre os planetas, por exemplo, bem como suas dimensões de tamanho. Deste modo, o que poderia ser feito no intuito de contornar esta dificuldade?

Obstáculo nº 3: Compreensão descontextualizada da Astronomia e falta de familiaridade com o método científico, motivada por aparente desconexão com a realidade cotidiana e falta de aplicações práticas.

Muitos professores se queixam do desinteresse nas aulas, motivado por aparente desconexão com a realidade cotidiana e a falta de aplicações práticas. É bastante frequente em nossas escolas o professor iniciar uma explanação e, de forma ininterrupta, seguindo seu próprio raciocínio a conclui. Após, volta-se para os alunos lhes perguntando se o compreenderam. Em geral a resposta é um tímido sim, quando não um silêncio acabrunhador. Isso, quando os alunos estão pelo menos prestando atenção à aula. Como mostrar-lhes quão próxima a Astronomia está de suas vidas diárias?

Considerando esses 3 obstáculos, nosso objetivo nesta pesquisa é encontrar seqüências de ensino para minimizar ou mesmo superar essas dificuldades. Dessa forma, buscaremos desenvolver as 3 propostas a seguir.

Proposta 1: Simulação do céu com o software Stellarium e projeção em domo geodésico de papelão de baixo custo.

Visando familiarizar os alunos com o céu noturno ocorreu-nos a ideia de apresentar-lhes um planetário. Infelizmente há pouca disponibilidade desses equipamentos em nosso estado. De acordo com a página eletrônica da Associação Brasileira de Planetários, no estado de Pernambuco existem apenas 2 planetários fixos de maior capacidade: o Planetário Espaço Ciência em Olinda (Fig. 1a) e o Planetário Digital de Souza Lima em Garanhuns (Fig. 1b). Os demais são planetários móveis, de menor capacidade e de disponibilidade irregular.

Em virtude da relativa proximidade, cogitamos uma visita com a turma da eletiva ao planetário de Garanhuns, porém, através de contato telefônico, fomos informados que o mesmo teve seu equipamento danificado por falta de uso. Diante deste cenário, nos restou encontrar meios alternativos para proporcionar os recursos didáticos dos planetários a nossa disciplina eletiva. O que fazer para possibilitar aos alunos uma experiência semelhante aos planetários, considerando as circunstâncias?

Fig. 1. Planetários fixos de Pernambuco.



Fonte: Associação Brasileira de Planetários. Disponível em:
<https://planetarios.org.br/planetarios/planetario-espaco-ciencia/>. / . Acesso em 12 ago. 2023.

Nosso trabalho nos conduziu à fabricação de um domo geodésico de papelão, o qual foi utilizado com sucesso no decorrer da disciplina eletiva.

Proposta 2: Construção e utilização de globos de planetas e satélites.

Elaboramos uma atividade na qual foram confeccionadas réplicas de corpos do sistema solar respeitando, dentro do possível, as reais escalas dimensionais e aparência. Após a confecção de globos, propusemos uma atividade na qual os alunos se posicionavam a distâncias proporcionais às reais em relação aos tamanhos das réplicas. Descreveremos essa atividade no capítulo 3.

Proposta 3: Identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto.

Pensamos em como melhorar o interesse e a participação dos alunos e elaboramos uma atividade baseada num episódio histórico local: a queda do meteorito Serra do Magé. Foi proposto aos alunos analisar amostras de possíveis fragmentos do famoso meteorito. Posteriormente, realizamos simulações de formação de crateras de impacto elaborando uma fórmula empírica que relacionasse diâmetro e energia cinética.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresentaremos a fundamentação teórica das atividades propostas associada a uma revisão bibliográfica. Inicialmente, discutiremos como a Astronomia está inserida nas diretrizes nacionais para o Ensino de Física e Ciências e em seguida, abordaremos alguns aspectos do processo de ensino e aprendizagem que nortearam a elaboração da disciplina eletiva e suas atividades: ensino investigativo, contextualização sócio-histórica e atividades manuais. Nas seções 2.5 a 2.7, apresentaremos os fundamentos teóricos relacionados às atividades propostas.

2.1 Diretrizes brasileiras para o ensino de astronomia no ensino fundamental e ensino médio

2.1.1 Astronomia na Educação Básica

Segundo Iachel (2023) é consenso que a pedra fundante do movimento pelo ensino de astronomia nas escolas brasileiras foi assentada por Rodolpho Canioto, cuja tese de doutorado de 1973 incluía três volumes em seus anexos, dos quais um tornar-se-ia o livro “O Céu” (CANIOTO *in* LONGHINI, 2014). Já em 1987 ocorre um debate entre Márcio Campos e Romildo Póvoa Faria sobre a inclusão de tópicos de astronomia no Ensino Fundamental no VII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). Anos mais tarde Póvoa participará da estruturação dos PCNs, cuja publicação impulsionará o aumento de interesse no assunto, levando a diversas publicações. Ainda em fins da década de 90 ocorre a criação da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA). Embora tenha sua relevância, a OBA, de acordo com pesquisadores entrevistados por Iachel, tem impacto bastante localizado para não dizer limitado, visto seu objetivo controverso incentivar competições. Um dos entrevistados resalta um possível propósito geopolítico na sua criação (IACHEL, 2013, pag. 75 *apud* IACHEL, 2023, pag. 18-19).

Na primeira década do século XXI surgem dezenas de trabalhos sobre ensino de astronomia e em 2009, por iniciativa da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), é eleito o Ano Internacional da Astronomia (AIA-2009). Essa ação teve papel determinante para o considerável crescimento no interesse por aprender e ensinar essa ciência, surgindo em 2011 os Simpósios Nacionais de Educação de Astronomia (SNEAs). Segundo Carvalho e Ramos, desde o surgimento dos PCNs a astronomia tem se tornado tema recorrente no que diz

respeito à sua inclusão nas aulas de Educação Básica, principalmente nas disciplinas de Ciências da Natureza (CARVALHO, RAMOS, 2020). No entanto, a consolidação se daria de fato com a BNCC (BRASIL, 2018) que assegurou sua presença nos currículos da Educação Básica desde o 1º ano do Ensino Fundamental (*Ibidem*, 2020). Carvalho e Ramos, embasados em Langhi e Nardi, destacam que embora tenha havido, por parte de documentos oficiais, crescente interesse na inserção da astronomia nas salas de aula, por diversos motivos, os professores encontram dificuldades em ministrá-la, seja por formação inadequada, ou:

(...) sensação de incapacidade e insegurança ao se trabalhar com o tema, respostas insatisfatórias para os alunos, falta de sugestões de contextualização, bibliografia e assessoria reduzida, e pouco tempo para pesquisas adicionais a respeito de tópicos astronômicos. (LANGHI, NARDI, 2012 *apud* CARVALHO, RAMOS, 2020, pag. 85-86.)

Não há o que discordar, porém (e isso os autores esclarecem mais à frente) não se pode desconsiderar a evidente contradição entre aquilo que se propõe nos currículos e a realidade do chão da escola no que diz respeito a recursos. Não se trata, portanto, de problemas específicos, localizados, mas, antes, infelizmente, de algo mais generalizado. Já se têm observado consideráveis avanços à inserção do ensino de astronomia em nossas escolas, porém o caminho é longo. Segundo Iachel “Parece existir capital intelectual e político suficiente para a geração de novos saberes e para lutar pela deflagração e manutenção de um espaço próprio ao campo científico em Educação em Astronomia no Brasil” (IACHEL, 2023).

De fato, conforme pudemos observar, vários esforços vêm sendo realizados ao longo dos anos para que a Astronomia passe a ocupar um lugar definitivo na educação básica. Porém, para além de nossos currículos, ela deve se estabelecer nas salas de aula. Enfatizamos a importância de se rever a formação de professores, inclusive, considerando a inclusão da Astronomia como uma disciplina não apenas optativa. Também são necessários investimentos em cursos de formação ao longo do exercício do magistério, assim como a aquisição e distribuição de equipamentos apropriados como lunetas, telescópios, sextantes, entre outros artefatos importantes para um primeiro contato.

Por último e mais importante, enfatizamos a importância de estabelecer uma ponte entre o educando e o universo científico. Essa ponte certamente tem em seus fundamentos os trabalhos de natureza prática que envolvam práticas investigativas com experimentos e simulações. Autores como Carvalho (2014) dão forte ênfase à

importância que a incitação investigativa suscitada pela experimentação tem para o processo de ensino-aprendizagem além de, claro, contribuir com a “alfabetização científica” do aluno. Embora o termo em si seja motivo de debate entre pesquisadores, há certo consenso quanto a pontos fundamentais em sua definição. De acordo com Carvalho e Sasseron (2011), estes pontos podem ser sintetizados sob três aspectos:

- I – Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
- II – Compreensão da natureza das ciências e dos atores éticos e políticos que circundam sua prática;
- III – Entendimento entre as relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

(Adaptado de SASSERON, CARVALHO, 2011)

Pode-se considerar a alfabetização científica como sendo uma tomada de consciência por parte do indivíduo que passa a ter uma atitude integrada não se restringindo, portanto, ao saber técnico, mas, antes, compreendendo-se enquanto ator e sujeito social, algo que, embora desejável, não se encontra mais na ordem do dia pela nova BNCC, contrariamente ao que se observava nos PCNs (AGUIAR, 2018, pag. 21 *apud* CARVALHO, RAMOS, 2020).

2.1.2 Astronomia no Ensino Médio

O Novo Ensino Médio (NEM) foi promulgado pela Lei Nº 13.415 de 2017. A sua implementação, porém, teve início no ano de 2022. A partir de então, conforme o texto base, a carga horária do ano letivo passou a ser dividida em duas partes, sendo uma delas destinada à Base Nacional Curricular Comum (BNCC) que constitui a Formação Geral Básica e a outra aos Itinerários Formativos (CNE-CEB Nº3, 2018). Basicamente, estes itinerários são formados pelos Aprofundamentos, Projetos de Vida e as Eletivas. Juntos, compõem 40% da carga horária do Ensino Médio, ficando os 60% restantes para a FGB (BRASIL, 2018, p. 476).

Como resultado, a carga horária de Física no 1º ano reduziu 33%. No 2º ano e no 3º ano a redução foi 75%. Este percentual, entretanto, não é fixo, pois, a depender das áreas do conhecimento adotadas pela instituição de ensino, o arranjo curricular adotado poderá ou não contemplar certas disciplinas tradicionais nos três anos do Ensino Médio, tudo dependerá unicamente dos recursos e possibilidades da escola em questão (CNE-CEB Nº3, 2018).

É possível, por exemplo, que em determinada escola os alunos tenham conteúdos de química ou biologia, digamos, apenas no 1º ano do ensino médio. Isso se aplica também às demais disciplinas da Formação Geral Básica exceto a português e matemática, cuja obrigatoriedade nos três anos de ensino médio está assegurada pelo parágrafo 3 do artigo 3º desta nova lei: “§ 3º O ensino da língua portuguesa e da matemática será obrigatório nos três anos do ensino médio, assegurada às comunidades indígenas, também, a utilização das respectivas línguas maternas.” (BRASIL, 2017).

Dada a considerável redução na carga horária voltada à Formação Geral Básica (FGB), a BNCC, em consonância com esse projeto, concentrou-se os conteúdos de Ciências da Natureza sob duas unidades temáticas: “Matéria e Energia” e “Vida, Terra e Cosmos”. Estas unidades devem ser desenvolvidas sob quatro eixos, quais sejam, “conhecimentos conceituais”, “contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia”, “processos e práticas de investigação” e “linguagens específicas” (CARVALHO, RAMOS, 2020).

Conforme se encontra na atual BNCC, o conteúdo de Astronomia é contemplado na Competência Específica nº 2 nas Habilidades (EM13CNT201), (EM13CNT204) e (EM13CNT209) conforme se pode ver na tabela 1.

De fato, sob essas três habilidades contempla-se uma vasta quantidade de conteúdos de Astronomia, isso claro, sempre sob um enfoque interdisciplinar. Embora o tempo delegado à FGB tenha sofrido uma considerável redução, podemos considerar bastante promissora a inclusão desses conteúdos, contanto, claro, que as áreas ofertadas pela escola permitam a manutenção da disciplina de Física ao longo dos três anos. Se for esse o caso, haverá margem para se propor também eletivas e aprofundamentos relacionados à disciplina, o que não sacrificará tanto o espaço para os conteúdos tradicionais de Física.

Tabela 1 - Astronomia no Ensino Novo Médio de acordo com a BNCC

Competência Específica 2	Habilidades
Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente. (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros). (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como programas de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Fonte: adaptado de BRASIL (2018)

2.2 Ensino investigativo

A partir de suas pesquisas que objetivavam descrever a maneira pela qual os seres humanos aprendem novas habilidades, o suíço Jean Piaget elaborou sua Epistemologia Genética, um corpo teórico que tornar-se-ia uma ferramenta imprescindível para compreender a maneira pela qual internalizamos novos conceitos e ideias e, a partir disto, passamos a elaborar raciocínios cada vez mais complexos e abstratos. Observa-se que o *modus operandi* desse processo se dá quando um conflito é estabelecido entre esquemas mentais prévios e alguma situação inédita cuja compreensão exija uma reformulação destes esquemas. Partindo deste raciocínio podemos concluir o quão fundamentais são aulas que estimulem os alunos com problematizações, levando-os a acessar conhecimentos que já detenham e, por meio deles, tentem resolver um novo problema que lhes seja apresentado. Carvalho (2014) afirma que:

Um dos pontos que podemos salientar, e que se torna claro nas entrevistas piagetianas, é a importância de um problema para o início da construção do conhecimento. Ao trazer para o ensino em sala de aula, esse fato – propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo – vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento. (CARVALHO, 2014, p. 2)

E é neste ponto que acrescentamos a diferença que faz à aprendizagem um modelo de aula que adote atividades com propostas investigativas. Aulas de caráter estritamente expositivo têm um baixo poder de introjeção, uma vez que esse tipo de abordagem, por não contar com a participação ativa do sujeito, de longe elemento chave ao processo de aprendizagem, conforme descrito por Piaget. Carvalho (2014) afirma:

(...) nos estudos da construção de novos conhecimentos pelos indivíduos, os trabalhos piagetianos apresentaram duas condições muito importantes para o ensino e a aprendizagem escolar: a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual que tem lugar nesta construção, principalmente em crianças e jovens, e a importância da tomada de consciência de seus atos nessas ações. (PIAGET, 1978, *apud* CARVALHO, 2014. p. 3)

Autores como Zômpero e Laburú (2011), Magalhães e Zuliani (2020), Carvalho (2007), Moreira (2021) voltam sua atenção à importância que têm as atividades de caráter investigativo para o processo de ensino-aprendizagem. Conforme defendem os pensadores construtivistas, a aprendizagem é, antes de qualquer coisa, um processo envolvendo uma série de interações de caráter dialético onde o ato de conhecer é mediado pela problematização.

Na abordagem piagetiana usa-se o termo *assimilação* ao se referir ao ato do sujeito apreender uma nova informação à luz de um esquema mental que já possua. Caso essa nova informação não coadune com esse “acervo” mental prévio, ter-se-á estabelecido o que poderíamos chamar de *desequilíbrio* e, na tentativa de restabelecer o estágio de equilíbrio, o indivíduo se verá na necessidade de modificar certos esquemas mentais para que se adaptem e deem conta de incluir e explicar essa nova situação observada. Piaget chama a essa adaptação de *acomodação* (PIAGET, 1977, *apud* MOREIRA, 1999). Embora o foco de sua pesquisa seja a aprendizagem infantil, sua teoria deixa claro que o chamado “período das operações formais” se estende ao longo de toda a vida do indivíduo, haja vista o fato de estarmos constantemente absorvendo informações e ressignificando nossa forma de compreender algo em específico.

Dada a dialeticidade do processo de aprendizagem, não poderíamos deixar de enfatizar o importante papel que tem o diálogo entre os conceitos formais apresentados pelo professor com os conceitos prévios que o aluno trás para a sala de aula. Contrariando a verticalização do ensino observada nas aulas expositivas, a interação recíproca professor/aluno, proporcionada por uma abordagem mais horizontalizada, é um ponto chave à formulação de novos constructos mentais. Carvalho (2014) chama a atenção à importância que a *ação manipulativa* tem sobre a *ação intelectual*. Visto a aprendizagem se dar nos planos concreto e mental, sendo este, aliás, de acordo com Piaget, extensão daquele (PIAGET *apud* MOREIRA, 1999, pag. 101), torna-se evidente a importância que os experimentos desempenham ao processo propriamente dito, isto, claro, contando-se sempre com o professor como agente mediador, evitando que o experimento se encerre em si mesmo, não passando de uma mera demonstração. A experimentação, entretanto, deve ser precedida por uma inquietação lançada pelo professor para que, a partir das discussões que a demonstração suscitará, se possa conduzir os alunos, por seus próprios passos, à conclusão esperada.

Outro fato notável nas pesquisas de Piaget é a constatação da importância que os erros cometidos têm para o processo de aprendizagem. Conforme afirma Carvalho (2014) “O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.” (2014, p. 3). É importante ao professor sempre o encorajar a retomar o problema e reconsiderar a hipótese anterior afim de a reelaborar ou mesmo abandoná-la, caso necessário. Neste processo o professor deve manter sua assistência

mediadora para evitar que o aluno se desvie demais do objetivo, sem, no entanto, tirar-lhe o protagonismo.

Por fim, a experimentação propriamente, quando previamente contextualizada, feita sob problematização bem delimitada, confirmará ou refutará as hipóteses que o aluno tenha elencado, contribuindo com a reelaboração de conceitos que já tenha previamente construídos. Foi sob este mote que concebemos e concretizamos os trabalhos que mais a frente detalharemos. De acordo com Carvalho (2018) as atividades experimentais em sala de aula podem ser classificadas de acordo o seu grau de liberdade oferecido aos alunos diante das situações-problema apresentadas. O quadro abaixo ilustra essa classificação, onde P representa o professor e A o aluno:

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte: adaptado de Carvalho (2018)

De acordo com a autora o ensino propriamente investigativo se caracteriza por, no mínimo, um grau de liberdade 3, no qual embora o professor proponha o problema a ser investigado, o plano de trabalho é elaborado prioritariamente pelo aluno, embora conte com a supervisão do professor. Em nossos trabalhos embora tenhamos procurado assegurar certo grau de autonomia aos alunos, não nos foi possível deixar a cargo dos mesmos a prioridade quanto ao plano de trabalho. Deste modo, baseados nesta autora, fomos levados a classificar nossos trabalhos em um grau de liberdade 2.

2.3 Contextualização sócio-histórica

É bastante frequente em nossas escolas o professor iniciar uma explanação e, de forma ininterrupta, seguindo seu próprio raciocínio a concluir. Logo após, volta-se para os alunos lhes perguntando se o compreenderam. Em geral a resposta é um tímido sim, quando não um silêncio acabrunhador. Esse professor parte da concepção de aula expositiva, tendo os alunos como receptores de informação, ignorando a

individualidade e o tempo de aprendizagem particular de cada indivíduo. Kantor, citando Pacca e Villani (1997) acerca do aprendizado diz:

Isso pede um relacionamento dialógico, no qual o objeto a ser conhecido não seja de posse exclusiva do professor, mas faça a ponte entre os dois agentes do aprendizado. Desse modo, a imposição cede espaço para o diálogo. A função do professor torna-se a de condutor, que procura dirigir e amparar o crescimento do aluno por meio da efetivação de diálogos significativos. (KANTOR *apud* PACCA, VILLANI, 1997).

O domínio de qualquer conteúdo estudado passa por uma abordagem contextualizada, visto tratar-se de uma criação humana e, como tal, ter historicidade, ser localizado espaço-temporalmente. Ignorar ou desconsiderar tal fato implicará em uma compreensão, quando muito, distorcida e incompleta do objeto estudado.

De fato, ensinar Ciência como algo “descolado” do tempo e do contexto social de origem possivelmente levará a uma compreensão limitada e distorcida da mesma, reduzindo-a a uma *ciência morta* (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2018). Não podemos perder a percepção do caráter histórico, social e político do conhecimento científico, algo fundamental a uma educação humanística. É importante à aprendizagem que entre o objeto em estudo e a realidade do aluno se estabeleça alguma conexão, algum fator que potencialmente venha a capturar o seu interesse. Daí a importância de o professor procurar falar o “idioma do aluno”, apresentar as problematizações de uma maneira atraente e que façam sentido para ele.

2.4 Atividades manuais

Se há uma característica distintiva nos seres humanos esta é, certamente, sua curiosidade. Desde o instante em que nos entendemos por indivíduos, quando ocorre a ruptura entre o “eu” e o “outro”, em que passamos a encarar o mundo que nos cerca como “lá fora”; quando nos dispomos a tocar e observar tudo à nossa volta, iniciamos uma busca incessante pelo “conhecer”. O observar e o manipular constituem o cerne do processo de construção de novos saberes e decerto a ciência é a obra prima desse longo e contínuo processo. A importância da observação e da manipulação na fixação do aprendizado pode ser resumida na frase atribuída ao filósofo chinês Confúcio: Aquilo que escuto eu esqueço; aquilo que vejo eu lembro; aquilo que faço eu aprendo.

2.5 Domos Geodésicos

O primeiro planetário foi inaugurado em 1923 pela empresa Carl Zeiss na cidade alemã de Jena (PARADOME, 2023a). Esse planetário tinha uma cúpula

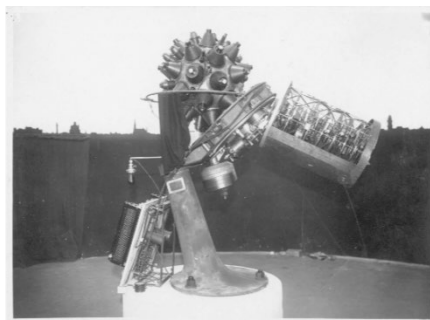
geodésica cuja estrutura foi feita a partir da junção de barras metálicas que se justapunham em formato de triângulos. Assim, foi criada uma superfície curva para receber a projeção com o intuito de proporcionar um efeito semelhante ao experimentado durante uma observação real, dada a aparente curvatura celeste. Abaixo pode-se ver o “esqueleto” do primeiro planetário construído na cidade de Jena (Fig. 2), bem como um dos primeiros modelos de projetores da empresa Zeiss (Fig. 3).

Fig. 2. Primeiro planetário construído



Fonte: Paradome geodésicas. Disponível em: <https://paradome.com.br/2020/07/20/origem-dos-domos-geodesicos/>. Acesso em 12 de ago. 2023.

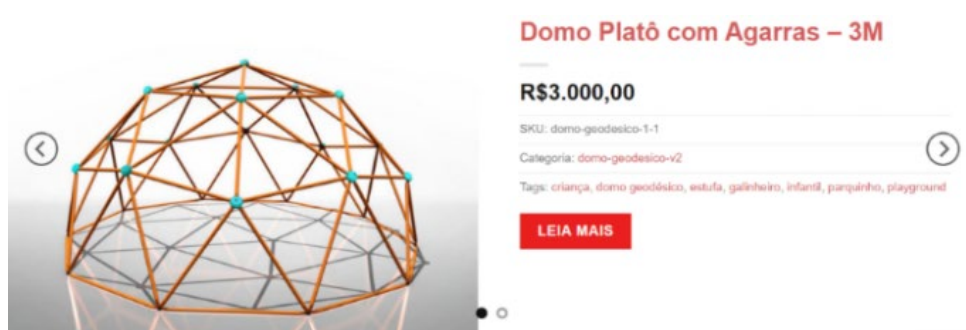
Fig. 3. Um dos primeiros projetores da empresa Zeiss



Fonte: Centennial of Planetarium. Disponível em: <https://planetarium100.org/pt/history/>. Acesso em 12 de ago. 2023.

Atualmente, há empresas que fabricam domos geodésicos em diferentes materiais com diferentes finalidades, tais como recreação infantil, eventos e construção de casas. Entre empresas brasileiras fabricantes destas estruturas citamos duas: a Paradome e a Ameríndia (Fig. 4 e Fig. 5).

Fig. 4. Exemplo de domo da Paradome.



Fonte: Paradome. Disponível em: <https://paradome.com.br/>. Acesso em 12 de ago. 2023.

Fig. 5. Exemplo de domo da Ameríndia.



Fonte:< <https://amerindia.eco.br/cupulas-geodesicas.html>> Acesso em 12 de ago. 2023.

2.5.1 Domo Geodésico de Papelão

Um domo geodésico pode ser construído de forma relativamente barata com papelão, para o ensino de astronomia ou finalidades recreativas (ADKINS, 2023; EVELEIGH, 2023). Um exemplo pode ser visto na Fig. 6 e Fig. 7 abaixo.

Fig. 6. Domo geodésico do professor Russell



Fonte: Russell Eveleigh. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=1s. Acesso em 12 ago. 2023

Fig. 7. Projeção no interior do domo de Russell



Fonte: Russell Eveleigh. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=1s. Acesso em 12 ago. 2023

Essas propostas possibilitam a construção de um domo de forma relativamente simples e barata. Para manter o custo ainda mais baixo, utilizamos papelão de caixas descartadas em supermercados e lojas de móveis. Em pouco mais de 2 semanas já tínhamos a matéria prima de nosso domo.

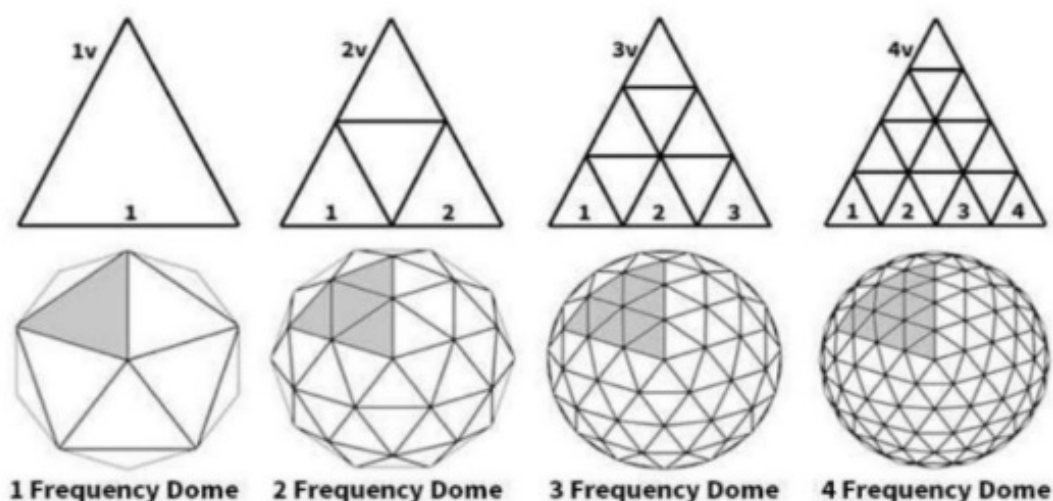
2.5.2 Construção de Domos Geodésicos de papelão

Vamos apresentar, em termos gerais, uma sequência que pode ser seguida para a construção de domos de papelão de diferentes frequências e tamanhos. Esperamos que sirva como um guia para quem se interessar em fazer um projeto semelhante. Em seguida, vamos mostrar a sequência utilizada neste trabalho, considerando as limitações práticas existentes.

Definição da frequência do domo

A frequência do domo está relacionada com a quantidade de subdivisões da face do icosaedro que lhe serve de base, como mostrado na Fig. 8 abaixo (PACIFIC DOMES, 2023). Quanto maior a frequência, melhor será a aproximação de uma superfície esférica através das superfícies planas dos triângulos:

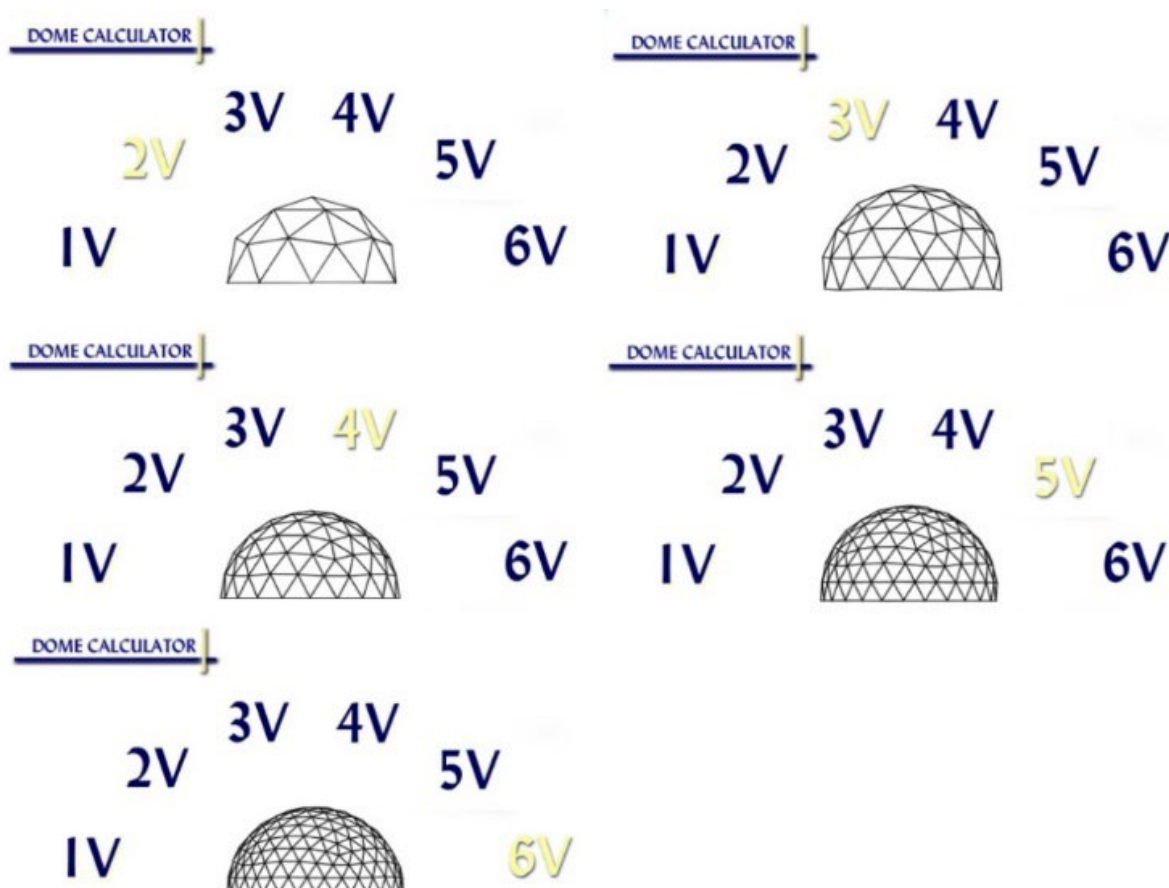
Fig. 8. Relação entre Icosaedro base e a frequência do domo.



Fonte: < <https://pacificdomes.com/knowledge-base/geodesic-dome-frequencies-explained/> > .Acesso em 12 de ago. 2023.

Percebe-se, entretanto, que aumentando a frequência, aumenta-se, também, o número de triângulos e a complexidade da montagem. Vamos utilizar uma página calculadora de domos (DESERT DOMES, 2023), onde podemos escolher frequências de 2 a 6, conforme Fig. 9 abaixo. Para começar da forma mais simples, vamos escolher a frequência 2.

Fig. 9. Seleção da frequência do domo numa calculadora de domos.



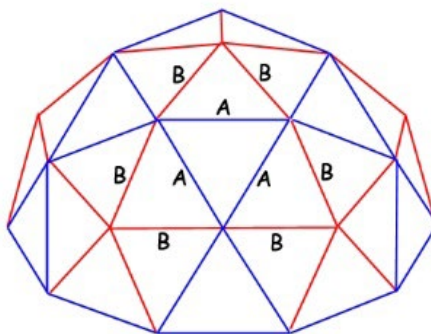
Fonte: <<https://www.desertdomes.com/domecalc.html>>. Acesso em 12 de ago. 2023.

Definição do Raio do Domo

A partir do espaço disponível para o domo, definimos o raio desejado para o domo. Ele é construído a partir de triângulos de papelão, portanto o que limitará o seu raio será o tamanho das peças disponíveis em papelão para a construção dos triângulos.

Um domo de frequência 2 é construído com 2 tipos de triângulos: um triângulo equilátero com lados AAA e um triângulo isósceles com lados ABB (Fig. 10).

Fig. 10. Triângulos equiláteros e isósceles em um domo de frequência 2



Fonte: Fonte: <<https://www.desertdomes.com/pictures/dome/2vdiagram.gif>> Acesso em 12 de ago. 2023.

Escolhamos um raio igual a 1 m. Na calculadora de domos, resulta $A=0,618$ m e $B=0,546$ m (Fig. 11). A informação a respeito da quantidade de segmentos (30,35,60) e de conectores (6,10) não se aplica para o nosso caso, pois estamos utilizando papelão. Essa informação seria válida se estivéssemos usando elementos sólidos, como tubos, por exemplo, e os conectando para montar uma estrutura geodésica.

Fig. 11. Dimensões dos triângulos para um domo de frequência 2 e raio 1m.

DOME CALCULATOR

Dome Radius:

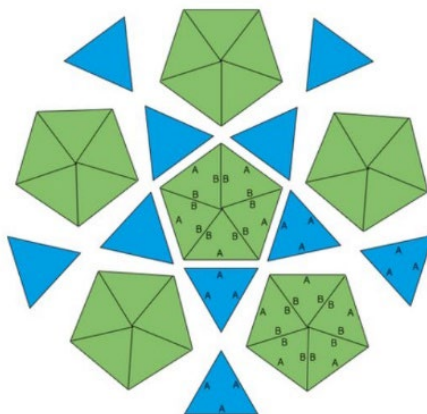
Don't include units here. For example, if you want to build a dome that's 10' 6" high, enter 10.5

Strut	Length	Dome	Sphere
A	0.618	35	60
B	0.546	30	60
4-way connectors		10	0
5-way connectors		6	12
6-way connectors		10	30

Fonte: <<https://www.desertdomes.com/dome2calc.html>> Acesso em 12 de ago. 2023

Embora a calculadora de domos forneça uma imagem de como arrumar os triângulos numa representação 3D (Fig. 10), é mais fácil utilizar uma projeção no plano, mostrada na Fig. 12 (AUTODESK, 2023):

Fig. 12. Representação planar de um domo geodésico de frequência 2.

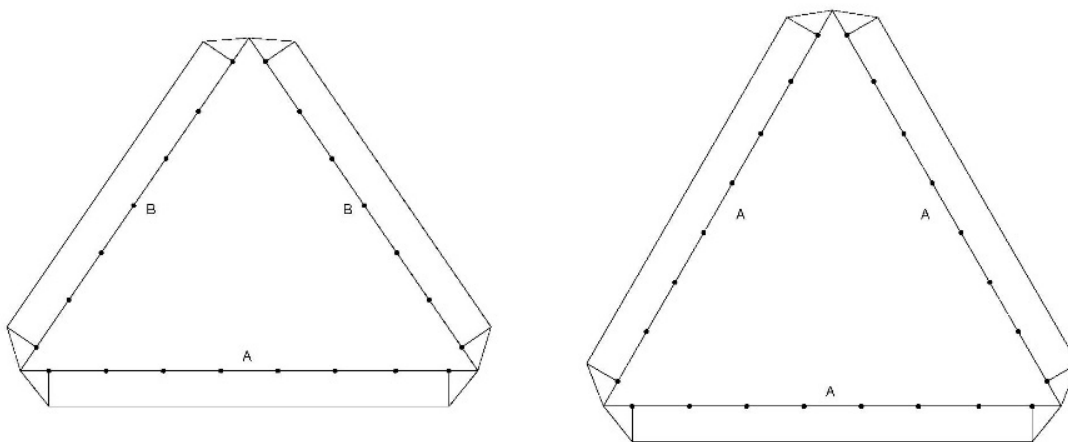


Fonte: <<https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/>> Acesso em 12 de ago. 2023.

Preparação dos recortes dos triângulos

Como os triângulos serão recortados do papelão, precisamos desenhá-los com bordas que poderão ser viradas e grampeadas ou coladas. A Fig. 13 mostra os gabaritos para o traçado dos triângulos. Os pontos ao longo dos lados do triângulo são marcações opcionais, a quais podem ser usadas para serem feitos furos ou cortados traços para diminuir a resistência do papelão e facilitar o dobramento.

Fig. 13. Gabarito para recorte e dobramento dos triângulos.

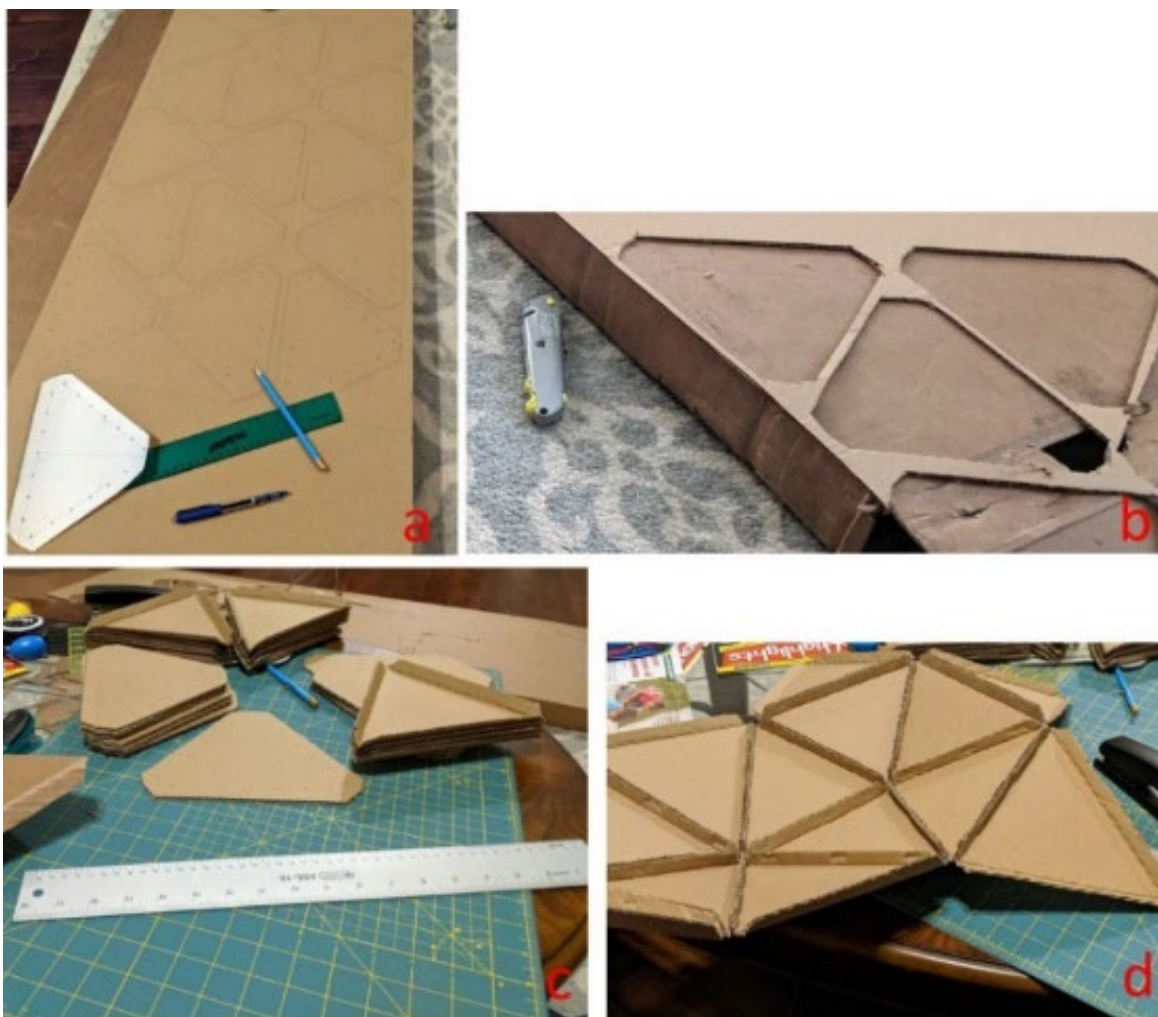


Fonte: < <https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/> > Acesso em 12 de ago. 2023.

Traçado, corte, dobramento e união dos triângulos

Em seguida, precisamos traçar, cortar, dobrar e unir os triângulos como mostrado na 0:

Fig. 14. (a) Traçado, (b) corte, (c) dobramento e (de) união dos triângulos do domo geodésico.



Fonte: < <https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/> > Acesso em 12 de ago. 2023.

2.6 Globos de planetas e satélites

Apesar do crescente interesse na inserção da astronomia nas salas de aula, a disponibilidade de empresas nacionais fornecedoras de material didático ainda é pequena. O uso de globos de planetas e satélites é uma maneira de proporcionar uma compreensão das distâncias, dimensões e aparências dos diferentes corpos celestes. Porém, a oferta de globos não-terrestres é limitada. Existem alguns fabricantes de globos, todos internacionais e com preços elevados, na faixa de centenas a milhares de reais (MOVAGLOBES, 2023; REPLOGLE, 2023; JUSTGLOBES, 2023; COLUMBUS, 2023; LITTLEPLANETFACOTORY, 2023).

Além disso, um fato notável percebido por Piaget em suas pesquisas foi a constatação da primazia da ação manipulativa no processo de aprendizagem (MOREIRA, 1999). Em suas primeiras incursões rumo ao desconhecido, a criança, por intermédio do tato, passa a elaborar seus primeiros constructos mentais. Embora em fases posteriores do desenvolvimento cognitivo humano passe a predominar, de maneira crescente, a apreensão abstrata, o fato é que o “fazer” segue tendo grande importância ao processo de aprendizagem. Apesar do foco da pesquisa de Piaget ser a aprendizagem infantil, a importância das atividades manuais no aprendizado se estende ao longo de toda a vida do indivíduo.

Considerando os 2 aspectos discutidos acima, concebemos a ideia de confeccionar miniaturas de alguns planetas mantendo, no entanto, suas devidas proporções. Ideia semelhante foi apresentada por Krisia Guimarães de Lima e Sérgio Scarano Júnior em trabalho no Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira (LIMA; SCARANO JÚNIOR, 2020). Em nosso trabalho, desenvolvemos metodologia independente, pois o software essencial para a confecção dos globos indicado por esses autores (Globus Map Projector) ficou indisponível.

Em nosso trabalho, com objetivo de conseguir um pouco mais de independência em relação aos programas de projeção cartográfica, buscamos nos aprofundar um pouco mais nos conceitos de cartografia envolvidos na construção dos globos.

Na cartografia, partimos de uma superfície esférica e encontramos sua representação no plano. Quando construímos globos, partimos de uma representação no plano (uma foto, tomada por uma nave espacial) e encontramos sua representação na esfera. Podemos dizer que a construção de globos é o “problema inverso da cartografia”. Portanto, esses 2 problemas estão relacionados e para bem entender a

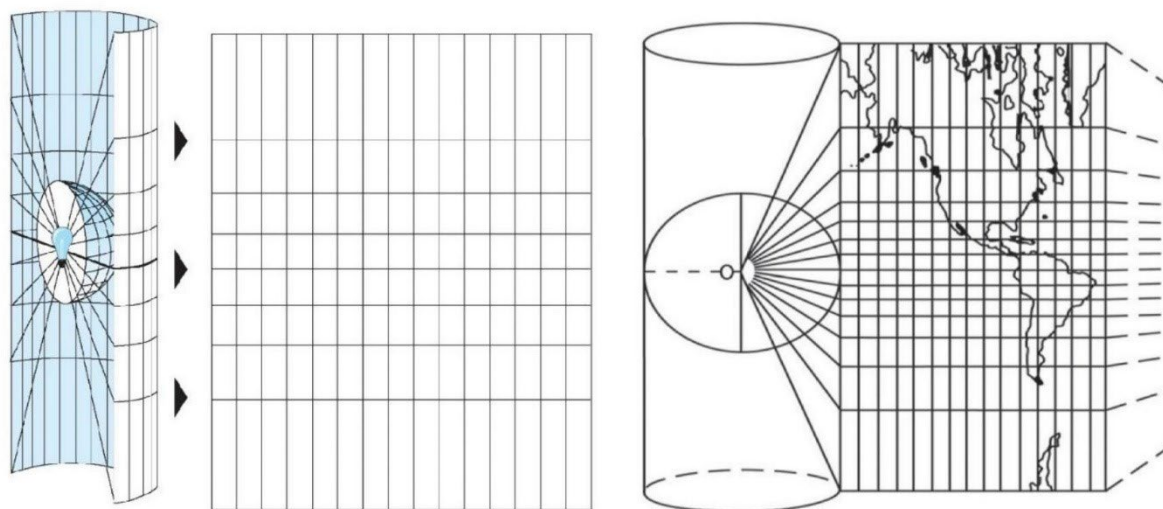
técnica de fabricação de globos, precisamos aprender algumas noções básicas de cartografia.

2.6.1 Conceitos básicos de cartografia

Projeções cartográficas

A única forma rigorosa de representar a superfície de um corpo celeste é por meio de globos, nos quais se conservam exatamente as posições relativas de todos os pontos e essas dimensões são apresentadas numa escala única. É impossível fazer a representação dessa superfície sem deformações e distorções. A Fig. 15 abaixo ilustra a projeção numa superfície cilíndrica dos pontos da superfície terrestre a partir do centro da Terra (KENNEDY, 2000; MIGUENS, 2019). Percebemos que o mapa possui bastante distorção para latitudes mais elevadas, mais próximas aos polos, e menor distorção para regiões próximas ao Equador.

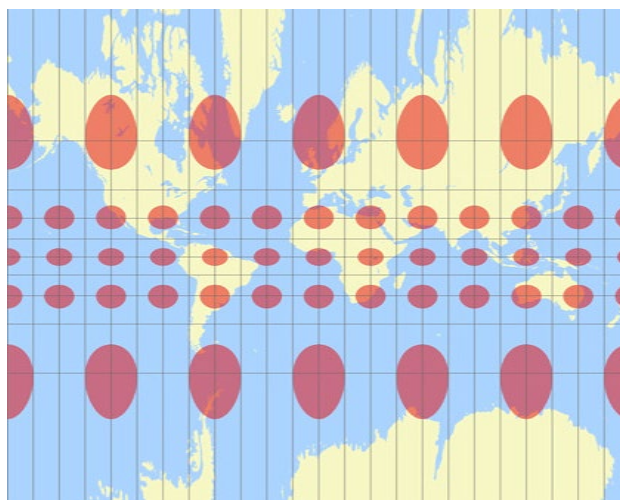
Fig. 15. Projeção cilíndrica a partir do centro de uma esfera.



Fonte: Adaptado de Kennedy, 2000, p. 17 e Miguens, 2019, p. 23

A projeção mostrada é chamada de projeção cilíndrica central (ou projeção cilíndrica gnomônica). Para avaliar a distorção numa projeção cartográfica, é comum utilizar as indicatrizes de Tissot, as quais mostram como círculos na superfície da esfera são deformados na projeção. A Fig. 16 mostra a projeção cilíndrica central e as indicatrizes de Tissot.

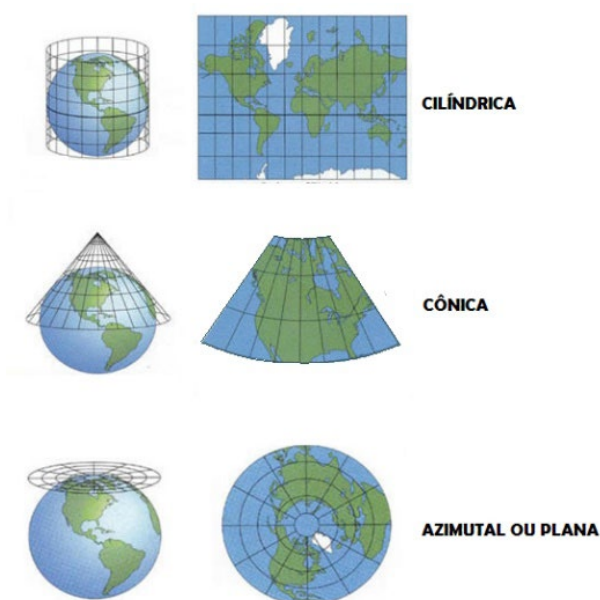
Fig. 16. Indicatrizes de Tissot na projeção cilíndrica gnomônica.



Fonte: <https://map-projections.net/compare.php?p1=central-cylindric&p2=gall-isographic>. Acesso em 12 de ago. 2023

Essencialmente, os sistemas de projeções cartográficas são métodos utilizados para representar a superfície de uma esfera (ou elipsoide) em um plano, um cilindro ou um cone. O cilindro e o cone podem ser desenvolvidos (“desenrolados”) facilmente num plano (Fig. 17).

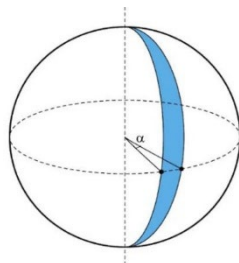
Fig. 17. Representação das projeções cilíndrica, cônica e azimutal.



Fonte: Adaptado de <<https://clubedepoisdasaulas.blogspot.com/p/7-ano.html>>. Acesso em 12 de ago. 2023

Um fuso esférico é uma parte da superfície da esfera que se obtém ao girar uma semicircunferência de um ângulo α em torno de seu eixo (Fig. 18).

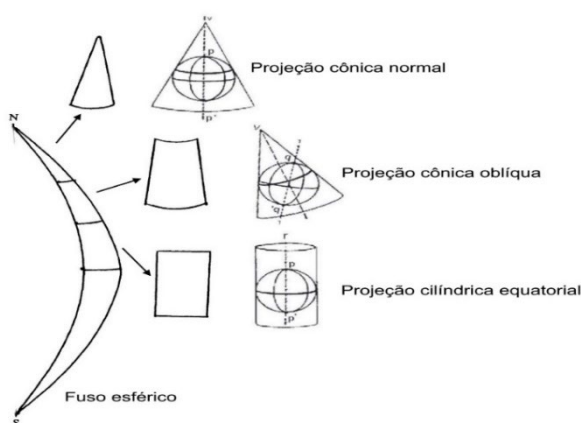
Fig. 18. Fuso esférico.



Fonte: Adaptado de <<https://mundoeducacao.uol.com.br/matematica/esfera.htm>> Acesso em 12 de ago. 2023

Intuitivamente, percebemos que se diminuirmos a porção de área da esfera a ser projetada, podemos minimizar as distorções. Exploramos essa ideia na Fig. 19. Para projetar metade de um fuso esférico com menor distorção, poderíamos, por exemplo, dividi-lo em 3 partes. O terço inferior poderia ser representado numa folha retangular numa projeção cilíndrica equatorial, o terço superior numa forma triangular numa projeção cônica normal e o terço intermediário numa forma aproximadamente trapezoidal, com uma projeção cônica oblíqua.

Fig. 19. Diferentes possibilidades de projeção de um fuso esférico.



Fonte: Adaptado de Pearson 2000, p.3 e Miguens, 2019, p.19

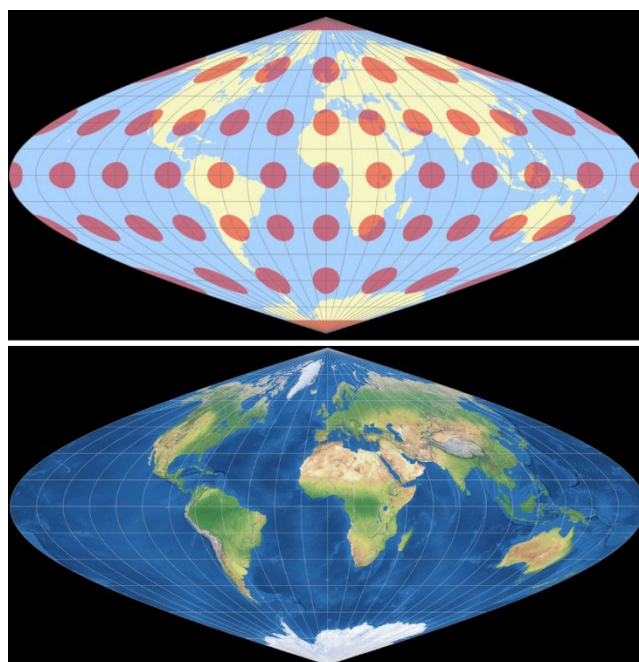
Dessa forma, trabalhando somente com essas projeções, para fabricar um globo teríamos que colar uma grande quantidade de mapas sobre a superfície da esfera. Felizmente, a ciência cartográfica evoluiu a ponto de existir uma maneira bem mais prática de construir um globo, a qual descreveremos nas seções seguintes.

Projeção senoidal

A projeção senoidal foi usada pela primeira por Jean Cossin de Dieppe em 1570 para um mapa mundial e depois por Jodocus Hondius para um atlas da África e América do Sul no início do século 17 (1606-1609). Mais tarde, em torno de 1650, foi utilizada por Nicolas Sanson (1600-1667) da França para mapas de continentes e depois por John Flamsteed (1646-1719) para mapas celestes. Por isso, a projeção ficou também conhecida como projeção Sanson-Flamsteed. (SNYDER,1987).

Essa projeção permite que um fuso esférico seja representado aproximadamente sem distorção, como mostrado na Fig. 20 com as indicatrizes de Tissot (JUNG, 2023). O mapa está centrado no meridiano de Greenwich (0° de longitude). Observando as indicatrizes de Tissot, podemos perceber que nesse mapa o fuso esférico em torno do meridiano de Greenwich é representado no plano praticamente sem distorções. Os demais fusos esféricos sofrem uma distorção severa.

Fig. 20. Projeção senoidal centrada no Meridiano de Greenwich.



Fonte: <<https://mapprojections.net/compare.php?p1=sinusoidal&p2=sinusoidal-interrupted>> Acesso em 14 de ago. 2023

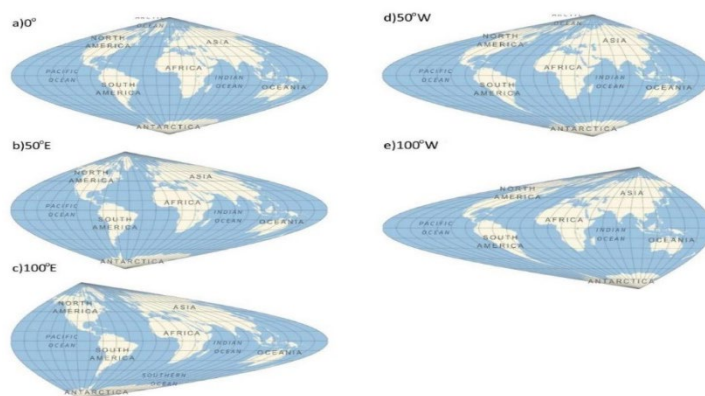
Projeção senoidal interrompida

É possível centrar um mapa em projeção senoidal em diferentes meridianos, como mostrado na Fig. 21

Imaginemos então que recortemos esses diferentes mapas aproveitando apenas a região em torno do meridiano central e descartando as demais. Feito isto, as

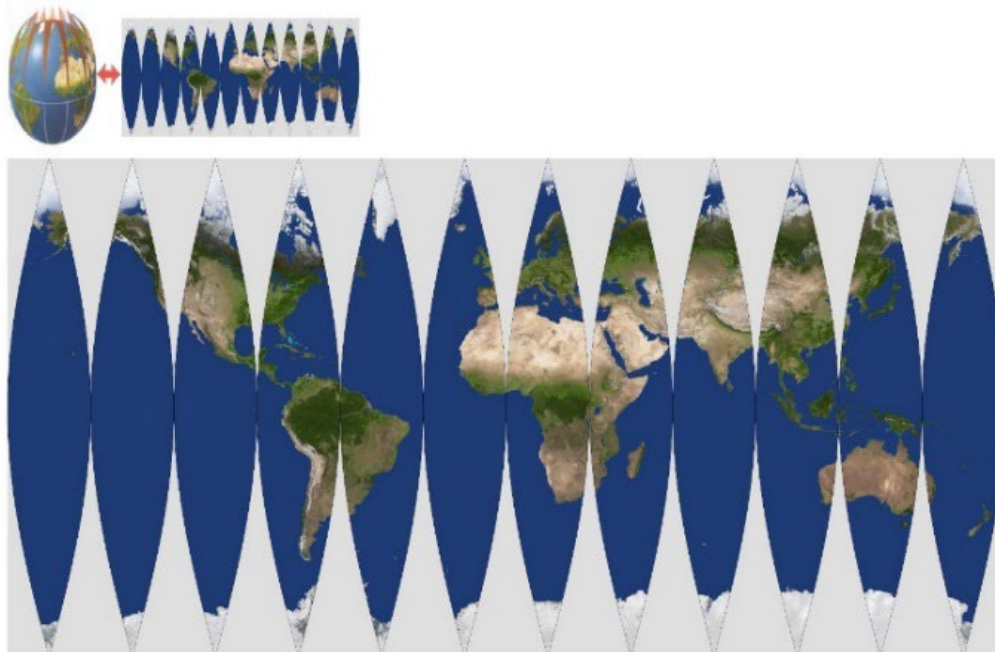
partes aproveitadas podem ser justapostas formando uma representação plana de diferentes fusos esféricos, como mostrado na Fig. 22. É assim que se consegue uma representação plana sem distorções de um mapa que pode ser colado na superfície de um globo.

Fig. 21. Mapas em projeção senoidal centrados em diferentes meridianos.



Fonte: adaptado pelo autor (2024).

Fig. 22. Construção de um globo a partir de uma projeção senoidal interrompida



Fonte: adaptado pelo autor (2024).

2.7 identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto.

2.7.1 Tipos de meteoritos e suas origens

Acredita-se que a maioria dos objetos astronômicos, como galáxias, estrelas e planetas, é formada por processos de acumulação de matéria através da atração gravitacional. Embora vários detalhes não sejam bem conhecidos e outros controversos, a teoria mais aceita de formação do Sistema Solar é o chamado modelo do disco nebular solar (solar nebular disk model).

Em linhas bem gerais, o modelo propõe que o Sistema Solar se originou a partir de uma gigantesca nuvem girante de gás (hidrogênio, hélio, moléculas orgânicas, etc.) e pequenas partículas sólidas (poeira contendo ferro, carbono, silicatos, etc.) em torno do Sol, num longo e complexo processo envolvendo, por exemplo, resfriamento e pulsos de aquecimento da nuvem, atração elétrica entre partículas sólidas pequenas, atração gravitacional e colisões entre partículas maiores, etc.

O que se observa hoje no Sistema Solar é o que restou deste longo processo. Esses detritos remanescentes podem ser (KRING, 2023):

- Partículas inferiores a 1 μm , que são progressivamente expulsas para longe do Sol pela pressão exercida pela radiação e os ventos solares.
- Partículas com até milímetros de diâmetro, que são atraídas pelo Sol, quando interceptadas por planetas adentram sua atmosfera depositando-se sobre sua superfície como micrometeoritos sem se queimar. A Terra, por exemplo, é depósito de toneladas destas partículas, cuja chegada é imperceptível.
- Corpos cujas dimensões vão desde alguns centímetros até vários milhares de quilômetros, formando os meteoroides, asteroides ou protoplanetas, assim chamados dependendo do seu tamanho. Se atraídos pela Terra e queimados completamente na atmosfera serão percebidos somente pelo seu brilho enquanto queimam em virtude do intenso atrito. Se forem maiores, darão origem a fragmentos sólidos que atingirão a superfície do planeta, os meteoritos propriamente ditos.
- Fragmentos originários de colisões de Planetas e seus satélites que, quando capturados pela gravidade de algum astro, podem vir a

atravessar a atmosfera e colidir com a superfície do mesmo, dando origem a meteoritos.

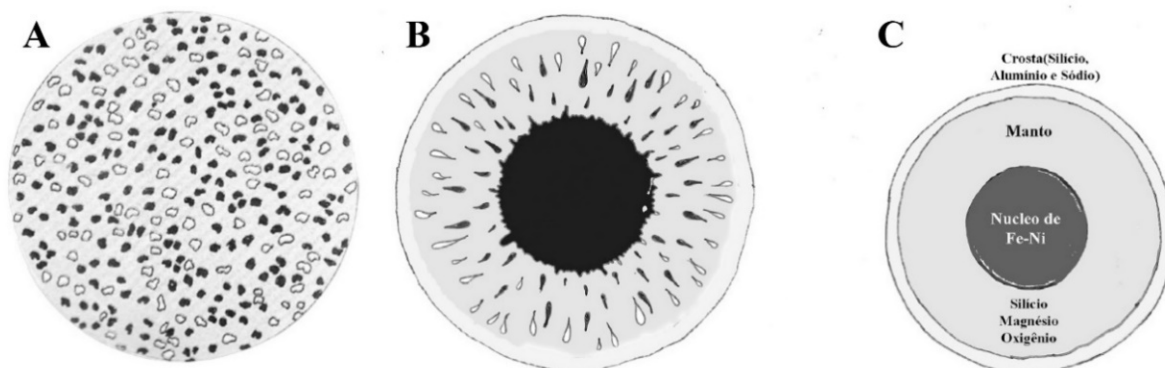
- Por último podemos elencar fragmentos supostamente oriundos de cometas. Até o presente não se localizou meteoritos cuja origem remonte a estes corpos, embora os mesmos sejam acompanhados de chuvas de meteoros. Entretanto, um indício relevante quanto à hipótese de origem cometária são os meteoritos de tipo Condrito Carbonáceo, substância recorrente em cometas.

2.7.2 Classificação básica dos meteoritos

Os meteoritos trazem o registro do processo de formação do Sistema Solar (ZUCOLOTTO; FONSECA; ANTONELLO, 2013). Durante o arrefecimento do disco nebular, houve condensação dos materiais da nébula e crescimento de grãos sólidos a partir do material inicial. As regiões situadas na periferia arrefeceriam mais rapidamente que as próximas da estrela em formação. Uma vez que a cada temperatura corresponde à condensação de um tipo de material com determinada composição química, teria ocorrido uma separação mineralógica de acordo com a distância ao Sol. Isso implica em diferenças de composição mineralógica que podem ser encontradas e estudadas em meteoritos.

Durante a formação do Sistema Solar também ocorreu o fenômeno da diferenciação, processo pelo qual uma mistura de composição homogênea se separa em várias fases com diferentes composições químicas. A diferenciação é resultante do movimento dos materiais mais densos para o interior dos corpos por ação da gravidade e resulta na disposição concêntrica de diferentes camadas com valores decrescentes de densidade do centro para a periferia. Esse processo está ilustrado na Fig. 23. Os grãos sólidos crescem, aglomeram-se cada vez mais e se aquecem gradualmente devido a choques, decaimentos radioativos e compressão gravitacional. O calor gerado pode fundir, fracionar e separar em camadas distintas o material original. As porções mais densas como o ferro-níquel e alguns metais nobres como o ouro, platina e irídio migram para o núcleo e os silicatos mais leves flutuam para as camadas mais externas: o manto e a crosta. Um corpo totalmente diferenciado é composto de núcleo metálico, manto e crosta.

Fig. 23. Esquema da diferenciação planetária



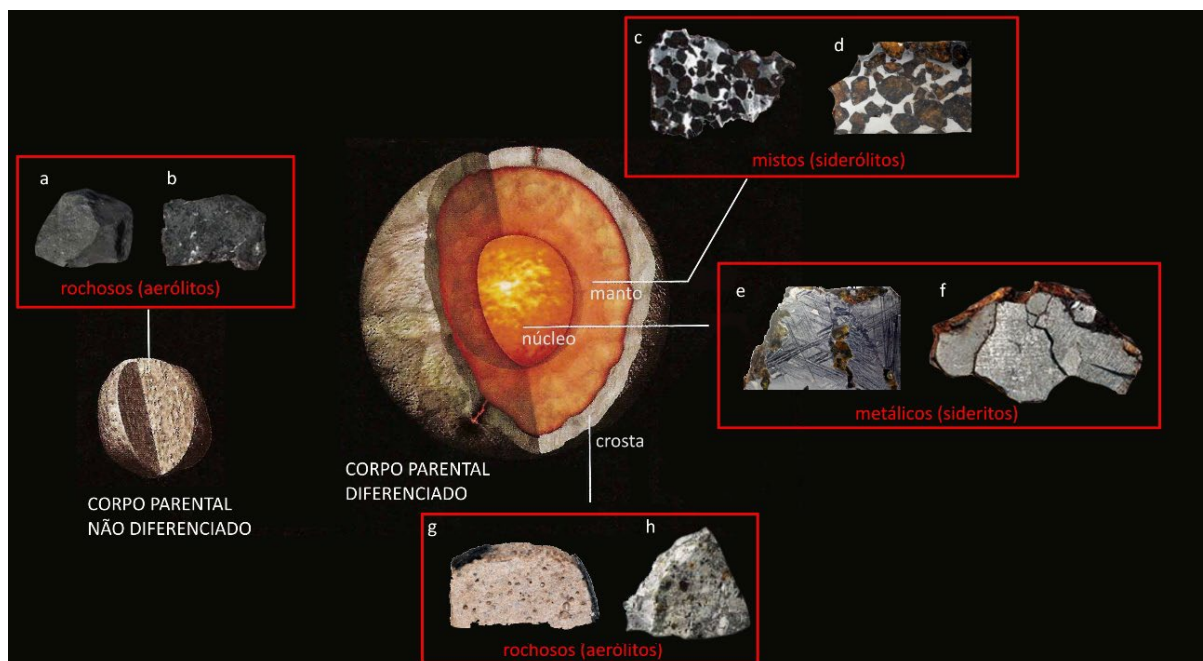
Fonte: Zucolotto, Maria Elizabeth. Decifrando os Meteoritos, Rio de Janeiro: UFRJ, p. 45

Assim, a formação do Sistema Solar resultou em corpos de dimensões de alguns metros até milhares de quilômetros, ou seja, de meteoroides a planetas, que poderão ter passado ou não pelo processo de diferenciação, dependendo de fatores como seu tamanho, por exemplo. Isso implica que os meteoritos podem vir de diferentes camadas de um corpo de origem, chamado corpo parental.

A classificação dos meteoritos considera a composição química básica e, também, sua origem. Os meteoritos são classificados, basicamente, em 3 classes, segundo a concentração de ferro e silicatos: rochosos, metálicos ou mistos.

A Fig. 24 mostra exemplos de meteoritos dessas 3 classes, as quais são provenientes de diferentes partes do corpo parental. Os meteoritos rochosos ou aerólitos se originam de corpos parentais não diferenciados ou da crosta de corpos parentais diferenciados. Os meteoritos mistos ou siderólitos se originam na interface entre o núcleo metálico e o manto inferior de corpos parentais diferenciados ou através de fusão durante um impacto e são constituídos por uma mistura de diversos corpos parentais.

Fig. 24.Exemplos de meteoritos de diferentes classes.



Fonte: Astronomy, August 2006.

Os meteoritos metálicos ou sideritos vêm do núcleo. A diferença na origem se reflete na composição e aparência. Os meteoritos rochosos se parecem com rochas comuns da Terra, como o granito ou basalto, por exemplo, sendo formados basicamente de silicatos. Os meteoritos mistos se apresentam como uma mistura de rocha e metal e são formados por ferro-níquel e silicatos em proporções mais ou menos iguais. Os meteoritos metálicos se assemelham a grandes blocos de metal e são formados basicamente de uma liga ferro-níquel.

2.7.3 Classificação do meteorito Serra do Magé

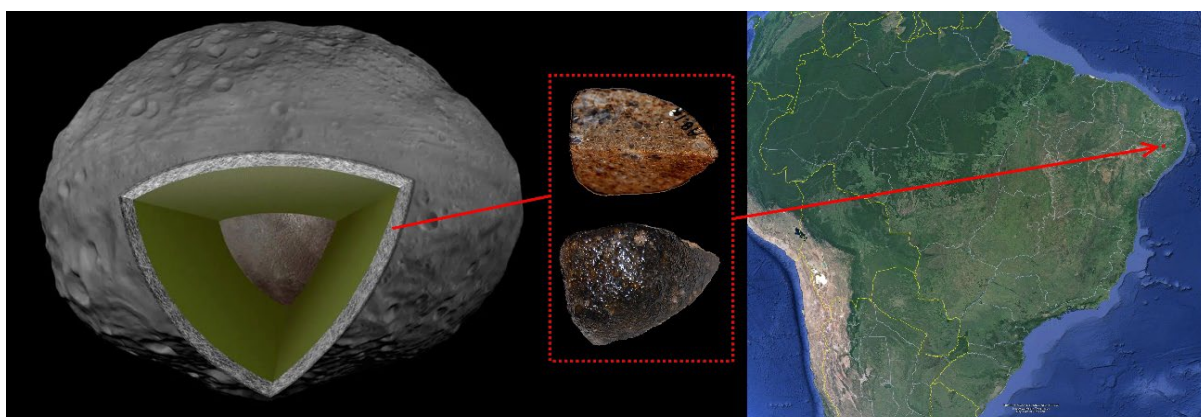
O meteorito Serra do Magé, cujo nome se deve ao local de sua queda, um século atrás, no então distrito de Alagoinha, no agreste pernambucano.

Esse meteorito é do tipo aerólito acondrito. Acredita-se que tenha sido proveniente da crosta do asteroide 4 Vesta. Estudos indicam que este asteroide sofreu um violento impacto que deformou completamente a sua superfície, criando a Cratera Rheasilvia, proporcionalmente uma das maiores do Sistema Solar. O impacto teria lançado para o espaço cerca de 1 bilhão de toneladas da massa de Vesta. Esses fragmentos geraram uma família de asteroides e alguns deles atingem a Terra, como aconteceu à cidade de

A Fig. 25 mostra um corte do asteroide Vesta com destaque para sua crosta, de onde provém o meteorito Serra do Magé. São mostrados, alguns fragmentos, bem como a localidade da sua queda no mapa.

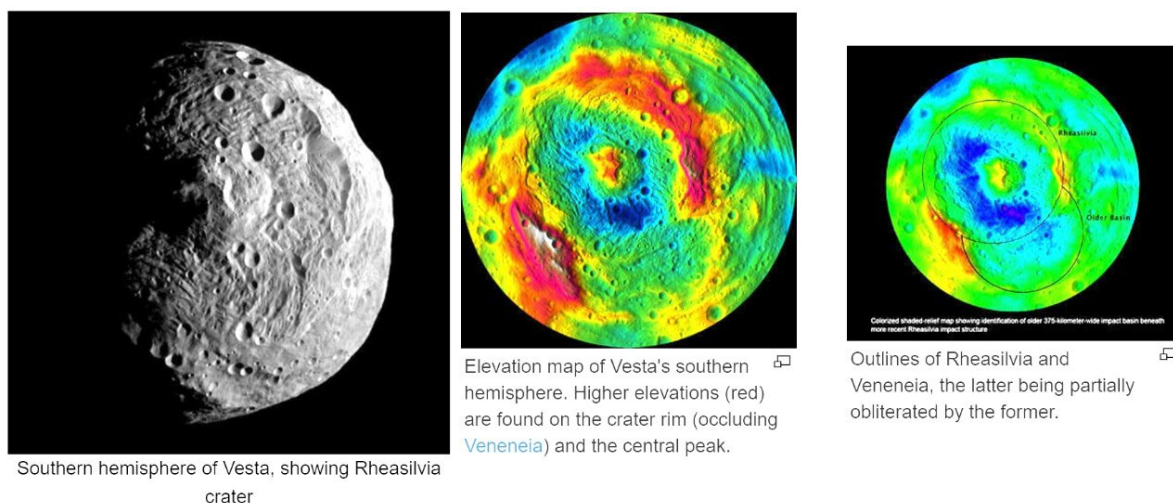
A Fig. 26 traz alguns detalhes do asteroide. Na imagem da esquerda da vemos o hemisfério sul de Vesta, com destaque para a cratera Rheasilvia. Nas imagens do centro e da direita pode-se observar a imensa cratera com sua protuberância central.

Fig. 25. Imagem em corte do asteroide Vesta e local de queda.



Fonte: <https://science.nasa.gov/resource/vestas-internal-structure/>. Acesso em 25/04/2023.

Fig. 26. Detalhes do asteroide Vesta.

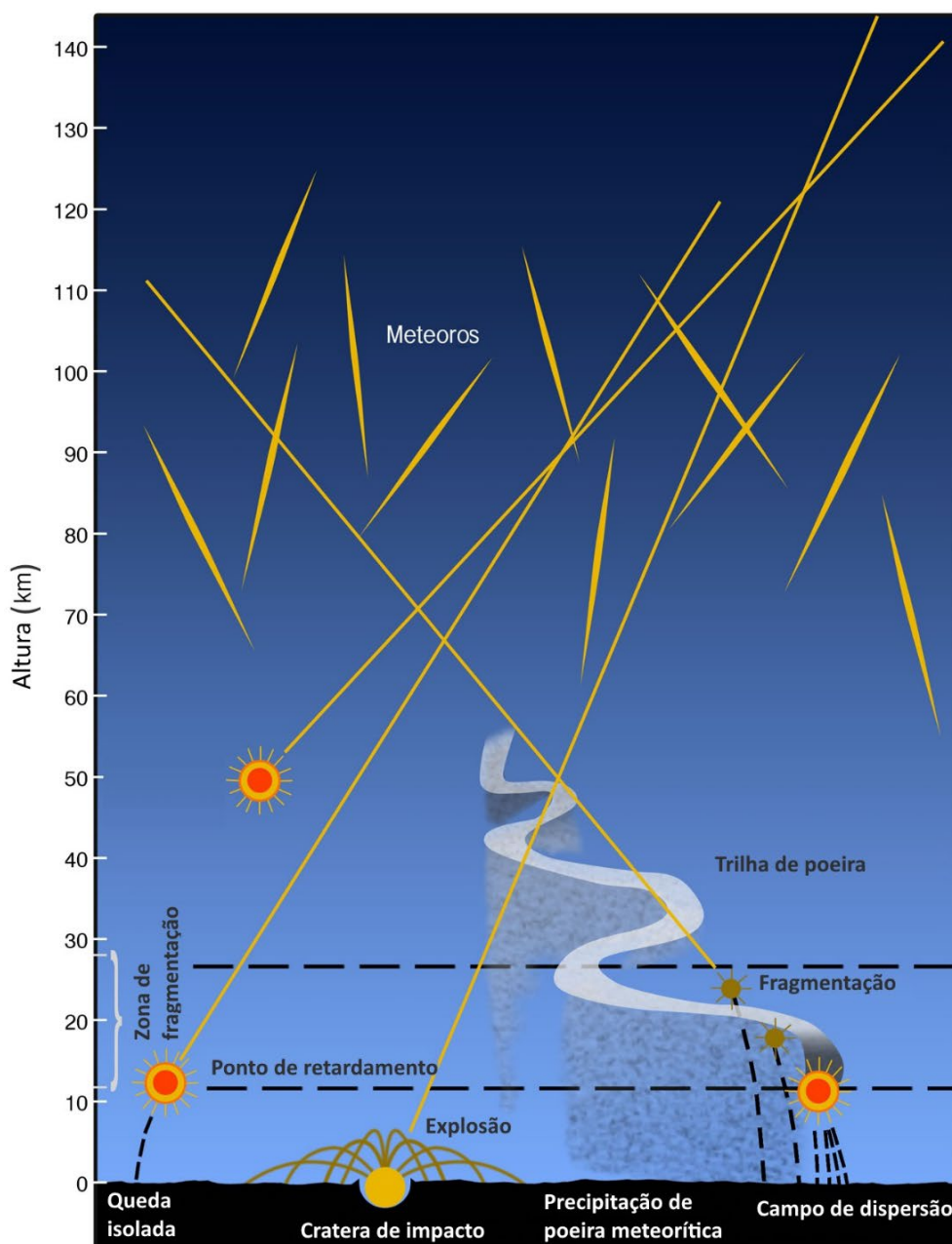


Fonte: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rheasilvia>. Acesso em 25/04/2023.

2.7.4 Formação das crateras de impacto

Meteorito é um corpo celeste sólido (meteoróide ou asteroide) que penetra a atmosfera terrestre, com tamanho e resistência suficiente para sobreviver à queima como meteoro e atingir a superfície, havendo possibilidade de recuperá-lo. A chegada de um meteorito é anunciada pela passagem de um bólido (trilha luminosa bem maior que o objeto), acompanhado de efeitos sonoros (explosões) e visuais.

Fig. 27. Fenômenos associados a meteoritos.



Fonte: Lunar and Planetary Information Bulletin, 2013

A Fig. 27 ilustra fenômenos associados à queda de um meteorito, os quais dependem de diversos fatores como velocidade, ângulo de entrada, forma original do meteoróide, ponto de retardamento e, principalmente, do tamanho e velocidade do meteoróide (KRING, 2013). Meteoróides maiores, acima de 10 toneladas, digamos, não são totalmente freados pela atmosfera; os corpos acima de 100 toneladas mantêm 50% da velocidade cósmica provocando crateras.

Um meteoróide em movimento orbital pode ser capturado pelo campo gravitacional terrestre e, sob tal condição, passa a experimentar uma grande aceleração, podendo alcançar velocidades da ordem 70 km/s, aproximadamente. Ao penetrar na atmosfera, sofrerá uma crescente desaceleração em virtude do atrito com a mesma. Esse atrito é tão grande que parte de seu material será vaporizado. A maioria das partículas minúsculas queima a mais de 70 km acima da superfície, produzindo rastros de gás ionizado chamados meteoros (popularmente conhecidos como estrelas cadentes). Alguns objetos podem atingir uma altitude de 50 km antes de serem destruídos.

Conforme Zucolotto (2013) afirma, com a crescente aproximação da superfície terrestre o meteorito enfrenta um aumento gradativo de resistência por parte do ar atmosférico. Isto ocasionará a formação de ondas de choque e explosões supersônicas, podendo vir a fragmentar o objeto. O evento Serra do Magé se deu em tais circunstâncias. De acordo com testemunhas pôde-se ouvir uma série estrondos, daí aquele dia haver sido batizado de “O dia do estrondo” (OLIVEIRA, TENÓRIO & MIRANDA, 2020).

Acima de certo tamanho os meteoróides podem atingir a superfície, produzindo uma cratera de impacto.

Nossa proposta para aumentar o interesse dos alunos em astronomia a partir do episódio histórico da queda do meteorito Serra do Magé incluiu simulações de crateras de impacto. Vários grupos desenvolveram este tipo de experimento com excelentes resultados, o que nos motivou a adaptar esse experimento à realidade dos nossos alunos. Em 2020, em pleno lockdown, membros do IFGW/UNICAMP coordenados pelo Prof. Dr. Sandro Guedes de Oliveira, gravaram e disponibilizaram esta atividade na internet. Essencialmente, o experimento consiste em lançar, de diferentes alturas, esferas de aço ou bolas de gude sobre uma bandeja com areia e medir o diâmetro das crateras formadas. O experimento foi gravado e se encontra disponível no canal do instituto na plataforma Youtube (OLIVEIRA, 2020). Adaptamos essa

atividade aos nossos alunos, acrescentando, no entanto, o tratamento dos dados por meio do software Vernier Graphical Analysis, conforme se verá adiante.

Outra maneira de realizar esse experimento envolve lançar as esferas sobre uma camada de farinha coberta por uma fina camada de cacau em pó (ROS; DEEG, 2020) ou areia coberta por uma fina camada de cacau em pó (EARTH LEARNING TEAM, 2010).

2.7.5 Histórico da queda do meteorito da Serra do Magé

Como enfatizamos na introdução, seguimos uma abordagem sócio-histórica de caráter também investigativo. Propomos atividades relacionadas com meteoritos aproveitando o interesse gerado pela comemoração dos 100 anos do meteorito Serra do Magé. Além do interesse histórico do evento, o estudo dos meteoritos contribui para uma melhor compreensão das teorias de formação do Sistema Solar e de sua evolução.

Para melhor entender o contexto histórico do evento, fizemos uma pesquisa bibliográfica mais aprofundada, resgatando documentos históricos que relatam os eventos de um século atrás, como mostraremos a seguir.

O ano de 2023 foi o centésimo aniversário da queda do Meteorito Serra do Magé, evento que ocorreu em 1º de outubro de 1923. Foi um episódio singular no que diz respeito a testemunhas, haja em vista o fato de sua queda ter se dado em horário diurno, às 11 horas. As testemunhas chegaram às centenas no pequeno povoado que mais tarde constituiria a cidade de Alagoinha, no agreste pernambucano. Após cruzar os céus de Garanhuns e Pesqueira, o meteorito encerra sua trajetória nas imediações do povoado. O epicentro pode ser triangulado aproximadamente entre o atual centro da cidade e os sítios Cacimbinha e Magé, pertencentes à mesma.

Entre as diversas testemunhas, encontrava-se a avó do autor destas linhas. Conforme atestaram à época, o evento teve início com um grande clarão semelhante a um relâmpago sucedido por um enorme estrondo seguido de outros de menor intensidade, culminando, por fim, com uma chuva de pedras, na sua maioria, pequenas. A aparência dessas pedras variava entre tons de verde escuro e claro, algo bem raro em meteoritos. Tudo se passou em aproximadamente 3 minutos. O dia entrou para a história como o “Dia do estrondo” (OLIVEIRA, TENÓRIO & MIRANDA, 2020).

Diversas pessoas coletaram pequenos fragmentos para terem como recordação. O evento não passou despercebido, tendo sido veiculado por alguns periódicos da época, porém um estudo sério, de fato, só se daria anos mais tarde. Abaixo, transcrevemos reportagem publicadas nos jornais da época (conservamos a grafia dos originais, mostrados no Anexo A).

Diário de Pernambuco, 2 de outubro de 1923, pág. 3

TREMOR DE TERRA

Na zona de Pesqueira e adjacencias

Às 11 e 20 de hontem foi observado na zona central do Estado, notadamente em Pesqueira e adjacencias, um ligeiro tremor de terra que, segundo as informações recebidas nesta cidade, foi precedido de intenso clarão e successivos estrondos.

Em algumas localidades estremeceram as vidraças das casas, sahindo as populações á rua tomadas de panico e a fazer preces.

O phenomeno parece ter tido seu epicentro numa cordilheira, ao norte de Pedra e, portanto, ao sul de Pesqueira. Foi igualmente observado em Pedra, S. Bento, Buíque, Altinho, Alagôa de Baixo, Alagôa do Monteiro, Correntes, Garanhuns, Brejão, Aguas Bellas, Glycerio, Bom Conselho, São Caetano, Antonio Olynho e Rio Branco.

Segundo sua intensidade, e pelas informações até agora colhidas, teria sido um tremor de terra de segunda cathegoria da escala Rossi-Forel que estabelece a gradação de um a dez para os terremotos, na ordem directa da intensidade.

Não ha muitos annos, verificou-se um phenomeno semelhante nas proximidades de Caruaru.

Procurando investigar a origem do mesmo o Instituto Archeologico de Pernambuco esteve em communicação com alguns notaveis geologos, entre estes o saudoso professor J. C. Branner e o director do serviço geologico do Brasil.

Chegou-se então a admittir como mais provavel, á luz da moderna geologia, a seguinte explicação:

Os montes de certa região de Pernambuco e da Bahia se constituirem sobre depositos de argila, de formação antiquissima e perfeitamente consolidada, numa grande bacia. Dentro desta formaram-se, pelo desaparecimento das aguas, depositos de argila que constituiram camadas de schistos, primitivamente horisontaes, as quais, com o tempo, vão abatendo e “murchando”.

Nesse movimento, as camadas vão escorregando de encontro às paredes de rochas primitivas, produzindo, dessa maneira, os abalos observados.

Recebemos a respeito os telegrammas seguintes:

“São Caetano, 1 — “Diario Pernambuco” — Recife — Hoje á 11.14 ouvimos grandes estrondos, parecendo ser um tremor de terra. A população está alarmada. — (a) Placido Lima.”

— “Antonio Orynto, 1 — “Diario de Pernambuco” — Recife — A’s 11.17 ouvimos diversos estrondos do lado de sudoeste, acompanhados de tremor de terra. População alarmada. — (a) Torres Duda.”

A Província, 2 de outubro de 1923, pág. 3:

TREMOR DE TERRA NO INTERIOR

Recebemos a respeito os telegrammas seguintes:

— “Antonio Orynto, 1 — A’s 11 horas e 17 minutos ouvimos diversos estrondos do lado de sudoeste, acompanhados de tremor de terra. A População acha-se alarmada”

— “São Caetano, 1 — Hoje ás 11 horas e 14. ouvimos grandes estrondos, parecendo ser um terremoto.

A população está alarmada.”

Fica claro que de início, não houve a percepção de que se tratava da queda de um meteorito. Isso só foi ficando mais claro depois. A população confundiu, por exemplo, o estrondo da explosão do meteorito com trovões devido às chuvas no dia seguinte e ficou ainda mais aterrorizada.

A Província de 3 de outubro de 1923, pág 2:

TREMOR DE TERRA NO INTERIOR

Ainda sobre o phenomeno que se registrou ante-hontem em mais de uma cidade do interior do nosso Estado recebemos hontem o seguinte despacho:

S. BENTO, 2. – Hontem á 11 ½ , após ligeiras chuvas ouviram-se successivamente durante um minuto diversos estampidos, que produziram commoções violentas, alarmando a população, sendo diversas pessoas acommettidas de crises nervosas.

De acordo com as communicações telegraphicas aqui recebidas, fomos informados de que identico phenomeno foi observado em diversos municípios limitrophes, emquanto se ouviam ruidos aterrorizadores: As nuvens corriam no espaço com celeridade espantosa, emprestando um aspecto sinistro.

A população continua aterrorizada. — (Do nosso correspondente).

Pessoas vindas de villa de Alagoinha informaram que o phenomeno fora sentido em Serra de Magé, em cujas proximidades caia chuva de granito de

vários tamanhos, dos quaes trouxeram alguns. Uns acreditam que tivesse sido algum corpo celeste que na sua passagem tivesse deixado cair fragmentos outros e que qualquer convulsão subterranea rompesse a crosta da terra, projectando para longe as referidas pedras, que apresentaram estado de carbonização.

Alguns dias depois, a causa do fenômeno foi sendo estabelecida, conforme noticiado pelo Diário de Pernambuco.

Diário de Pernambuco de 5 de outubro de 1923, pág. 1:

Phenomeno meteorologico

Tendo circulado aqui a noticia de que, no mesmo dia em que houve um phenomeno sismico em Pesqueira e adjacencias cahira em Garanhuns um meteorito, o dr. Mario Mello, 1º secretario perpetuo do Instituto archeologico, telegraphou ao prefeito e ao bispo de Garanhuns solicitando o aerolitho para o museu da nossa sociedade historica.

Sobre o assumpto, recebeu hontem s. s. o seguinte despacho:

“Garanhuns, 3. — Sr. dr. Mario Mello, 1º secretario do Instituto archeologico. — Meteorito não cahio aqui, onde houve apenas formidavel detonação aerea, seguida de outras duas menores, acompanhada de intenso clarão entre as nuvens, em direcção ao noroeste. Noticias recentes dão a queda do aerolitho no logar Salobro, do município de Pesqueira, a dez leguas daqui. Saudações. — (a) Luiz Brasil, prefeito.”

O Instituto archeologico vae dirigir-se ao prefeito de Pesqueira pedindo seus bons officios no sentido de transportar o aerolitho para o nosso museu.

mbuco, 5 de outubro de 1923, pag. 1)

Um relato antigo e mais científico pode ser encontrado na revista Estudos Geológicos de Pernambuco, de janeiro de 1957, de autoria do professor João de Deus de Oliveira Dias:

Segundo o Professor Luciano Jaques de Moraes, caiu um meteorito mais ou menos as 11 horas do dia 1º de outubro de 1923, na Serra do Magé, Alagoinha, que era distrito de Pesqueira, também no Sítio Cacimbinha, situado ao norte da mesma serra, e outros lugares, ocorreu queda de fragmentos do mesmo meteorito.

O meteorito, numa distância de 60 km, seguiu uma trajetória sudeste para noroeste, passando por cima de Garanhuns e indo explodir na Serra do

Magé. As pessoas que presenciaram o fenômeno afirmaram ter ocorrido primeiro um clarão como se fosse um relâmpago, seguido de uma forte trovada, um grande estrondo e outros menores. Tudo isso durou cerca de três minutos. Ao explodir, este meteorito, que é essencialmente pedregoso, pertencente ao grupo dos assideritos, denominados de pedras meteóricas ou aerólitos, se dividiu numa enorme quantidade de fragmentos, que caíram como se fosse uma chuva de pedras. Durante a queda, eles desprendiam gases, uma espécie de fumaça. Os fragmentos do referido meteorito são de tamanho variável, medindo os maiores de 7 a 10 centímetros de lado. A maioria das amostras tem menos de 5 centímetros de lado. Esse fenômeno foi observado no trecho entre Garanhuns, Alagoinha e Pesqueira, tendo sido notado em diversas outras cidades, vilas, povoados e sítios da região e, até em Serra Talhada (Vila Bela). O efeito da queda deste meteorito foi bastante notável. Nos lugares próximos a Serra do Magé e Garanhuns, o gado se espantou e deixou a correr. O povo ficou tomado de pânico e saiu de casa apavorado. Em Garanhuns, devido ao grande deslocamento de ar produzido pela explosão, diversos prédios tiveram as vidraças partidas e objetos derrubados das prateleiras. Na Serra do Magé e em Cacimbinha, em algumas casas caíram fragmentos do meteorito em cima dos Telhados que, via de regra, rolavam para o chão. Apenas em uma casa houve telhas quebradas.

É digno de nota também outro evento, bem mais recente, de queda de meteorito em nosso estado. Trata-se do meteorito de Santa Filomena, cidade do Sertão do Araripe que dista 715 km da capital. O evento se deu no dia 19/08/2020. Tratou-se de uma rara chuva de meteoritos vindos do cinturão de asteroides entre Marte e Júpiter, remanescentes do então jovem Sistema Solar em formação, com uma idade aproximada de 4,56 bilhões de anos. Estima-se que a massa total dos fragmentos precipitados seja algo em torno de 100 kg, dos quais um exemplar de aproximadamente 40 kg foi coletado e vendido a um colecionador dos Estados Unidos. O maior fragmento coletado pela equipe brasileira de pesquisadoras tem uma massa de 2,82 kg e está atualmente exposto no Museu Nacional. Trata-se de um meteorito do tipo Condrito Ordinário.

Ao contrário do Serra do Magé, o evento de Santa Filomena foi amplamente registrado sob rigorosos procedimentos científicos, além do que a população foi rapidamente inteirada minuciosamente acerca do fenômeno e sua importância. Na Fig. 28, pode-se ver uma fotografia de um fragmento do Santa Filomena:

Fig. 28. Fragmento do meteorito de Santa Filomena.



Fonte: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2023/04/15/fossil-interestelar-entenda-por-que-o-meteorito-santa-filomena-e-tao-importante-para-a-ciencia.ghtml>. Acesso em 25/04/2023.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, detalhamos a elaboração das disciplinas e os passos seguidos na preparação das atividades propostas.

3.1 Disciplinas eletivas no Ensino Médio

As disciplinas eletivas se propõem ofertar ao aluno, ao longo de um semestre, uma complementação formativa direcionada aos seus interesses pessoais e projeto de vida. Como sugere o nome, essas disciplinas são de caráter optativo, cabendo ao aluno escolher aquelas que mais lhe dizem respeito, com as quais mais se identifique.

Cabe aos professores elaborarem as ementas dessas disciplinas, lembrando que elas devem estar em concordância com as áreas do conhecimento adotadas pela escola (CNE-CEB Nº3, 2018). Um professor de Biologia, por exemplo, pode propor uma eletiva sobre cuidados com o corpo ou ainda sobre metodologia científica. Entretanto é importante deixar claro que essas disciplinas não precisam necessariamente estar atreladas à área de atuação do professor que as ministra, de tal sorte que um professor de química pode, em tese, ministrar uma disciplina sobre ética e cidadania, por exemplo, caso se sinta apto para tal ou precise fazê-lo para completar sua carga horária. Infelizmente, a depender da(s) área(s) do conhecimento adotada(s) pela escola, certos professores, a fim completar sua carga horária, podem se ver forçados a ministrar conteúdos não condizentes à sua área de formação.

3.2 Disciplina eletiva de Astronomia

Aqueles que lecionam física no Ensino Médio por vezes se deparam com perguntas inusitadas acerca do porquê ocorrerem as estações anuais ou como foram elaborados os fusos horários. Esse fato evidencia um déficit nada desprezível de conhecimentos astronômicos básicos. Embora conteúdos de astronomia estejam subentendidos sob o eixo temático “Terra e Universo” desde os primeiros anos do ensino fundamental através da BNCC, os alunos recém ingressos no Ensino Médio apresentam, em sua maioria, consideráveis deficiências em noções básicas nesta ciência, possivelmente agravados pela recente pandemia de COVID-19.

Por outro lado, embora sejam trabalhados tópicos transversais como Gravitação e Leis de Kepler na grade curricular de física do Ensino Médio, torna-se difícil realizar um trabalho efetivamente substancial e consistente que enverede para outros

tópicos de astronomia; o mais das vezes, se faz uma abordagem tangencial, haja vista a grande quantidade de conteúdo prioritário a ser ministrado, de tal sorte que à astronomia tem sido legado um papel, quando muito, secundário. Acrescente-se a isto a drástica redução no número de aulas das disciplinas agora genericamente denominadas “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” com a recente reforma educacional.

A abordagem da astronomia no ensino médio é, na maioria das vezes, muito superficial, dada a grande quantidade de conteúdo prioritário a ser ministrado. Acrescente-se a isso a drástica redução no número de aulas das disciplinas agora genericamente denominadas “Ciências da Natureza e suas Tecnologias” com a recente reforma educacional.

Elaborar uma eletiva que trabalhasse tópicos de astronomia seria a melhor alternativa para ofertarmos esse conteúdo sem sacrificar o que restou de carga horária destinada à disciplina regular de física. O intuito dessa disciplina foi o de oferecer aos alunos um modesto e breve panorama desse belíssimo campo do conhecimento humano. Longe de pretendermos formar cientistas, intentamos contribuir com o processo de “alfabetização científica” conforme destacado por Sasseron & Carvalho (2011).

O programa da disciplina foi construído visando proporcionar uma base elementar de astronomia com ênfase em seu caráter interdisciplinar levando em conta, sobretudo, o contexto sócio-histórico. Reiteramos a importância de localizar o objeto estudado no espaço e no tempo sob o risco de, ao não fazê-lo, enveredarmos por uma leitura anacrônica dos fatos. Nosso roteiro de trabalhos objetivou abordar conteúdos essenciais como: natureza e constituição de alguns objetos astronômicos, tais como cometas, asteroides e planetas, noções de localização espacial e de escalas astronômicas.

3.3 Escola-alvo

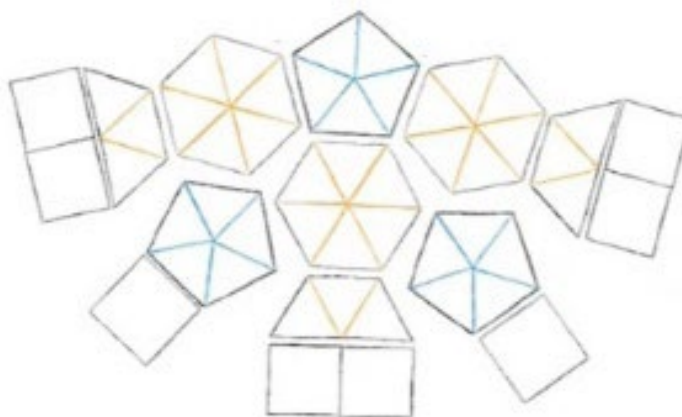
A escola alvo desta pesquisa foi a EREM Professora Margarida de Lima Falcão, localizada na cidade de Pesqueira no agreste de Pernambuco. Há sete anos que o autor se encontrava alocado na mesma e desde sua admissão vinha ministrando aulas de Física aos três anos do Ensino Médio. No ano de 2023 em particular, foi professor de Física de 5 turmas de 2º anos e de 4 turmas de 3º anos. Tratava-se do segundo ano de implementação do Novo Ensino Médio. Já havia ministrado duas disciplinas eletivas no ano anterior, ambas tratando de tópicos de Física, sendo a primeira um preparatório para o ENEM e a segunda sobre a física do dia a dia. Nesta escola

são destinadas 40 vagas por eletiva e, para sua surpresa, em ambas foi observado um público modesto de inscritos, sendo que a primeira, em virtude das demandas em vestibulares, teve um maior número de alunos chegando a 27 contra 21 da segunda. Situação diversa observou-se ao ser proposta a disciplina “Astronomia Básica”. As 40 vagas foram preenchidas no ato das inscrições, algo já esperado, diga-se de passagem, dado o interesse que os alunos por vezes demonstram ao se abordar assuntos relacionados à Astronomia.

3.4 Simulação do céu com o software Stellarium e projeção em domo geodésico de papelão de baixo custo.

Optamos por não construir um domo completo (hemisfério) por 2 razões: (1) evitar limitar a quantidade de pessoas que podem assistir à apresentação de cada vez e o inconveniente de entrar e ficar num espaço confinado com pouco conforto, (2) Não tínhamos condições de projetar a imagem de forma apropriada em toda a superfície hemisférica, o que requer o uso de uma lente “olho-de-peixe” ou múltiplos projetores, tal como nos planetários digitais atuais. Esse meio domo tem quadrados para completar o domo na superfície horizontal (Fig. 29).

Fig. 29. Representação planar de um meio domo geodésico.



Fonte: Russell Eveleigh. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=1s. Acesso em 12 ago. 2023

Para testar a ideia, consideramos confeccionar inicialmente um meio domo de dimensões reduzidas a fim de estudar o processo de projeção e otimizar o domo maior, objeto de nosso projeto.

Em seu projeto, o professor Russell fez uso de um tipo de papelão já comercializado para diversos fins. Trata-se de um papelão que, além de rígido, possui em um dos lados uma camada branca, o que favorece a superfície projetiva. Em nosso caso, foi necessário realizar colagem de cartolinas brancas para se obter uma tela funcional, mostrada na Fig. 30.

Fig. 30. Meio domo reduzido montado e sendo utilizado para projeção



Fonte: Autor (2023).

Como já citado, o Stellarium é um software livre que permite a visualização do céu nos moldes de um planetário. Os recursos presentes no software permitem ensinar de forma efetiva diversos conceitos astronômicos e oferece a possibilidade de automatizar a execução dos comandos normalmente feitos por mouse e teclado por meios de scripts. A melhor forma para começar a entender como usar scripts é ler o capítulo 17 do manual do usuário do Stellarium (Part III Extending Stellarium, Chapter 17 Scripting) e executar alguns scripts fornecidos como exemplo.

Abaixo, mostramos um script do Stellarium usado para apresentar o movimento aparente anual do Sol, observando-o sempre no mesmo horário ao amanhecer. A descrição detalhada de cada comando pode ser encontrada na documentação online do software, disponível em <https://www.stellarium.org/doc/24.0/scripting.html>.

```

// Author: Laudicélio Galindo & Elder Vasconcelos
// License: Public Domain
// Version: 1.0
// Description: A demo of sun position variation at sunrise.
// comando para mostrar mensagem na tela
var label = LabelMgr.labelScreen("Vamos olhar para o Leste!", 200 , 200 ,true ,
50, "# ff0000 ");
// comando para esperar 3 s
core. wait (3);
// comando para remover mensagem da tela
LabelMgr . deleteLabel ( label );
// comando para mover a direção de visualização para o leste
core.moveToAltAzi ("0d0m0s ", "90d0m0s ",4);
// comando para esperar 5 s
core.wait (5);
// comando para ajustar o ângulo de visão para 60° em 4s
StelMovementMgr.zoomTo(60, 4);
// comando para esperar 3 s
core.wait (5);
// comando para mostrar mensagem na tela
var label = LabelMgr.labelScreen("Ao longo de um ano, de 01/01 a 31/12/2024,
sempre no mesmo horário (5:45)!", 200 , 200 ,
true , 50, "# ff0000 ");
// comando para esperar 3 s
core . wait (3);
// comando para ajustar a data e horário
core.setDate ("2024-01-01T8:45:00");
// comando para esperar 5 s
core.wait (5);
// laço para alterar a data a cada 0,3 s
for (i=0; i<365; i++)
{
core.setDate ("+ 1 days ");
core.wait (0.3);

```

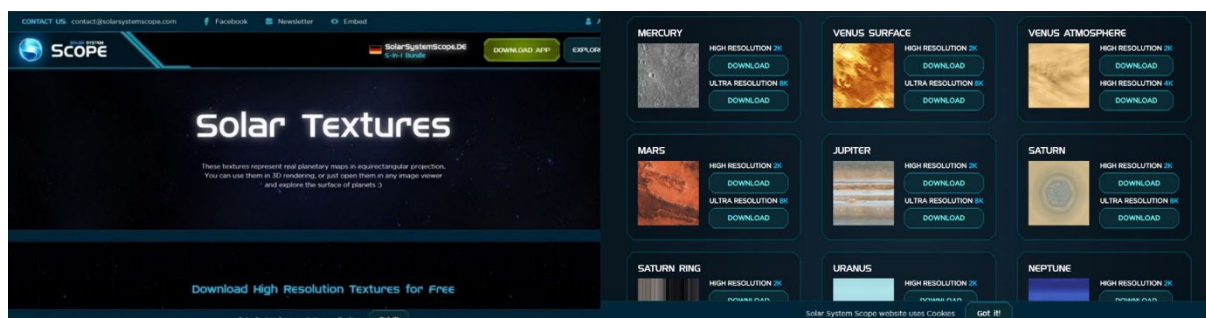
```
}  
// comando para remover mensagem da tela  
LabelMgr . deleteLabel ( label );  
// comando para mostrar mensagem na tela  
var label = LabelMgr.labelScreen("Isto é consequência da translação em torno  
do Sol e da inclinação do eixo de rotação da Terra!", 200 , 200 ,  
true , 50, "# ff0000 ");  
// comando para esperar 10 s  
core . wait (10);  
// comando para remover mensagem da tela  
LabelMgr . deleteLabel ( label );
```

3.5 Construção de globos e satélites

3.5.1 Obtenção das Imagens das Superfícies

Para confecção dos globos, precisamos inicialmente de uma imagem completa de toda a superfície de um corpo celeste, em projeção cilíndrica equirretangular. Tomamos como ponto de partida um repositório mantido na página Solar Textures e podemos selecionar diferentes corpos celestes (Fig. 31).

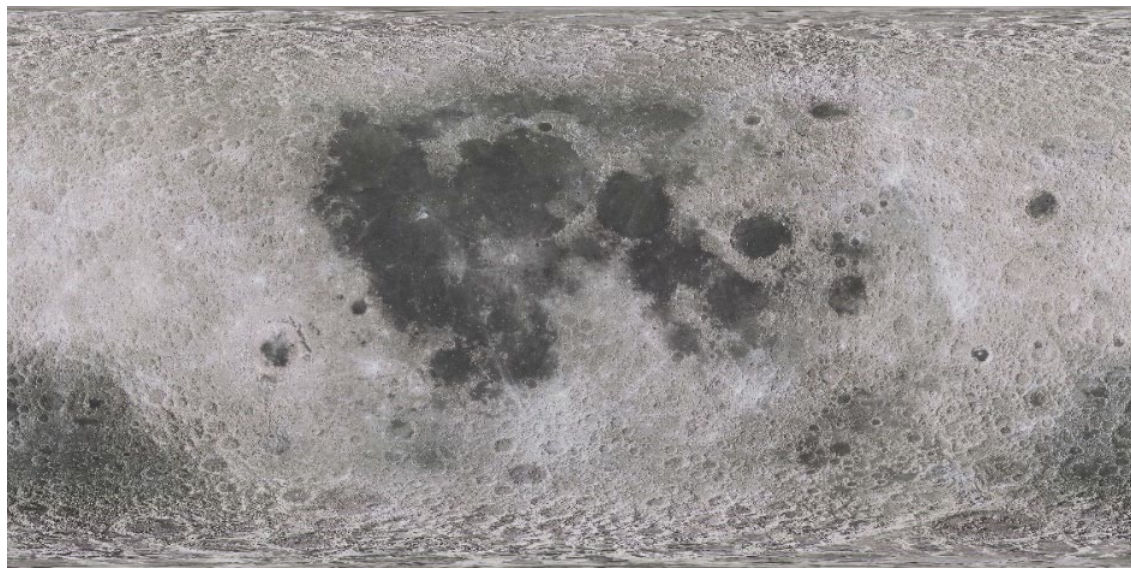
Fig. 31. Repositório de imagens das superfícies



Fonte: Solar System Scope. Disponível em: <https://www.solarsystemscope.com/>. Acesso em 08 de abr. 2023

Utilizaremos como exemplo uma imagem de toda a superfície da Lua (Fig. 32).

Fig. 32. Imagem da superfície da Lua em projeção equirretangular



Fonte: Solar System Scope. Disponível em: <https://www.solarsystemscope.com/textures/>. Acesso em 08 de set. 2023

3.5.2 Obtenção da Projeção Senoidal Interrompida

Na página do Goddard Institute for Space Studies encontramos o software G. Projector – Map Projections. Abaixo, temos a homepage do Goddard Institute.

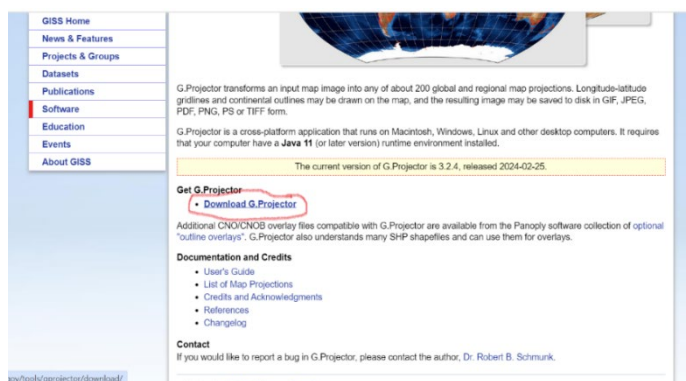
Fig. 33. Página do Goddard Institute for Space Studies.



Fonte: Goddard Institute for Space Studies. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector/>. Acesso em 08 de set. 2023.

Por meio do botão scroll do mouse encontramos na parte inferior desta página o link para download do G – Projector, conforme vemos na imagem abaixo:

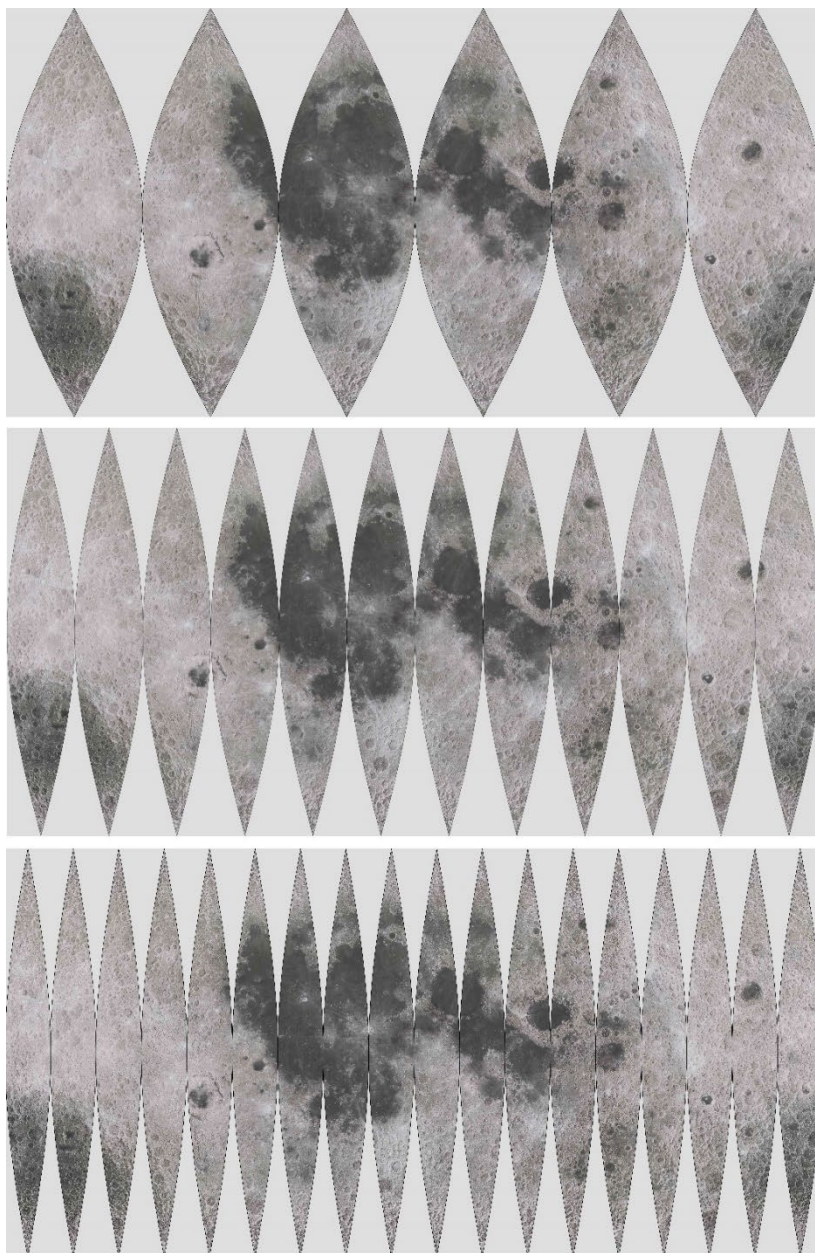
Fig. 34. Link para download do G – Projector.



Fonte: Goddard Institute for Space Studies. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector/>. Acesso em 08 de set. 2023.

O G-Projector permite transformar uma imagem de uma para outra projeção. Assim, podemos utilizar as imagens em projeção cilíndrica equirretangular para uma projeção senoidal interrompida. O G-Projector proporciona opções para a quantidade de fusos, por exemplo, 6, 12 e 18 fusos

Fig. 35. Mapas lunares em projeção senoidal interrompida com 6, 12 e 18 fusos.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

3.6 Identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto.

Dada a proximidade do local de ocorrência do evento Serra do Magé, consideramos propor aos alunos que investigassem se algumas pedras que ainda hoje se encontram na região poderiam ser fragmentos do famoso meteorito, procedemos com uma coleta em uma localidade próxima ao sítio Cacimbinha, sítio a aproximadamente 3 km do centro de Alagoinha (região circulada em vermelho, mostrada na Fig. 36), um dos principais pontos atingidos. Antes, porém, de iniciarmos os testes com os supostos fragmentos, achamos pertinente aplicar um breve questionário a fim de sondar o conhecimento que os alunos tinham acerca do evento e de noções básicas sobre meteoritos. Qual não foi a nossa surpresa ao constataremos a alta porcentagem entre eles que sequer haviam ouvido falar a respeito. Dos 40 participantes apenas 6 já tinham ouvido falar do meteorito Serra do Magé.

A expectativa era selecionarmos alguns fragmentos com aparência de meteoritos entre resíduos rochosos erodidos espalhados ao longo daquela localidade e submetê-los à análise dos alunos. Na Fig. 36 pode-se ver o local da coleta, próximo ao sítio Cacimbinha.

Fig. 36. Vista por satélite da cidade de Alagoinha e do sítio Cacimbinha.



Fonte: <<https://www.google.com/maps/@-8.4690076,-36.7645355,650m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>>. Acesso em 14 mar. 2023.

Fig. 37. Local de coleta das amostras



Fonte: registrado pelo autor (2024)

Em nossa busca, efetivamente encontramos uma série de fragmentos de aparência destoante às rochas locais, o que punha sob suspeita sua origem. Coletamos um número substancial dessas pedras e as trouxemos para a sala de aula a fim de as submeter a uma análise elementar contando com o auxílio dos alunos e, quiçá, chegarmos à plausibilidade de que tais amostras pudessem ser fragmentos autênticos do famoso meteorito. Essas amostras tinham tamanhos que variavam entre 0,5 e 2,0 cm, apresentavam uma coloração escura e alta densidade.

No decorrer das aulas apresentamos aos alunos noções gerais sobre meteoritos, sua classificação e os fenômenos atmosféricos associados bem como a história do evento Serra do Magé. Qual não foi nossa surpresa ao constatar, via questionário, o enorme percentual de alunos que sequer tinham ouvido falar antes acerca deste evento. Em seguida realizamos 2 atividades de caráter investigativo: (1) inspeção visual e teste de densidade em amostras coletadas para identificação de possíveis fragmentos do meteorito Serra do Magé e (2) estudo da formação de crateras de impactos de meteoritos, que descreveremos a seguir:

3.6.1 Inspeção visual e teste de densidade

A identificação de meteoritos é tarefa para especialistas, mas é possível realizar alguns passos básicos, como inspeção visual e medida de densidade, descritos a seguir.

A primeira análise a realizar é a visual. Comparar a aparência do meteorito com a aparência típica de meteoritos, como mostrado na Fig. 24. Os meteoritos metálicos

e mistos têm aparência bem característica e podem ser facilmente distinguidos. Os meteoritos rochosos são parecidos com pedras comuns da Terra e não são fáceis de distinguir. A presença de uma crosta de fusão é outra característica fácil de identificar.

O passo seguinte é o teste de densidade das amostras. A princípio, começamos por determinar as massas das amostras individualmente (Fig. 38). Feito isto, imergimos, uma por vez, as amostras em um recipiente com água. Este, por sua vez, encontra-se colocado sobre uma balança previamente zerada (Fig. 39). A imersão é realizada amarrando-se as pedras com uma linha bem fina e, após, mergulhando-as sem, no entanto, as deixar atingir o fundo do recipiente. Por fim registra-se os valores obtidos para as massas de líquido deslocado. O cálculo provém do Princípio de Arquimedes, como mostrado a seguir:

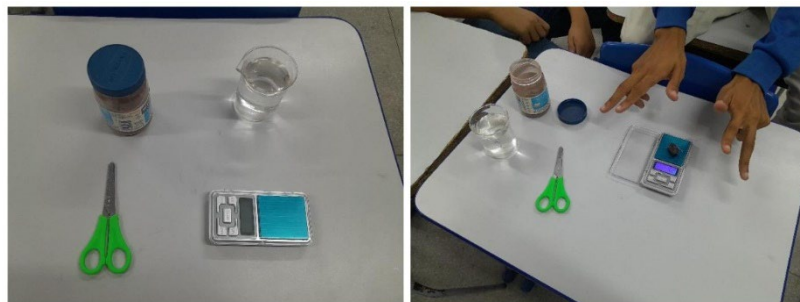
O empuxo é dado por $E = m_L g$ onde m_L é a massa do líquido deslocado e g a aceleração da gravidade. Pode-se expressar m_L por $m_L = \rho_L V$, onde ρ_L representa a densidade do líquido e V o volume submerso.

O empuxo ficará $E = \rho_L V g$, onde V é o volume do objeto que se pretende analisar, o qual pode ser expresso da seguinte maneira: $V = m_o / \rho_o$, onde m_o é massa do objeto e ρ_o é a sua densidade.

Substituindo V na expressão do empuxo, encontramos $E = \rho_L (m_o / \rho_o) g$. Igualando $m_L g = \rho_L (m_o / \rho_o) g$, fica $m_L = \rho_L (m_o / \rho_o)$. Sendo a água o nosso líquido, temos ρ_L aproximadamente 1 g/cm^3 . Desse modo: $m_L = m_o / \rho_o$.

Portanto, a densidade do objeto é por: $\rho_o = m_o / m_L$

Fig. 38.(a) Materiais para o experimento, (b)aluno pesando uma das amostras.



Fonte: registrado pelo autor (2024)

Fig. 39.Determinação da massa de líquido deslocado



Fonte: registrado pelo autor (2024)

Após o cálculo da densidade, o professor pode comparar os valores obtidos com os valores característicos de meteoritos e reunindo os resultados da inspeção visual e da medida de densidade, discutir se é possível ou não que as pedras apresentadas sejam meteoritos.

3.6.2 Estudo da formação de crateras de impactos

Sabemos que o meteorito Serra do Magé explodiu ao atravessar a atmosfera, não formando, portanto, cratera de impacto. Entretanto, a formação de crateras de impacto é um fenômeno importante. Para despertar a curiosidade dos alunos, o professor pode apresentar crateras de impacto encontradas no Brasil ou no mundo e abrir uma discussão com os alunos, propondo questões relativas ao fenômeno.

Aproveitando a empolgação da discussão, é possível propor um experimento simples acerca da formação de crateras de impacto. O experimento consiste basicamente na análise das crateras formadas a partir da queda livre de bolas de gude. Sugere-se utilizar areia fina para que as crateras fossem o mais uniformes possível a fim de facilitar a análise. Abandona-se várias vezes a bolinha de gude, a diferentes alturas e sem velocidade inicial, sobre uma caixa de areia e anota-se as dimensões das crateras formadas (Fig. 40).

Fig. 40. Experimento sobre a formação de crateras de impacto



Fonte: registrado pelo autor (2024).

Encontra-se uma relação entre a altura em que a bolinha foi abandonada e o diâmetro da cratera formada e, conseqüentemente, uma relação entre o diâmetro da cratera e a energia cinética que o corpo possuía pouco antes do impacto, admitida ser igual à energia potencial gravitacional. Obtém-se uma tabela de valores:

Altura (m)	Energia (J)	Diâmetro (m)
h1	e1	d1
h2	e2	d2
...	...	...

Podemos supor que a maior parte da energia do impacto seja utilizada no trabalho de ejeção de massa contida na cratera a uma altura h da ordem do raio da cratera. Assim, a energia cresce com cubo do raio (volume da cratera) vezes o raio. Portanto, $E \sim R^4$ ou $E \sim D^4$. Logo, $D \sim E^{1/4}$ e podemos esperar uma lei de potência do tipo: $y = a x^b$ entre essas variáveis. Trata-se de uma suposição razoável desde que se admita uma conversão quase total da energia cinética em energia potencial gravitacional no ato da ejeção da matéria da cratera (AMATO & WILLIAMS, 1998).

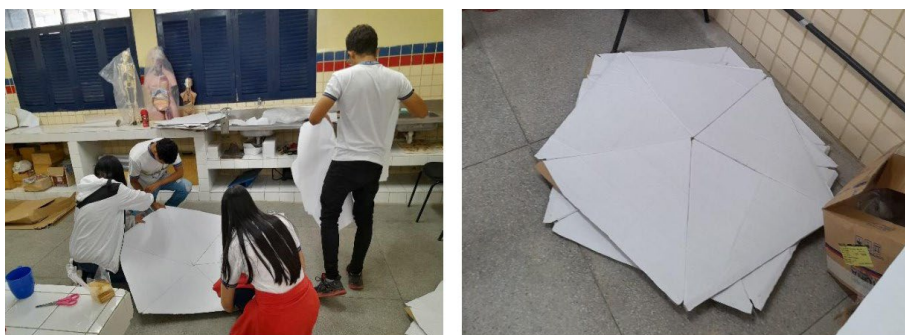
De posse dessa função empírica obtida no experimento, o professor pode prosseguir a discussão aplicando essa função à formação de crateras de diâmetros diversos, exprimindo a energia obtida em kilotons de TNT. A partir daí, é possível continuar a discussão e fazer diversas comparações com bombas atômicas, comentar sobre a extinção dos dinossauros e outros assuntos, de maneira muito mais compreensível e significativa para os alunos.

4 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 Simulação do céu com o software Stellarium e projeção em domo geodésico de papelão de baixo custo.

Como local de montagem, tivemos à nossa disposição o laboratório da escola, porém a utilização do meio domo se daria em outra sala definida para o dia da apresentação, num evento chamado “culminância”. Desse modo, considerando as dimensões da montagem, preferimos montar partes da estrutura durante as aulas e no dia do evento concluir a montagem. A Fig. 41 mostra a construção do meio domo pelos alunos.

Fig. 41. Construção do meio domo pelos alunos.



Fonte: registrado pelo autor (2023)

A culminância das eletivas ocorreu a partir das 10 horas da manhã no dia 4 de dezembro de 2023. Aos professores responsáveis por disciplinas eletivas foram dadas duas horas para a preparação do ambiente onde ocorreriam as apresentações. Em nosso caso, desde as 7:30 nos reuníamos para distribuir as tarefas, desde a limpeza da sala até sua decoração. Para melhorar a visibilidade da projeção, recortamos retângulos de papelão e pusemos sobre as vidraças das janelas. Todas as carteiras foram removidas e algumas fileiras de cadeiras foram montadas a alguns metros do projetor. Embora todos os alunos das eletivas estejam engajados nos projetos, as apresentações ficam a cargo de uma pequena equipe escolhida pela própria turma. Deste modo, a maior parte do alunado pode visitar as demais apresentações nas respectivas salas, caso desejem fazê-lo. Qual não foi a nossa surpresa ao constatar a massiva visitação à nossa sala. Recebemos levadas de estudantes de toda a escola. A Eles juntaram-se também professores e a equipe de gestão. Duas alunas da equipe ficaram responsáveis pela exposição temática.

O roteiro, basicamente, abordava brevemente a história da astronomia com ênfase em suas motivações práticas, após o que eram demonstradas, com o uso do software Stellarium, noções de observação, as trajetórias diária e anual do sol, bem como a localização de algumas constelações. A ideia central da proposta foi a de familiarizar os alunos com o céu noturno, levando-lhes a reconhecer certos padrões e, a partir disto, estimular-lhes a realizar suas próprias observações, utilizando a versão do Stellarium para smartphones.

Infelizmente, às vésperas da montagem do nosso domo, soubemos que a sala originalmente designada para a apresentação não estaria mais disponível, o que nos forçou a procurar outro local. Esta nova sala não dispunha do mesmo espaço que a anterior, o que nos forçou a montar apenas parte da tela construída, o que prejudicou o ajuste da imagem ao tamanho da tela. Dado o limitado espaço disponível na sala de exibição, também nos vimos obrigados a realizar várias seções de apresentação (Fig. 42)

Apesar dessas dificuldades, o resultado foi bastante satisfatório. Os alunos demonstraram muito engajamento com o projeto desde a fase inicial. O impacto foi tão positivo, inclusive em outros professores, que o projeto foi reconhecido como ação de destaque pela Gerência Regional de Ensino, como se pode ver pelo poster abaixo exibido na Gerência Regional de Arcoverde (GRE), mostrado na Fig. 43.

Acreditamos que as atividades descritas nesse capítulo estabeleceram as bases para futuras ações em que essa proposta poderá ser replicada e aperfeiçoada. Por exemplo, com os recursos adequados, pode ser montado de forma permanente um meio domo de projeção com frequência geodésica maior e raio apropriado para a visualização por dezenas de alunos. Esse recurso poderia ser utilizado por estudantes de diferentes escolas públicas, mediante agendamento.

Fig. 42. Imagens das apresentações realizadas durante o evento “culminância”



Fonte: registrado pelo autor (2023)

Fig. 43. Baner informativo da GRE Arcoverde e Sertão do Moxotó.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.2. Construção de globos de planetas e satélites

Durante as aulas da disciplina, os alunos confeccionaram os globos, participando do processo de recorte e colagem dos fusos sobre esferas isopor (Fig. 44). A maior esfera de isopor que utilizamos foi de 170 mm de diâmetro, usada para representar a Terra. Desta forma, por proporcionalidade, providenciamos uma esfera de 85 mm para Marte e um de 50 mm para a Lua, no intuito de mantermos certa proximidade às escalas reais de proporcionalidade entre estes 3 corpos celestes (ver tabela 2 abaixo). Também fizemos um globo lunar de 85 mm de diâmetro para indicar por meio de alfinetes o local de pouso de naves do projeto Apollo e da cratera Santos Dumont (Fig. 45).

Fig. 44. Confecção dos globos pelos alunos: recorte e colagem dos fusos.



Fonte: registrado pelo autor (2023).

Fig. 45. Globos prontos: Terra, Lua e Marte.



Fonte: registrado pelo autor (2023)

Tabela 2 – Dimensões de alguns corpos celestes e dos globos respectivos

Astro	Diâmetro real (km)	Diâmetro do globo (mm)
Terra	12.742	170
Marte	6.779	85
Lua	3.475	50

Fonte: Autor (2024)

Tendo em mãos os globos da Terra, Marte e da Lua, planejamos a aplicação seguindo o plano de aula mostrado no produto educacional.

Embora os globos não mantivessem, entre si, exatamente as proporções, a aproximação foi bastante razoável, permitindo aos alunos terem uma ideia clara das

relações que esses astros mantêm entre si, bem como a distância entre eles. Os cálculos mostraram que para a distância Terra-Lua, os alunos deveriam ficar a 5,25 m um do outro, como se pode ver na Fig. 46. Foi uma surpresa para os alunos quando calculamos que para a distância a Marte, os alunos deveriam estar a 753 metros de distância entre si, e para tal, seria necessário ficar a centenas de metros da escola.

Fig. 46. Demonstração da distância entre a Terra e a Lua utilizando os globos.



Fonte: registrado pelo autor (2023)

Consideramos que o objetivo final foi alcançado. Os alunos demonstraram muito interesse na atividade, salientando que gostaram de ver a face oculta da Lua e de terem uma noção correta dos tamanhos dos corpos celestes e das distâncias no Sistema Solar.

Essa atividade foi mostrada no XXI Encontro de Astronomia do Nordeste (EANE) sediado na cidade de Gravatá nos dias 08, 09 e 10 de junho de 2023.

4.3 Identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de impacto.

4.3.1 Inspeção visual e medida de densidade

A primeira análise que realizamos foi a visual. Comparando a aparência do meteorito Serra do Magé e das amostras coletadas fica claro que a composição interna e a crosta de fusão são diferentes. O meteorito Serra do Magé tem uma estrutura interna clara e uma crosta de fusão vítrea verde escura (Fig. 24), enquanto as amostras coletadas tinham um interior escuro e metálico, sem crosta de fusão vítrea. Na Fig. 47 à esquerda, temos algumas amostras coletadas e à direita uma dessas amostras em corte.

Fig. 47. Algumas amostras coletadas.



Fonte: registrado pelo autor (2024).

A inspeção visual já descarta a possibilidade de serem pedras provenientes do meteorito Serra do Magé.

Em seguida, procedemos com o teste de densidade das amostras.

Na tabela 3, temos as medidas e valores calculados de densidade. De acordo a literatura, densidade média de meteoritos acondritos é da ordem de 2,86 a 3,26 g/cm³. Os valores de densidade encontrados para as amostras foram substancialmente superiores ao esperado.

Tendo em vista o teste realizado em sala, a maioria concluiu a incompatibilidade entre as amostras testadas e o meteorito Serra do Magé. Por último, e não menos importante, de acordo com as respostas, a maioria compreendeu o procedimento do teste realizado

Tabela 3 – Medidas de densidade das amostras coletadas

Amostra	Massa (g)	Massa líquida (g)	Densidade (g/cm ³)
1	10,9	2,2 g	5,0
2	8,0	1,6 g	5,0
3	5,5	1,1 g	5,0
4	5,1	1,0 g	5,1
5	4,4	0,9 g	4,9

No início da atividade, havíamos distribuído um questionário, com o objetivo de aferir desde o conhecimento dos alunos acerca do evento de 1923 e de suas noções básicas sobre meteoritos. Como suspeitávamos, apenas 6 dos 40 participantes responderam sim à pergunta 1, o que evidencia o desconhecimento acerca do evento Serra do Magé, mesmo entre alunos daquela região. Quanto à pergunta 2, percebemos uma frequente confusão entre meteoros e meteoritos, enquanto alguns foram claros sobre tratar-se de “detritos que caem do céu”, algo mais próximo do conceito real. À pergunta 3, a maioria respondeu afirmativamente. Por fim, a maioria das respostas (32) às perguntas 4 e 5 foi bastante satisfatória, evidenciando uma razoável compreensão do procedimento.

Na próxima página, temos das respostas de um dos alunos. O aluno demonstrou uma excelente compreensão do procedimento em si, haja vista que, a cada nova medição, retomávamos a explicação passo a passo.

1) Você já ouviu falar no meteorito da Serra do Magé?

Sim.

2) O que você entende por meteorito?

De uma forma resumida, é uma rocha vinda do espaço que cai na Terra.

3) Você já viu uma “estrela cadente”?

Sim.

4) Com relação à amostra trazida para a aula, trata-se de um fragmento do meteorito Serra do Magé?

Por quê?

Não, pois observa-se uma diferença em relação a densidade de ambas as amostras.

5) Como foi realizado o teste?

O teste foi realizado pelo professor Laudicélio Carvalho Galindo na aula de eletiva. O experimento consiste em colocar uma das amostras do meteorito previamente presa em uma linha com um nó em uma balança para coletar os dados necessários. A balança foi inicialmente zerada. Em seguida, o fragmento foi imerso em um recipiente com água, usando a linha, sem tocar o fundo do recipiente para evitar interferência na coleta de dados. Com os dados em mãos, a massa da pedra foi dividida pela leitura obtida durante a imersão para determinar a densidade, concluindo que é superior à encontrada nas amostras do meteorito Serra do Magé.

4.3.2 Investigação da formação de crateras de impacto

Para despertar a curiosidade dos alunos, apresentamos uma das mais famosas crateras de impacto encontradas no Brasil: a cratera da Serra da Cangalha, no estado do Tocantins. Trata-se de uma cratera que remonta ao período Triássico, por volta de 220 milhões de anos, cujo tamanho médio é algo em torno de 12 km de diâmetro e paredes com mais de 400 metros de altura (Fig. 48). Esta cratera só perde em tamanho para o Domo do Araguainha, localizada na divisa entre os estados de Goiás e Mato Grosso, cujo diâmetro chega a 40 quilômetros.

Fig. 48.vista aérea e destacada da cratera da Serra da Cangalha



Fonte: < <https://www.novomundo.mt.gov.br/Noticias/lphan-avalia-tombamento-de-crateras-no-centro-oeste-e-no-norte-do-pais-739/> > Acesso em 20 mar. 2023.

Após falar dessa cratera, abrimos uma discussão com os alunos, propondo questões como: quanta energia é necessária para formar essa cratera? Seria a energia de uma bomba? Quais alterações um impacto de um meteorito pode causar? Na maior parte, as respostas traziam demonstravam a influência sensacionalista. Abaixo temos as respostas de um dos alunos:

Pergunta	Resposta do aluno
Quanta energia é necessária para formar essa cratera?	Algo muito grande, capaz de causar um enorme tremor de terra.
Seria a energia de uma bomba?	Sim. Algo como uma bomba atômica.
Quais alterações um impacto de um meteorito pode causar?	Vi um documentário que mostra que podem ocorrer grandes extinções.

Fonte: o autor.

Procuramos, por meio dessas perguntas, induzir os alunos a confrontar seus conhecimentos prévios com os resultados do experimento a ser realizado. Dessa forma, levando-os ao processo de desequilíbrio conforme Piaget, onde o indivíduo se vê na necessidade de modificar certos esquemas mentais para incluir e explicar uma nova situação.

Em seguida, realizamos o experimento de formação de crateras. O experimento consistiu-se basicamente na análise das crateras formadas a partir do lançamento de bolas de gude. Procuramos utilizar areia fina para que as crateras fossem o mais uniformes possível a fim de facilitar a análise. Foram realizados ao todo 25 lançamentos, sendo 5 para cada altura. A massa média das bolinhas foi de 11,5 gramas.

Fig. 49. Experimento sobre a formação de crateras de impacto



Fonte: registrado pelo autor (2024).

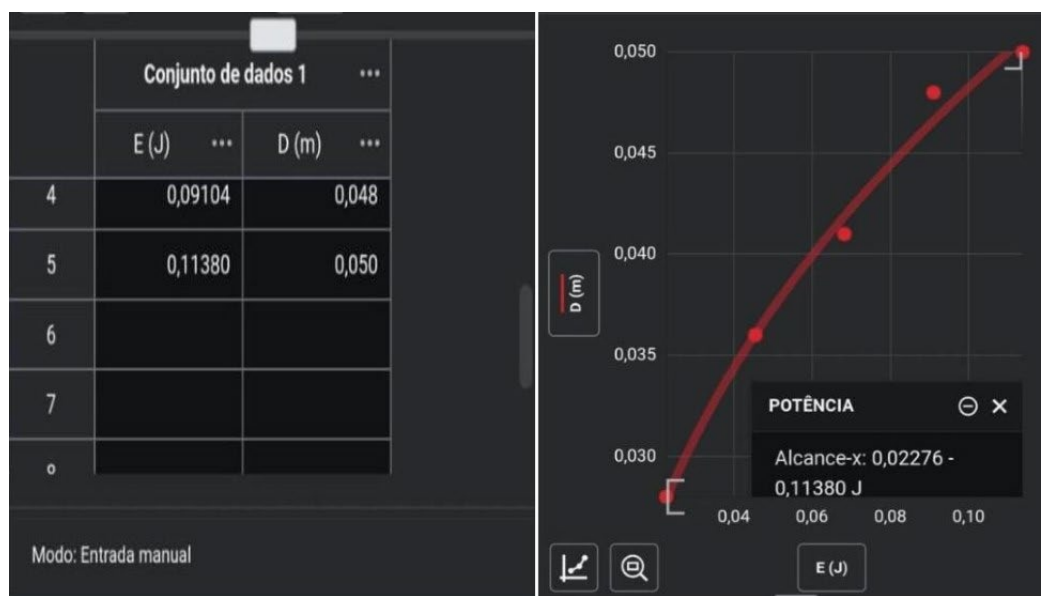
Encontramos uma relação entre a altura de lançamento da bolinha com o diâmetro da cratera formada e, conseqüentemente, uma relação entre o diâmetro da cratera e a energia cinética que o corpo possuía pouco antes do impacto, admitida ser igual à energia potencial gravitacional. Obtivemos os seguintes valores:

Tabela 5 – Dados obtidos no experimento de formação de crateras.

Altura (m)	Energia (J)	Diâmetro (m)
0,20	0,02276	0,028
0,40	0,04552	0,036
0,60	0,06828	0,041
0,80	0,09104	0,048
1,00	0,011380	0,050

Para obtermos uma relação matemática direta entre as variáveis, solicitamos aos alunos que instalassem o app Vernier Graphical Analysis, disponível na página PlayStore da Google. Após os alunos se familiarizarem com o software, procedemos com a análise dos dados. O resultado pode ser observado na Fig. 50 (tela do celular de um dos alunos).

Fig. 50. Tela do celular de um aluno



Fonte: elaborado pelo autor.

Como esperado, a curva de melhor ajuste representa uma lei de potência do tipo: $y = a x^b$, com $a = 0,1132$ e $b = 0,3705$. Portanto, $\text{diâmetro (m)} = 0,1132 E(J)^{0,3705}$.

De posse dessa função empírica obtida no experimento, o professor pode prosseguir a discussão aplicando essa função à formação da cratera da Serra da Cangalha, obtendo uma estimativa para a energia necessária: em torno de 8,84 kilotons de TNT, sendo cada Kiloton equivalente a $4,184 \times 10^{12}$ Joules. A partir daí, é possível continuar a discussão e fazer diversas comparações com bombas atômicas, comentar sobre a extinção dos dinossauros e outros assuntos, de maneira muito mais compreensível e significativa para os alunos.

Acreditamos que a atividade contribui com a estruturação do pensar científico, sedimentando no aluno uma forma de pensar que o leve à maturação cognitiva e à “alfabetização científica” nos termos de Sasseron e Carvalho (2011). Além disso, promove o resgate histórico deste singular evento que teve profundo impacto na população local e sua história segue por gerações. Analisar e estudar estes eventos cósmicos são de fundamental importância para a compreensão da dinâmica do nosso universo e sua história.

5 CONCLUSÕES

As atividades propostas são simplificações de atividades bastante complexas. Por exemplo, construir um planetário fixo envolve uma grande soma de dinheiro, utilização de projetores com objetivas “olho-de-peixe”, etc.; globos realísticos podem custar milhares de reais e são feitos por artistas especializados; um estudo realístico de da formação de crateras de impacto demanda considerar uma ampla gama de fatores.

Porém, o objetivo aqui foi despertar o interesse dos alunos e demonstrar os fundamentos do método científico, através de atividades manuais e de investigação. Deste modo, a questão de pesquisa pôde ser satisfatoriamente respondida ante a execução destas 3 sequências de ensino. O diálogo com os autores de nosso referencial teórico, acrescido à vivência no chão da escola, nos norteou na elaboração deste projeto. Procuramos, fazendo uso dos meios disponíveis, instigar nos alunos a curiosidade e o envolvimento direto, manual e intelectual, o que é muito importante para o processo de aprendizagem. Além disso, as atividades propostas nesse projeto partem da premissa de que o estudo de qualquer fenômeno deve, necessariamente, passar por contextualização e problematizações, como no estudo da queda do meteorito Serra do Magé.

Esperamos, portanto, que esse trabalho constitua mais um subsídio a diversos professores que se propõem a ministrar aulas de astronomia e, por vezes, se veem sem muitas alternativas às abordagens tradicionais.

Embora tenhamos elaborado um roteiro específico de trabalho, isto não impede a livre iniciativa dos professores que eventualmente tomem contato com este material para o adaptar conforme as circunstâncias. Esperamos contribuir, ainda que modestamente, com a inserção dessa ciência tão fascinante nas salas de aula de nosso país, ciência esta, tão longa quanto a história da civilização humana.

6 REFERÊNCIAS

ADKINS, Jeff. A Large Geodesic Dome Activity. Disponível em: <<http://www.astronomyteacher.com/jeff-adkins-projects/books-and-writing/conceptual-astronomy/build-your-own-planetarium.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

AGUIAR, Márcia Angela da Silva. **Reformas conservadoras e a “Nova Educação”**: orientações hegemônicas no MEC e CNE. Revista Educação & Sociedade, Vol. 40, p. 69-92, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/fdCK8QDyRGNwBFW-KsMYtvFv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 18 set. 2023.

AGRESTE, Astro. XXI EANE- Encontro de Astronomia do Nordeste. **Astroagreste**, 2023. Disponível em: <https://www.astroagreste.com/xxi-eane>. Acesso em: 19 mai. 2023.

AMATO, Joseph C. WILLIAMS Roger E. **Crater Formation in the laboratory: An introductory experiment in error analysis**. American Journal of Physics, Vol. 66, n. 2, 1998. p. 141-143. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1998AmJPh..66..141A/abstract>. Acesso em 18 ago. 2023.

AMERÍNDIA. Domos Geodésicos, 2023. Disponível em: < <https://amerindia.eco.br/cupulas-geodesicas.html>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

AUTODESK. Cardboard Geodesic Dome, 2023. Disponível em: < <https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/>>. Acesso em: 13 de ago. 2023.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**, p. 547-560, 2021. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 28 set. 2023.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 154, n. 35, p. 1-3, 17 fev. 2017. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=17/02/2017&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=440>. Acesso em: 30 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 3 de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECEBN32018.pdf. Acesso em: 30 set. 2023.

BOECKEL, Cristina, PIERRE, Eduardo. **Fóssil interestelar: entenda por que o Meteorito Santa Filomena é tão importante para a ciência.**2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2023/04/15/fossil-interestelar-entenda-por-que-o-meteorito-santa-filomena-e-tao-importante-para-a-ciencia.ghml>> Acesso em: 25 abr. 2023.

EARTHLEARNINGIDEA TEAM. **Crateras na Lua. Por que as crateras da Lua têm tamanhos e formas tão diferentes?** @2010. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/geoideias/wp-content/uploads/sites/20/2015/06/68_Moon_craters_pt.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2023.

EVELEIGH, Russell. Building a Cardboard Planetarium. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=1s>. Acesso em 12 ago. 2023

CARVALHO, Tassiana Fernanda Genzini de. RAMOS, João Eduardo Fernandes. **ANCC e o Ensino da Astronomia:** o que muda na sala de aula e na formação dos professores. Revista Currículo e Docência, Vol. 2, n. 2, 2020. p. 83-101. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/CD/issue/view/3168>. Acesso em: 10 out. 2023.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Vol. 18, n.3, 2018. P. 765-794. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização Científica:** uma revisão bibliográfica. Revista Investigação em Ensino de Ciências, Vol. 16, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002257551>. Acesso em: 14 out. 2023.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação:** condições para Implementação e sala de aula, p. 1-20, 2014. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

COLUMBUS. Universum, 2023. Disponível em < <https://columbus-globus-shop.de/universum/?p=1>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

DELIZOICOV, Demétrio, ANGOTTI, José André, PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências:** fundamentos e métodos. São Paulo: Editora Cortez, 2018.

DINIZ, Perylo. **Tremor de terra no interior**. A Província, Recife, n. 230, 3 de outubro de 1923, Reportagem policial, p. 3. Disponível em: https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=128066_02&pagfis=9809. Acesso em: 20 set. 2023.

DESERT DOMES. Dome Calculator, 2023. Disponível em: < <https://www.desertdomes.com/domecalc.html>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

FILHO, O. Lyra. **Tremor de Terra**: Na Zona de Pesqueira e Adjacências. Diário de Pernambuco, Recife, n. 227, 2 de outubro de 1923, Varias, p. 3. Disponível em: https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=029033_10&pagfis=10122. Acesso em: 18 set. 2023.

FILHO, O. Lyra. **Phenomeno meteotologico**. Diário de Pernambuco, Recife, n. 230, 5 de outubro de 1923, Telegrammas, p. 1. Disponível em: https://memoria.bn.gov.br/docreader/DocReader.aspx?bib=029033_10&pagfis=10148. Acesso em: 18 set. 2023.

GARANHUNS, Instituto Histórico, Geográfico e Cultural de. O meteorito de 1923 que passou por Garanhuns e caiu em Alagoinha. **Instituto Garanhuns**. Garanhuns, 16 fev. 2013. Disponível em: <https://garanhunsinstituto.blogspot.com/2013/02/o-meteorito-de-1923-que-passou-por.html>. Acesso em: 20 set. 2023.

GOOGLE. Google Earth Website, 2023. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-8.4690076,-36.7645355,650m/data=!3m1!1e3?authuser=0&entry=ttu>. Acesso em: 14 mar. 2023.

IACHEL, Gustavo, BARTELMEBS, Roberta Chiesa (Orgs.). **Educação em Astronomia**: reflexões e práticas formativas. Chapecó: UFFS Editora, 2023. p. 14-29. Disponível em: https://www.uffs.edu.br/institucional/reitoria/editora-uffs/educacao_em_astronomia_reflexoes_e_praticas_formativas. Acesso em: 20 set. 2023.

INC, Galhardo. **Geografia + Cidadania – AE Colmeias**, 2023. Projeções Cartográficas. Disponível em: <https://clubedepoisdasaulas.blogspot.com/p/7-ano.html>. Acesso em: 28 mar. 2023.

JUNG, Tobias. **Compare Map Projections**. 2023. Projection Selection. Disponível em: <https://map-projections.net/compare.php?p1=central-cylindric&p2=gall-isographic>. Acesso em 29 mar. 2023.

JUSTGLOBES. Astronomical Globes, 2023. Disponível em: < <https://justglobes.uk/astronomical-globes.html>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

KANTOR, Carlos Aparecido. **Educação em Astronomia sob uma perspectiva humanístico-científica**: a compreensão do céu como espelho da evolução cultural. 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-12062012-150132/pt-br.php>. Acesso em: 11 set. 2023.

KENNEDY, Melita. **Understanding Map Projections**. California: Environmental Systems Research Institute Inc, 2000. Disponível em: <https://kartoweb.itc.nl/geometrics/Map%20projections/Understanding%20Map%20Projections.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2023.

KRING, David A. Unlocking the solar system's past. **Astronomy**, Waukesha, Vol. 36, n. 8, p. 36, august, 2006. Disponível em: <<https://www.astronomy.com/issues/2006/august-2006/>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

KRING, David A. Chelyabinsk Air Bust. **Lunar and Planetary Information Bulletin**. Houston, n. 133, 2013. Disponível em: https://www.lpi.usra.edu/science/kring/LPIB_May2013_Pages1_5.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

LITTLEPLANETFACOTRY. Featured Collections, 2023. Disponível em: <<https://www.littleplanetfactory.com/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LONGHINI, Marcos Daniel (Org.). **Ensino de Astronomia na Escola**. Campinas: Editora Átomo, 2014.

MAGALHÃES, Prislaine Pupolin. ZULIANI, Silvia Regina Quijadas Aro. **Contribuições das Sequências de Ensino Investigativas (SEI) aos Alunos de Medicina em Imersão PBL**. Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Vol. 16, n. 36, p. 23-39, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/download/8803/6326>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

MIGUENS, Altineu Pires. **Navegação: A Ciência e a Arte**, 2019. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/npublicacoes>>. Acesso em: 15 out. 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa em Ciências**: condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação. Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista, Vol. 11, n. 2, p. 25-35, 2021. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/434>. Acesso em: 19 out. 2023.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária Ltda, 1999, p. 95-107.

MOVAGLOBES. Outer Space Globes, 2023. Disponível em: < <https://www.movaglobes.com/outer-space/>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

NASA – GODDARD SPACE FLIGHT CENTER. **National Aeronautics and Space Administration – Goddard Institute for Space Studies**, 2023. G Projector – Map Projections. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

NASA. **Vesta's internal structure**, 2007. Disponível em: < <https://science.nasa.gov/resource/vestas-internal-structure/>>. Acesso em: 28 abr. 2023.

Wikipedia. **Rheasilvia**, 13 jun. 2019. Disponível em: < <https://en.wikipedia.org/wiki/Rheasilvia>>. Acesso em: 25 abr. 2023.

OLIVEIRA, Raul Rodrigues de. **Mundo Educação**, 2023. Esfera. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/matematica/esfera.htm>. Acesso em: 28 ago. 2023.

OLIVEIRA, Sandro Guedes de. **YouTube, 2020**. F129 - Apresentação do experimento de formação de crateras. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Gzt-KLB4axg0>. Acesso em: 20 fev. 2023.

PARADOME. Origem dos Domos Geodésicos, 2023a. Disponível em: < <https://paradome.com.br/2024/05/03/origem-dos-domos-geodesicos/>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

PARADOME. Domo Platô com Agarras, 2023a. Disponível em: <<https://paradome.com.br/produto/domo-plato-3m-colorido/>>. Acesso em: 12 de ago. 2023.

PACIFIC DOMES. Domes frequencies explained, 2023. Disponível em: < <https://pacificdomes.com/knowledge-base/geodesic-dome-frequencies-explained/>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVO MUNDO. **Ipphan avalia tombamento de crateras no Centro Oeste e Norte do país**. Disponível em: < <https://www.novomundo.mt.gov.br/Noticias/lphan-avalia-tombamento-de-crateras-no-centro-oeste-e-no-norte-do-pais-739/>>. Acesso em 20 mar. 2023.

REPLOGLE. Solar System Planet Globes, 2023. Disponível em: < <https://replogleglobes.com/product-category/planets/>>. Acesso em 20 jan. 2023.

ROS, Rosa, DEEG, Hans. Planetas e exoplanetas. **Publicações da NASE**, 2020. Disponível em: < http://sac.csic.es/astrosecundaria/pt/cursos/formato/materiales/conferencias/T9_pt.pdf> Acesso em: 10 fev. 2023.

SNYDER, J. **Map Projections – A Working Manual**. Washington: U.S. Government Printing Office, 1987, p. 243-248.

SOLAR TEXTURES. **Solar System Scope**, 2023. Disponível em: < <https://www.solarsystemscope.com/textures/>>. Acesso em: 08 de set. 2023.

SPADA. Domo Geodésico, 2023. Disponível em:< <https://www.spada.com.br/locacao-para-eventos/domo-geodesico/>>. Acesso em: 13 de ago. 2023.

STELLARIUM. Stellarium, 2023. Disponível em: < <https://stellarium.org/pt/>>. Acesso em: 24 de jul. 2023.

VERNIER SCIENCE EDUCATION. Download Vernier Graphical Analysis, 2023. Disponível em:< <https://www.vernier.com/downloads/graphical-analysis/>. Acesso em 15 ago. 2023.>

ZETADOMOS. Estructuras Modulares & Kits Auto-Construcción, 2024. Disponível em: < <https://www.zetadomos.com/>>. Acesso em 20 jan. 2024.

ZÔMPERO, Andreia Freitas. LABURÚ, Carlos Eduardo. **Atividades Investigativas no Ensino de Ciências**: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. Revista Ensaio, Vol. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQn-xWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 ago. 2023.

ZUCOLOTTO, Maria Elisabeth. FONSECA, Ariadne do Carmo. ANTONELLO, Loiva Lízia. **Decifrando os Meteoritos**. Museu Nacional UFRJ, 2013. Disponível em: <https://www.meteoritos.com.br/download/decifrando-os-meteoritos/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

ANEXO A Fontes Históricas sobre a queda do Meteorito Serra do Magé

Página 3 do Diário de Pernambuco de 2 de outubro de 1923. Em destaque a reportagem sobre a queda do meteorito.



TREMOR DE TERRA

Na zona da Pesqueira e adjacências

A's 11 e 20 de hontem foi observado na zona central do Estado, notadamente em Pesqueira e adjacências, um ligeiro tremor de terra que, segundo as informações recebidas nesta cidade, foi precedido de intenso clarão e sucessivos estrondos.

Em algumas localidades estremeceram as vidraças das casas, saindo as populações à rua tomadas de pânico e a fazer preces.

O phenomeno parece ter tido seu epicentro numa corullheira, ao norte da Pedra e, portanto, ao sul de Pesqueira. Foi igualmente observado em Pedra, S. Bento, Buíque, Altinho, Alagôa de Baixo, Alagôa do Monteiro, Correntes, Garanhuns, Brejão, Aguas Belas, Glycerio, Bom Conselho, São Caetano, Antonio Olyntho e Rio Branco.

Segundo sua intensidade, e pelas informações até agora colhidas, teria sido um tremor de terra de segunda categoria na escala Rossi-Forcel que estabelece a gradação de um a dez para os terremotos, na ordem directa da intensidade.

Não ha muitos annos, verificou-se um phenomeno semelhante nas proximidades de Caruaru'.

Procurando investigar a origem do mesmo o Instituto Archeologico de Pernambuco esteve em comunicação com alguns notaveis geologos, entre estes o saudoso professor J. C. Branner e o director do serviço geologico do Brasil.

Chegou-se então a admitir como mais provavel, à luz da moderna geologia, a seguinte explicação:

Os montes de certa região de Pernambuco e da Bahia se constituem sobre depositos de argila, de formação antiquissima e perfeitamente con solidada, numa grande bacia. Dentro desta formaram-se, pelo desaparecimento das aguas, depositos de argila, que constituiram camadas de schistos, primitivamente horizontaes, as quaes, com o tempo, vão abatendo e "murchando".

Nesse movimento, as camadas vão escorregando de encontro às paredes de rochas primitivas, produzindo, dessa maneira, os abalos observados.

sobre depositos de argila, de formação antiquissima e perfeitamente con solidada, numa grande bacia. Dentro desta formaram-se, pelo desaparecimento das aguas, depositos de argila, que constituiram camadas de schistos, primitivamente horizontaes, as quaes, com o tempo, vão abatendo e "murchando".

Nesse movimento, as camadas vão escorregando de encontro às paredes de rochas primitivas, produzindo, dessa maneira, os abalos observados.

—

Recebemos a respeito os telegrammas seguintes:

"S. Caetano, 1 — "Diário Pernambuco" — Recife — Hoje, às 11.14 ouvimos grandes estrondos, parecendo ser um tremor de terra. A população está alarmada. — (a) Placido Lima."

— "Antonio Olyntho, 1 — "Diário de Pernambuco" — Recife — A's 11.17 ouvimos diversos estrondos do lado de sudoeste, acompanhados de tremor de terra. População alarmada. — (a) Torres Duda."

Página 2 do jornal A Província de 3 de outubro de 1923. Em destaque a reportagem sobre a queda do meteorito.

A PROVÍNCIA, Quarta-feira, 2 de Outubro de 1923 N. 230

COLUMNAS DO POVO

De Antonio Carlos de Oliveira

... e assim, com a queda do meteorito, a cidade de São Carlos, em Minas Gerais, tornou-se conhecida em todo o mundo. A queda do meteorito, que ocorreu em 12 de setembro de 1923, foi um evento raro e extraordinário, que atraiu a atenção de milhares de pessoas e de toda a imprensa mundial.

... e assim, com a queda do meteorito, a cidade de São Carlos, em Minas Gerais, tornou-se conhecida em todo o mundo. A queda do meteorito, que ocorreu em 12 de setembro de 1923, foi um evento raro e extraordinário, que atraiu a atenção de milhares de pessoas e de toda a imprensa mundial.

Reportagem policial

De Antonio Carlos de Oliveira

... e assim, com a queda do meteorito, a cidade de São Carlos, em Minas Gerais, tornou-se conhecida em todo o mundo. A queda do meteorito, que ocorreu em 12 de setembro de 1923, foi um evento raro e extraordinário, que atraiu a atenção de milhares de pessoas e de toda a imprensa mundial.

Informações oficiais

De Antonio Carlos de Oliveira

... e assim, com a queda do meteorito, a cidade de São Carlos, em Minas Gerais, tornou-se conhecida em todo o mundo. A queda do meteorito, que ocorreu em 12 de setembro de 1923, foi um evento raro e extraordinário, que atraiu a atenção de milhares de pessoas e de toda a imprensa mundial.

Pranchas de Pau Carda

De Antonio Carlos de Oliveira

... e assim, com a queda do meteorito, a cidade de São Carlos, em Minas Gerais, tornou-se conhecida em todo o mundo. A queda do meteorito, que ocorreu em 12 de setembro de 1923, foi um evento raro e extraordinário, que atraiu a atenção de milhares de pessoas e de toda a imprensa mundial.

E' util V. Exca.

saber que na CONFEITARIA BUOU, filial em contraria diariamente variado sortimento de frutas nacionais e estrangeiras, um bem montado restaurant, serviço de café, chá e sorvetes. O especial chopp da Brahma. O unico estabelecimento que mantem serviço culinário desde 6 as 2 horas da madrugada.

RUA NOVA N. 370

SOLICITADAS

(Sem exclusão de rubrica)

GALLINHAS LEZORNE
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

GATA ROSEIRA
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

BOVINOS DE PRATA DO IMPERIO
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

UMA BENDIÇÃO A ALVARO
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

REPRESENTAÇÃO ATENDIMENTO AO CHIEF DE POLICIA
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

UMA VARIANTE
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

COMPRAS DE TUDO
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

ADOS RELIGIOSOS E CURSOS
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

CAFÉ RECIFE
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

CAIXEIRO
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

ARADOS
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

FUNEERES
Ovos, pintos, frangos, etc.
Rua da Nova, 370.

CASA AÇUCENA

RUA DA FENIX N. 41

Atendimento Liquidacao

Atendimento Liquidacao

AVISO

Atendimento Liquidacao

ATENÇÃO

Atendimento Liquidacao

Gelo

Atendimento Liquidacao

Casa Bancaria

Atendimento Liquidacao

LUETYL

Atendimento Liquidacao

TREMOR DE TERRA NO INTERIOR

Ainda sobre o phenomeno que se registrou ante-hontem em mais de uma cidade do interior do nosso Estado recebemos hontem o seguinte despacho:

S BENTO, 2. — Hontem, 5 11 1/2, após ligeiras chuvas ouviram-se sucessivamente durante um minuto diversos estampidos, que produziram commoções violentas, alarmando a população, sendo diversas pessoas acometidas de crises nervosas.

De accordo com as communicações telegraphicas aqui recebidas, fomos informados de que identico phenomeno foi observado em diversos municipios limitrophos, enquanto se ouviam ruidos atterrizadores: As nuvens corriam no espaço com celeridade espantosa, emprensando um aspecto sinistro.

A população continua atterrizada. — (Do nosso correspondente).

— Pessoas vindas de villa de Alagoinha informaram que o phenomeno fôra sentido em Serra de Magé, em cujas proximidades cala chuva de granito de varios tamanhos, dos quaes trouxeram alguns. Uns acreditam que tivesse sido algum corpo celeste que na sua passagem tivesse deixado enfr fragmentos outros e que qualquer convulsão subterranea rompesse a crosta da terra, projectando para longe as referidas pedras, que apresentaram estado de carbonização.

Página 1 do Diário de Pernambuco de 5 de outubro de 1923. Em destaque, mais uma reportagem a respeito da queda do meteorito.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO

1914

SEXTA-FEIRA, 20 DE OUTUBRO DE 1914

PREÇO: 100 REIS

ANÚNCIOS: 100 REIS

REDAÇÃO: 100 REIS

ASSINATURAS: 100 REIS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

00 PERAMBUR TELEGRAMMAS

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

Estadistas Zebullos

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

FIGURAS E FACTOS

Phenomeno meteorologico

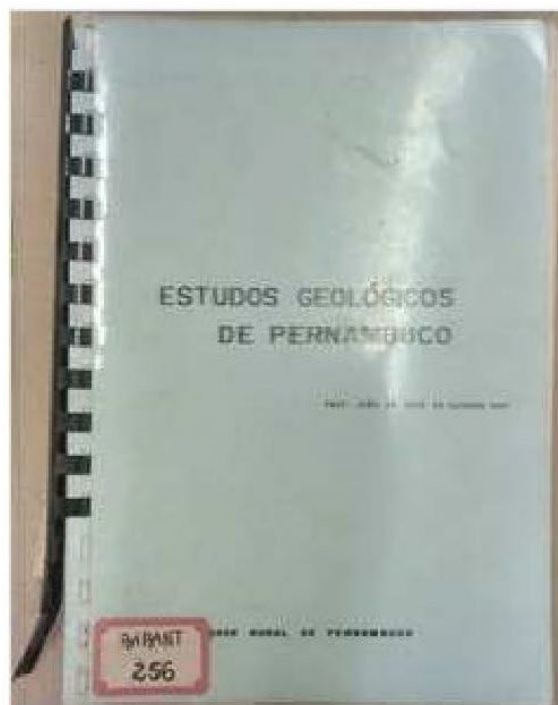
Tendo circulado aqui a noticia de que, no mesmo dia em que houve um phenomeno sismico em Pesqueira e adjacencias cahira em Garanhuns um meteorito, o dr. Mario Mello, 1º secretario perpetuo do Instituto archeologico, telegraphou ao prefeito e ao bispo de Garanhuns solicitando o aerolitho para o museu da nossa sociedade historica.

Sobre o assumpto, recebeu hontem a. s. o seguinte despacho:

"Garanhuns, 3. — Sr. dr. Mario Mello, 1º secretario do Instituto archeologico. — Meteorito não cahio aqui, onde houve apenas formidavel detonação aerea, seguida de outras duas menores, acompanhadas de intenso clarão entre as nuvens, em direcção ao noroeste. Noticias recentes dão a queda do aerolitho no lugar Salobro, do municipio de Pesqueira, a dez leguas daqui. Saudações. — (a) Luiz Brasil, prefeito."

O Instituto archeologico vae dirigir-se ao prefeito de Pesqueira pedindo seus bons officios no sentido de transportar o aerolitho para o nosso museu.

Retrato do professor João de Deus de Oliveira Dias e de um de seus trabalhos, no qual é descrito o fenômeno da queda do meteorito Serra do Magé.



APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



GUIA DIDÁTICO

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:
DOMOS GEODÉSICOS, GLOBOS E METEORITOS.

Autor: Laudicélio Carvalho Galindo

Orientador: Prof. Dr. Elder de Alpes Vasconcelos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 46

Laudicélio Carvalho Galindo

PRODUTO EDUCACIONAL

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:
DOMOS GEODÉSICOS, GLOBOS E METEORITOS.

Caruaru
2024

Laudicélio Carvalho Galindo

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA:
DOMOS GEODÉSICOS, GLOBOS E METEORITOS.**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO: propostas de atividades, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 46 – UFPE/CAA Caruaru-PE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Elder de Alpes Vasconcelos

Caruaru

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais cuja presença física não mais usufruo, porém o calor de seu amor permanece nos fortalecendo nessa jornada. Agradeço imensamente à minha esposa Emanuella pela paciência e companheirismo, ao meu amado filho Thomas cujos lindos sorrisos acalmam minhas tempestades, à minha irmã Laudicélia pela presteza em tantos momentos. Quero expressar minha gratidão também à equipe que forma a escola na qual exerço minha função, sobretudo aos setores da coordenação e direção. Agradeço ao meu orientador, o Dr. Elder Alpes de Vasconcelos, que diligentemente tem me conduzido sempre enfatizando a objetividade do projeto. E por último e não menos importante, quero agradecer à Vida em seu inescrutável mistério que incontáveis vezes nos mostra o quão pouco sabemos, e assim, em meio às infinitas contradições, seguimos por esse tortuoso caminho abraçando o trágico e idolatrando a dúvida na esperança de alguma certeza.

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

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
3	DOMO GEODÉSICO DE PROJEÇÃO DE BAIXO CUSTO.....	10
3.1	Domo Geodésico de Papelão	10
3.2	Construção de Domos Geodésicos de papelão - roteiro	11
3.2.1	Definição da frequência do domo.....	11
3.2.2	Definição do Raio do Domo	12
3.2.3	Preparação dos recortes dos triângulos.....	14
3.2.4	Traçado, corte, dobramento e união dos triângulos	14
3.3	Plano de aula e script do Stellarium.....	16
4	CONSTRUÇÃO DE GLOBOS DE PLANETAS E SATÉLITES.....	19
4.1	Projeção senoidal	20
4.2	Projeção senoidal interrompida.....	20
4.3	Confeção dos Globos - roteiro	22
4.3.1	Obtenção das Imagens das Superfícies.....	22
4.3.2	Obtenção da Projeção Senoidal Interrompida.....	23
4.4	Plano de aula.....	25
5	IDENTIFICAÇÃO BÁSICA DE METEORITOS E INVESTIGAÇÃO DA FORMAÇÃO DE CRATERAS DE IMPACTO.....	26
5.1	Tipos de meteoritos e suas origens	26
5.2	Classificação básica dos meteoritos	27
5.3	Formação das crateras de impacto	28
5.4	Identificação básica de meteoritos.....	31
5.4.1	Inspeção visual e medida de densidade - roteiro	31
5.4.2	Inspeção visual e medida de densidade – plano de aula	33

5.5	Simulação da formação de crateras de impacto	34
5.5.1	Roteiro	34
5.5.2	Plano de aula	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7	REFERÊNCIAS	38

1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Saudações, caro(a) professor(a)!

Esperamos que faça bom proveito deste material preparado com muito carinho e esforço a fim de auxiliá-lo em suas aulas de Astronomia. Embora trate-se de uma ciência instigante, cujos impactos culturais remontam aos primórdios da civilização, sua presença nos currículos brasileiros tem se dado de forma ambígua, quando não inexistente. Segundo Carvalho e Ramos (2020), evocando Housome, Leite e Del Carlo (2010), mesmo em anos recentes, a abordagem da Astronomia em livros didáticos ainda segue descontextualizada, carente de significado, contrariando aquilo que fora preconizado quando da elaboração dos PCNs. Embora a BNCC (2018) não mantenha sintonia com PCNs (ibid. 2020), propõe explicitamente o trabalho desta disciplina no currículo do Ensino Médio. Foi sob tal panorama que este material veio à luz. Ele é constituído, basicamente, por 3 sequências de ensino, sendo que uma delas envolve duas atividades, ao passo que as outras duas contam apenas com uma atividade cada. As propostas de trabalho são as seguintes (nessa ordem):

- Construção de um domo geodésico de baixo custo
- Confeção de globos de planetas
- Identificação básica de meteoritos e investigação da formação de crateras de Impacto

Foi considerando o panorama bastante defasado no que diz respeito a conhecimentos básicos de Astronomia que este produto educacional veio à tona. Os três trabalhos supracitados visam contribuir para a compreensão de conceitos tais como dimensões de escalas cósmicas, formação e composição do Sistema Solar e noções de localização. A aplicação destas atividades se deu ao longo do semestre em que se ministrava uma disciplina eletiva de Astronomia, porém, são perfeitamente adaptáveis às aulas de Física convencionais. Com as devidas adaptações, alunos de ciências do Ensino Fundamental também podem ser contemplados.

No que diz respeito a recursos materiais para a execução dos trabalhos, procuramos por fazer uso de materiais básicos e de fácil acesso. Para a confecção das réplicas dos planetas, além da excelente página do Solar System Scopes, contamos com o software G-Projector disponível na página do departamento da NASA do Instituto Goddard para Estudos Espaciais.

Em particular na confecção do domo geodésico, tivemos como principal matéria prima o papelão de caixas de supermercado. Para as projeções optamos pelo software Stellarium, visto tratar-se de um programa de alta qualidade, de fácil utilização e ter livre acesso tanto para computadores quanto para smartphones.

Para a análise das crateras na caixa de areia, contamos com o Vernier Graphical Analysis. Um programa bastante intuitivo que, para o nosso propósito, mostrou-se de fácil manuseio. Ele possui a versão pró com mais recursos, que é paga, e a versão free, a qual utilizamos. Sem mais delongas, professor(a), fazemos votos que seja bem sucedido(a) ao utilizar este material.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muitos professores se queixam do desinteresse nas aulas, motivado por aparente desconexão com a realidade cotidiana e a falta de aplicações práticas. É bastante frequente em nossas escolas o professor iniciar uma explanação e, de forma ininterrupta, seguindo seu próprio raciocínio a conclui. Após, volta-se para os alunos lhes perguntando se o compreenderam. Em geral a resposta é um tímido sim, quando não um silêncio acabrunhador. Isso, quando os alunos estão pelo menos prestando atenção na aula...

Esse professor parte da concepção de aula expositiva, tendo os alunos como receptores de informação, ignorando a individualidade, o tempo de aprendizagem particular de cada indivíduo e a “concorrência” de outros focos de interesse do aluno, como a internet e redes sociais.

Além disso, o domínio de qualquer conteúdo estudado passa por uma abordagem contextualizada, visto tratar-se de uma criação humana e, como tal, ter historicidade, ser localizado espaço-temporalmente. Ignorar ou desconsiderar tal fato implicará em uma compreensão, quando muito, distorcida e incompleta do objeto estudado. A atividade experimental por sua vez, se bem guiada, tem excelente potencial para auxiliar o aluno em sua própria formulação de ideias.

Um dos pontos que podemos salientar é a importância de um problema para o início da construção do conhecimento. Ao trazer para o ensino em sala de aula, esse fato – propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo – vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento.

Dessa forma, defendemos a importância das aulas de caráter investigativo, que envolvam efetivamente os alunos, convidando-os, por meio de uma provocação inicial, a construir paulatinamente as respostas a problemas propostos. Pensamos em melhorar o interesse e a participação dos alunos propondo tarefas manuais com vistas a resolução de problemas concretos, com detalharemos nos capítulos a seguir.

3 DOMO GEODÉSICO DE PROJEÇÃO DE BAIXO CUSTO

Propomos a construção de um domo geodésico para projeção de imagens de baixo custo utilizando papelão e também o software Stellarium para apresentação de conceitos de astronomia. Apresentaremos o passo a passo do planejamento e construção de domos geodésicos de diferentes frequências e diâmetros. Também apresentaremos um exemplo da expansão da funcionalidade do Stellarium através da automação por scripts.

Acreditamos que as atividades descritas nesse capítulo estabelecem as bases para futuras ações onde essa proposta poderá ser replicada e aperfeiçoada. Por exemplo, com os recursos adequados, pode ser montado de forma permanente um meio domo de projeção com frequência geodésica maior e raio apropriado para a visualização por dezenas de alunos. Esse recurso que poderia ser utilizado por estudantes de diferentes escolas públicas, mediante agendamento.

Nas seções seguintes, apresentaremos um roteiro para preparação de domos geodésicos de papelão e um exemplo de plano de aula onde se utiliza o domo geodésico para projeção da simulação do movimento aparente anual do Sol, utilizando um script do software Stellarium.

3.1 Domo Geodésico de Papelão

Um domo geodésico de papelão pode ser construído de forma relativamente barata com papelão, como mostrado na imagem abaixo tirada do canal do professor Russel Eveleigh.

Fig. 1. Domo geodésico do professor Russell



Fonte: Russell Eveleigh. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=1s. Acesso em 12 ago. 2023

A ideia do professor era fornecer um brinquedo alternativo para crianças, uma espécie de “cinema em casa” como pode-se ver na figura abaixo.

Fig. 2. Projeção no interior do domo de Russell



Fonte: Russell Eveleigh. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=1s. Acesso em 12 ago. 2023

Dada a viabilidade da ideia do professor Russell, resolvemos confeccionar nosso próprio domo geodésico de papelão. Para manter o custo o mais baixo possível, utilizamos papelão de caixas descartadas em supermercados e lojas de móveis. Em pouco mais de 2 semanas já tínhamos a matéria prima de nosso domo.

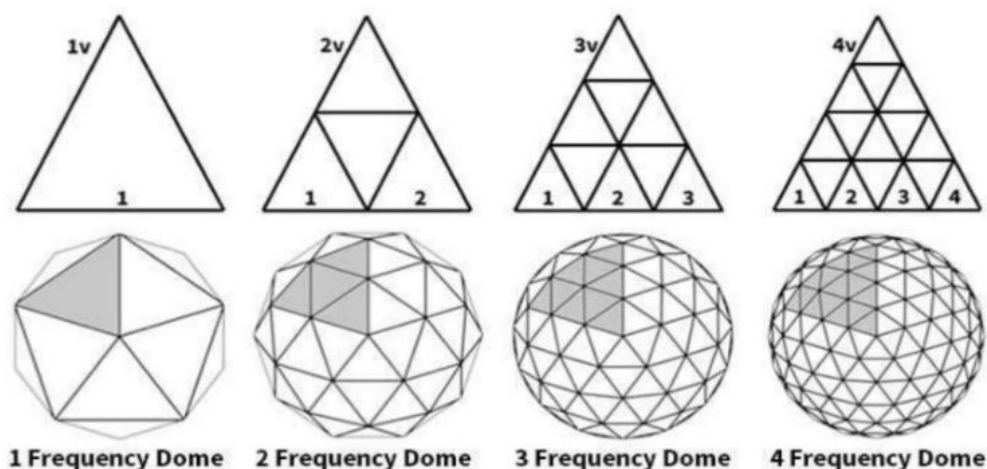
3.2 Construção de Domos Geodésicos de papelão - roteiro

Vamos apresentar, em termos gerais, uma sequência que pode ser seguida para a construção de domos de papelão de diferentes frequências e tamanhos. Esperamos que sirva como um guia para quem se interessar em fazer um projeto semelhante. Em seguida, vamos mostrar a sequência utilizada neste trabalho, considerando as limitações práticas existentes.

3.2.1 Definição da frequência do domo

A frequência do domo está relacionada com a quantidade de subdivisões da face do icosaedro que lhe serve de base, como mostrado abaixo. Quanto maior a frequência, melhor será a aproximação de uma superfície esférica através das superfícies planas dos triângulos:

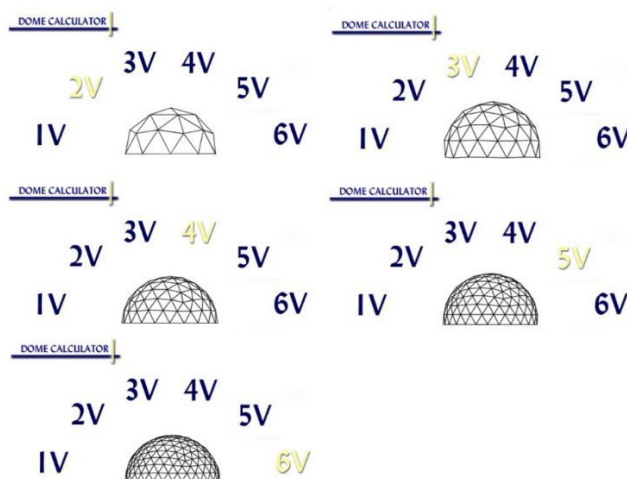
Fig. 3. Relação entre Icosaedro base e a frequência do domo.



Fonte: < <https://pacificdomes.com/knowledge-base/geodesic-dome-frequencies-explained/> > Acesso em 12 de ago. 2023.

Percebe-se, entretanto, que aumentando a frequência, aumenta-se, também, o número de triângulos e a complexidade da montagem. Vamos utilizar uma página calculadora de domos, onde podemos escolher frequências de 2 a 6, conforme Fig. 4 abaixo. Para começar da forma mais simples, vamos escolher a frequência 2.

Fig. 4. Seleção da frequência do domo numa calculadora de domos.



Fonte: < <https://www.desertdomes.com/domecalc.html> >. Acesso em 12 de ago. 2023.

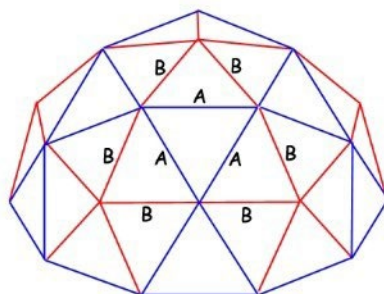
3.2.2 Definição do Raio do Domo

A partir do espaço disponível para o domo, definimos o raio desejado para o domo. Ele é construído a partir de triângulos de papelão, portanto o que limitará o seu

raio será o tamanho das peças disponíveis em papelão para a construção dos triângulos.

Um domo de frequência 2 é construído com 2 tipos de triângulos: um triângulo equilátero com lados AAA e um triângulo isósceles com lados ABB (Fig. 5).

Fig. 5. Triângulos equiláteros e isósceles em um domo de frequência 2



Fonte: Fonte: <<https://www.desertdomes.com/pictures/dome/2vdiagram.gif>> Acesso em 12 de ago. 2023.

Escolhamos um raio igual a 1m. Na calculadora de domos, resulta $A=0,618$ m e $B=0,546$ m (Fig. 6). A informação a respeito da quantidade de segmentos (30,35,60) e de conectores (6,10) não se aplica para o nosso caso, pois estamos utilizando papelão. Essa informação seria válida se estivéssemos usando elementos sólidos, como tubos, por exemplo, e os conectando para montar uma estrutura geodésica.

Fig. 6. Dimensões dos triângulos para um domo de frequência 2 e raio 1m.

DOMO CALCULATOR

Dome Radius:

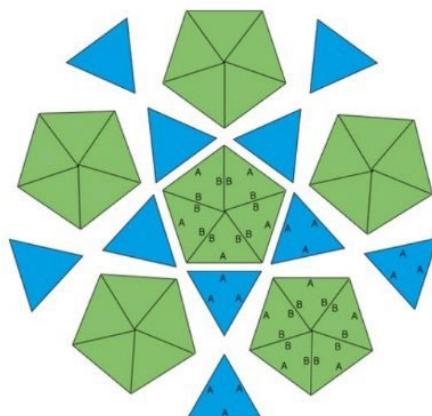
Don't include units here. For example, if you want to build a dome that's 10' 6" high, enter 10.5

Strut	Length	Dome	Sphere
A	0.618	35	60
B	0.546	30	60
4-way connectors		10	0
5-way connectors		6	12
6-way connectors		10	30

Fonte: <<https://www.desertdomes.com/dome2calc.html>> Acesso em 12 de ago. 2023

Embora a calculadora de domos forneça uma imagem de como arrumar os triângulos numa representação 3D (Fig. 5), é mais fácil utilizar uma projeção no plano, mostrada abaixo:

Fig. 7. Representação planar de um domo geodésico de frequência 2.

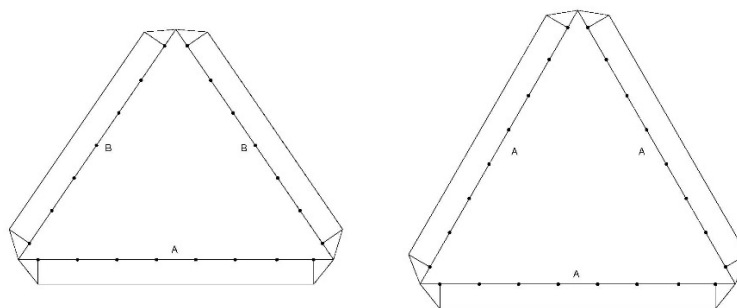


Fonte: <<https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/>> Acesso em 12 de ago. 2023.

3.2.3 Preparação dos recortes dos triângulos

Como os triângulos serão recortados do papelão, precisamos desenhá-los com bordas que poderão ser viradas e grampeadas ou coladas. As figuras abaixo mostram os gabaritos para o traçado dos triângulos. Os pontos ao longo dos lados do triângulo são marcações opcionais, a quais podem ser usadas para serem feitos furos ou cortados traços para diminuir a resistência do papelão e facilitar o dobramento.

Fig. 8. Gabarito para recorte e dobramento dos triângulos.

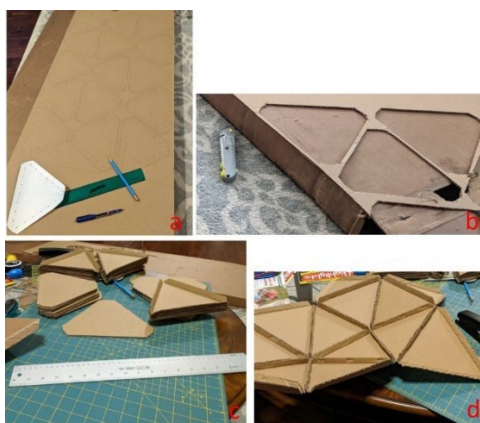


Fonte: <<https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/>> Acesso em 12 de ago. 2023.

3.2.4 Traçado, corte, dobramento e união dos triângulos

Em seguida, precisamos (a) traçar, (b) cortar, (c) dobrar e (d) unir os triângulos como mostrado na figura abaixo:

Fig. 9. Traçado, corte e dobramento dos triângulos do domo geodésico.

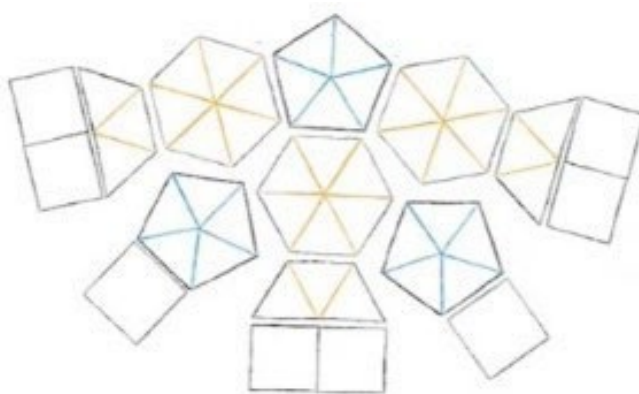


Fonte: < <https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/> > Acesso em 12 de ago. 2023.

Essencialmente, essa é a sequência qualquer que seja a frequência escolhida.

Pode ser interessante não construir um domo completo (hemisfério) por 2 razões: (1) evitar limitar a quantidade de pessoas que podem assistir à apresentação de cada vez e o inconveniente de entrar e ficar num espaço confinado com pouco conforto, (2) Não tínhamos condições de projetar a imagem de forma apropriada em toda a superfície hemisférica, o que requer o uso de uma lente “olho-de-peixe” ou múltiplos projetores, tal como nos planetários digitais atuais. Esse meio domo tem quadrados para completar o domo na superfície horizontal (Fig. 10).

Fig. 10.Representação planar de um meio domo geodésico.



Fonte: Russell Eveleigh. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0oI&t=1s. Acesso em 12 ago. 2023

3.3 Plano de aula e script do Stellarium

3.4.1 Plano de aula

Temas	Simulações no Stellarium aplicadas ao planetário.
Competências específicas	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Habilidades	(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
Objetivos	Familiarizar os alunos com o software Stellarium no computador e no celular. Demonstrar o movimento aparentes diário e anual do Sol.
Conteúdo	Observação de constelações e planetas, bem como o estudo dos movimentos relativos.
Duração	100 minutos.
Recursos Didáticos	Computador e o planetário.
Metodologia	Apresentação de scripts prontos e, após, construir em conjunto com os alunos scripts próprios.

O Stellarium é um software livre que vem sendo desenvolvido desde 2001 e que permite a visualização do céu nos moldes de um planetário. Ele está disponível para diversos sistemas (Linux, Windows, MacOS, etc.). Com ele, é possível simular o céu diurno e noturno e a influência da atmosfera e das luzes das cidades (cintilação, poluição luminosa) mostrando as posições dos planetas e seus satélites, eclipses, estrelas, satélites artificiais e outros corpos celestes. Isso pode ser feito considerando-se a observação a partir de qualquer localização em nosso planeta, em tempo real, ou em um tempo de velocidade ajustável para frente e para trás.

Os recursos presentes no software permitem ensinar de forma efetiva diversos conceitos astronômicos. Como em qualquer software, interagimos com o programa executando comandos através de sua interface, utilizando seus menus via mouse e teclado. Mas, além disso, o Stellarium oferece a possibilidade de automatizar a execução desses comandos por meios de scripts. Assim, o usuário pode criar algo, uma apresentação semelhante a um filme, com uma sequência de eventos. Por exemplo, o script abaixo pode ser usado para demonstrar o movimento anual aparente do Sol.

```
// Author: Laudicélio Galindo & Elder Vasconcelos
// License: Public Domain
// Version: 1.0
// Description: A demo of sun position variation at sunrise.
//
var label = LabelMgr.labelScreen("Vamos olhar para o Leste!", 200 , 200 ,true ,
50, "# ff0000 ");
core . wait (3);
LabelMgr . deleteLabel ( label );
core.moveToAltAzi ("0d0m0s ", "90d0m0s ",4);
core.wait (5);
StelMovementMgr.zoomTo(60, 4);
core.wait (5);
var label = LabelMgr.labelScreen("Ao longo de um ano, de 01/01 a 31/12/2024,
sempre no mesmo horário (5:45)!", 200 , 200 ,
true , 50, "# ff0000 ");
core . wait (3);
core.setDate ("2024-01-01T8:45:00");
core.wait (5);
for (i=0; i<365; i++)
{
core.setDate (" + 1 days ");
core.wait (0.3);
}
LabelMgr . deleteLabel ( label );
```

```
var label = LabelMgr.labelScreen("Isto é consequência da translação em torno  
do Sol e da inclinação do eixo de rotação da Terra!", 200 , 200 ,  
true , 50, "# ff0000 ");  
core . wait (10);  
LabelMgr . deleteLabel ( label );
```

4 CONSTRUÇÃO DE GLOBOS DE PLANETAS E SATÉLITES

Propomos a confecção de globos de planetas e satélites do Sistema Solar como recurso didático para melhor assimilação das ideias de tamanho relativo e distância entre os corpos celestes. Apresentaremos o passo a passo da confecção dos globos e da escolha dos sistemas de projeção cartográfica.

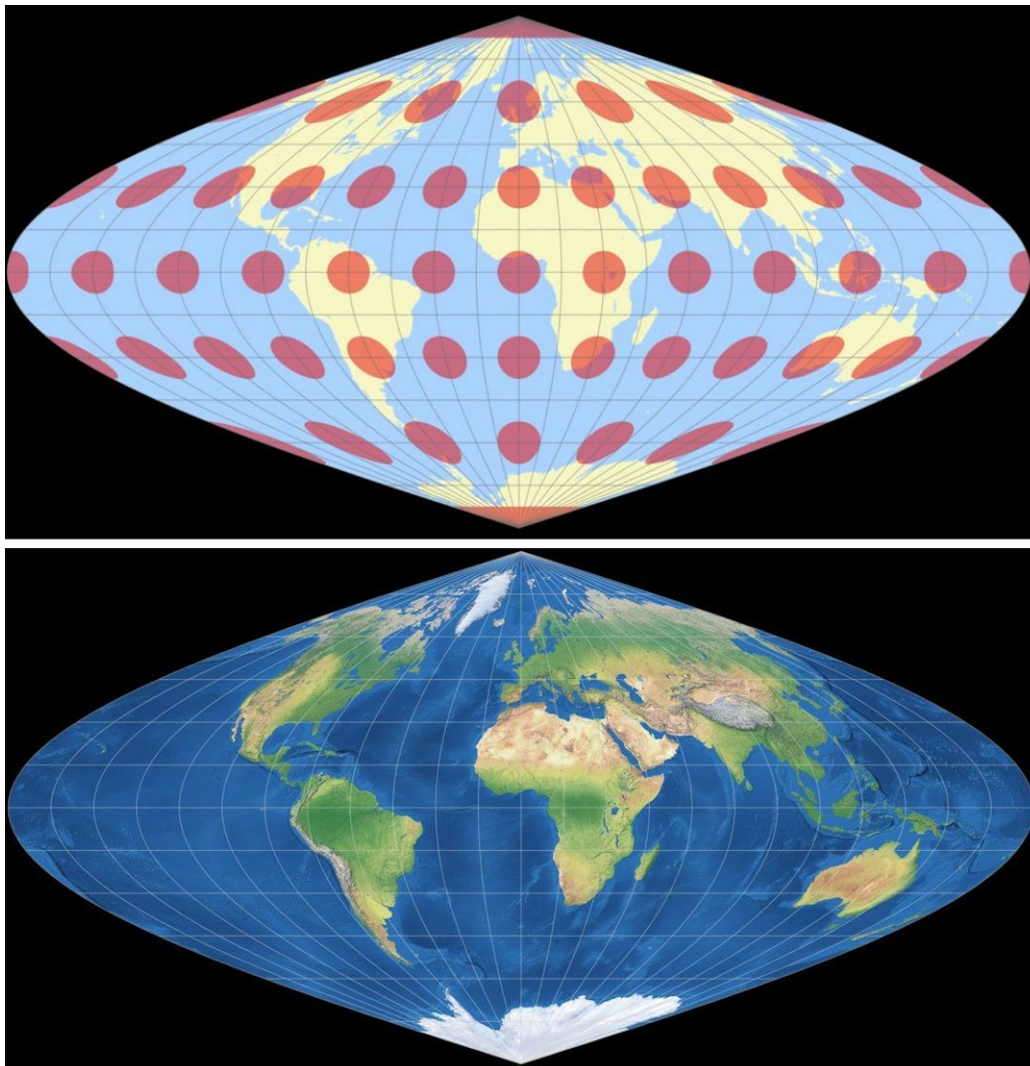
Uma dificuldade no ensino de astronomia é a nossa limitação para conceber dimensões e ordens de grandeza que se encontram além de nossas experiências diárias. Em termos astronômicos, intervalos de milhões de anos não passam de breves momentos, assim como anos-luz representam pequenos passos nesse imenso e vasto cosmos. Temos dificuldade em avaliar, por exemplo, dimensões de planetas vizinhos nossos, bem como seus relevos e aparências. A própria Lua possui uma face normalmente não vista. Para superar essas dificuldades, propusemos a confecção de globos de planetas e da Lua. Desta forma, seria possível tornar mais compreensíveis, por comparações visuais, as escalas dimensionais reais desses corpos celestes. Acrescente-se o fato de se poder ter uma experiência visual mais completa acerca das suas superfícies.

Na cartografia, partimos de uma superfície esférica e encontramos sua representação no plano. Quando construímos globos, partimos de uma representação no plano (uma foto, tomada por uma nave espacial) e encontramos sua representação na esfera. Podemos dizer que a construção de globos é o “problema inverso da cartografia”. Portanto, esses 2 problemas estão relacionados e para bem entender a técnica de fabricação de globos, precisamos aprender algumas noções básicas sobre projeção senoidal.

4.1 Projeção senoidal

Nessa projeção, o meridiano de Greenwich é representado no plano praticamente sem distorções. Para avaliar a distorção numa projeção cartográfica, é comum utilizar as indicatrizes de Tissot, as quais mostram como círculos na superfície da esfera são deformados na projeção. A Fig. 11 mostra a projeção cilíndrica central e as indicatrizes de Tissot. Os demais fusos esféricos sofrem uma distorção severa.

Fig. 11. Projeção senoidal centrada no Meridiano de Greenwich.

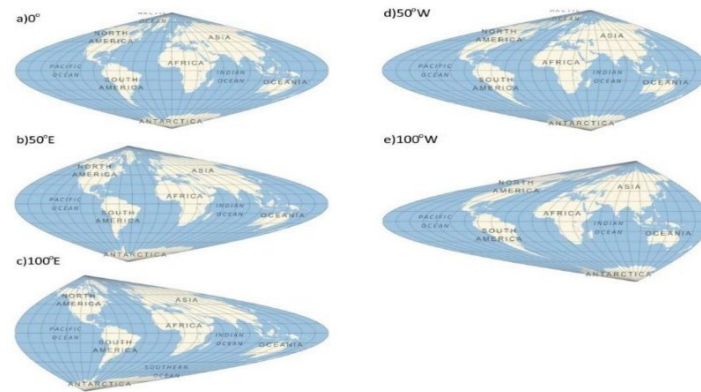


Fonte: <<https://mapprojections.net/compare.php?p1=sinusoidal&p2=sinusoidal-interrupted>> Acesso em 14 de ago. 2023

4.2 Projeção senoidal interrompida

É possível centrar um mapa em projeção senoidal em diferentes meridianos, como mostrado na Fig. 12

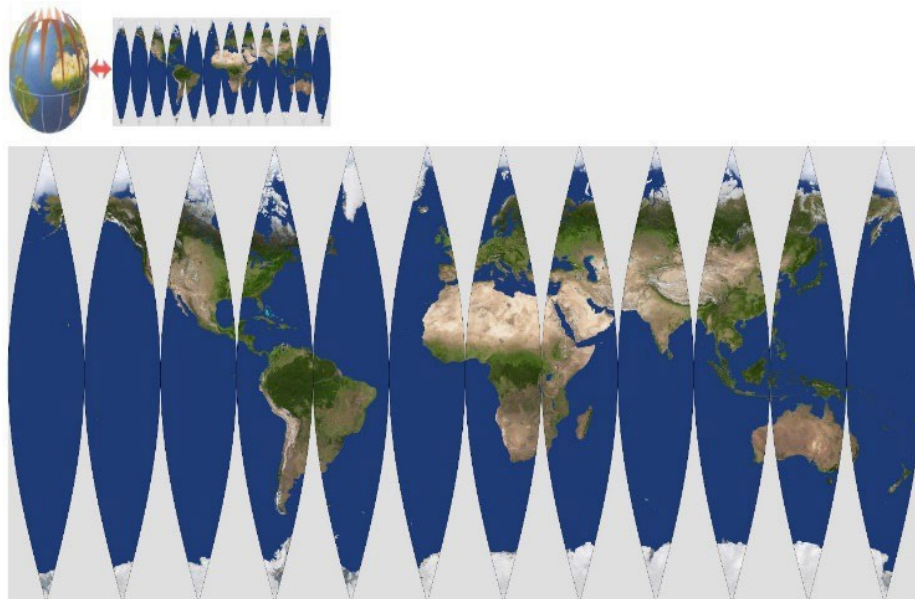
Fig. 12. Mapas em projeção senoidal centrados em diferentes meridianos.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Imaginemos então que recortemos esses diferentes mapas aproveitando apenas a região em torno do meridiano central e descartando as demais. Feito isto, as partes aproveitadas podem ser justapostas formando uma representação plana de diferentes fusos esféricos, como mostrado na Fig. 13. É assim que se consegue uma representação plana sem distorções de um mapa que pode ser colado na superfície de um globo.

Fig. 13. Construção de um globo a partir de uma projeção senoidal interrompida



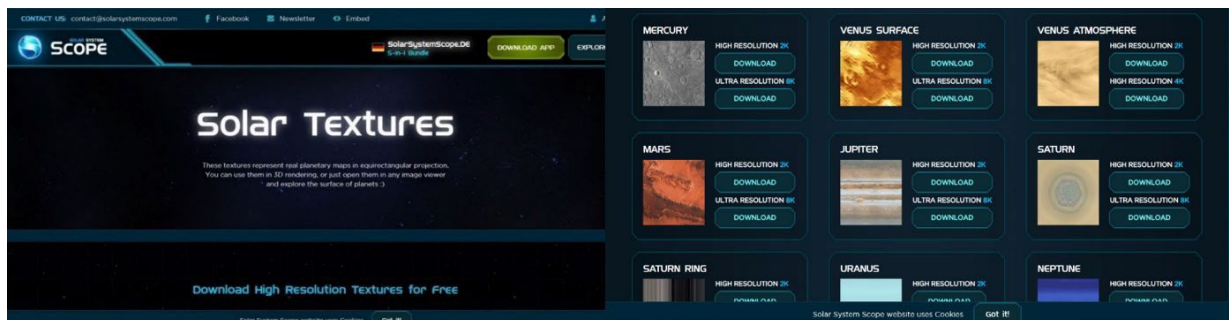
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.3 Confeção dos Globos - roteiro

4.3.1 Obtenção das Imagens das Superfícies

Para confecção dos globos, precisamos inicialmente de uma imagem completa de toda a superfície de um corpo celeste, em projeção cilíndrica equiretangular. Tomamos como ponto de partida um repositório mantido na página Solar Textures e podemos selecionar diferentes corpos celestes (Fig. 14).

Fig. 14. Repositório de imagens das superfícies



Fonte: Solar System Scope. Disponível em: <https://www.solarsystemscope.com/>. Acesso em 08 de abr. 2023

Utilizaremos como exemplo uma imagem de toda a superfície da Lua (Fig. 15).

Fig. 15. Imagem da superfície da Lua em projeção equiretangular

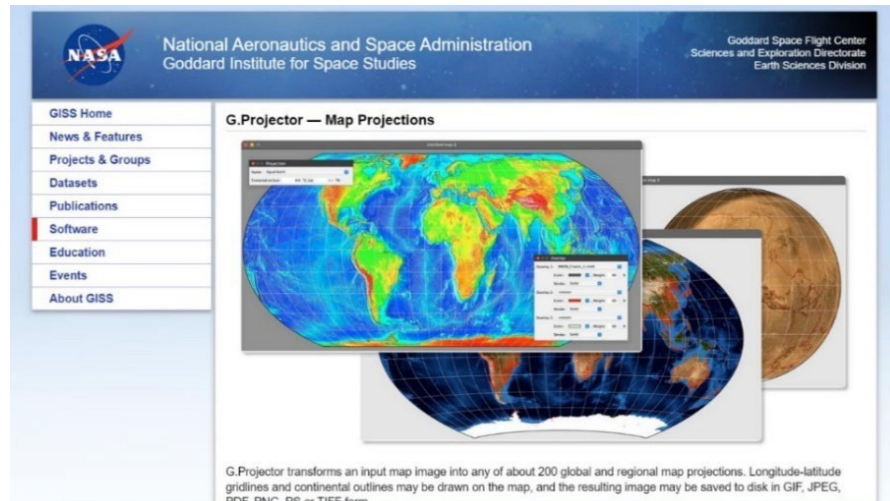


Fonte: Solar System Scope. Disponível em: <https://www.solarsystemscope.com/textures/>. Acesso em 08 de set. 2023

4.3.2 Obtenção da Projeção Senoidal Interrompida

Na página do Goddard Institute for Space Studies encontramos o software G. Projector – Map Projections. Abaixo, temos a homepage do Goddard Institute.

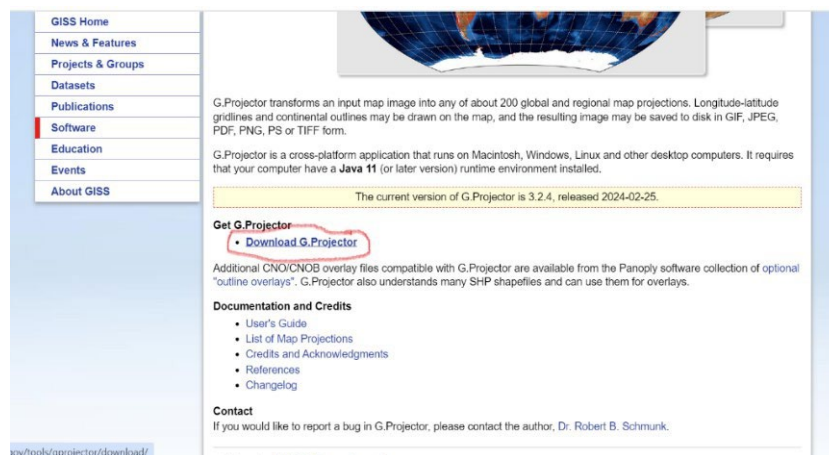
Fig. 16. Página do Goddard Institute for Space Studies.



Fonte: Goddard Institute for Space Studies. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector/>. Acesso em 08 de set. 2023.

Rolando o mouse para a parte mais inferior desta página encontramos o link para download do G – Projector, conforme vemos na imagem abaixo:

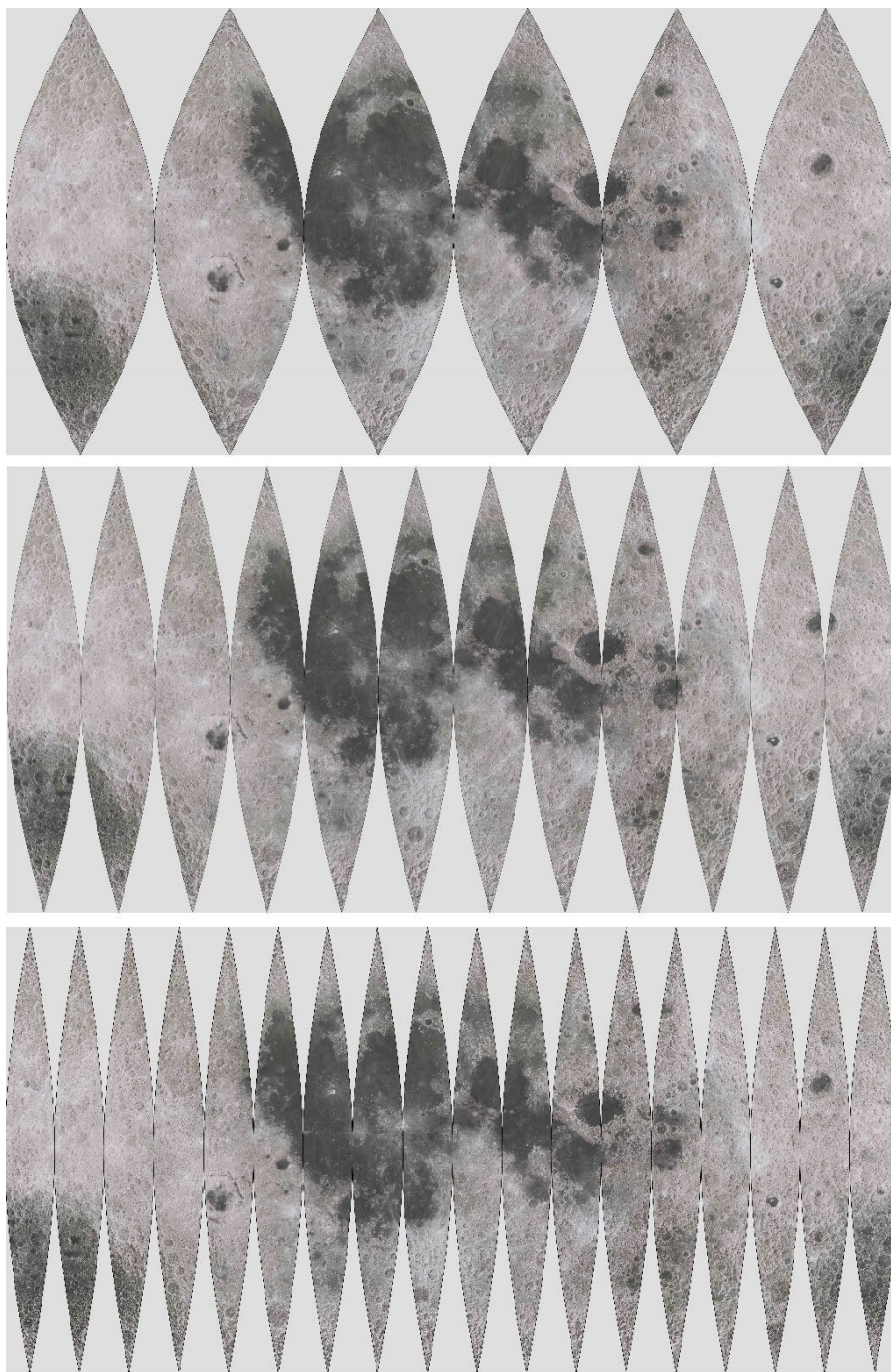
Fig. 17. Link para download do G – Projector.



Fonte: Goddard Institute for Space Studies. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector/>. Acesso em 08 de set. 2023.

O G-Projector permite transformar uma imagem de uma para outra projeção. Assim, podemos utilizar as imagens em projeção cilíndrica equirretangular para uma projeção senoidal interrompida. O G projector proporciona opções para a quantidade de fusos, por exemplo, 6, 12 e 18 fusos (Fig. 18).

Fig. 18. Mapas lunares em projeção senoidal interrompida com 6, 12 e 18 fusos.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

4.4 Plano de aula

Tema	Dimensões planetárias
Competências específicas	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Habilidades	(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
Objetivos	1. Analisar as dimensões da terra, de marte e da lua. 2. Realizar comparações dimensionais entre as réplicas e os astros reais.
Conteúdo	Escalas de grandezas planetárias.
Duração	100 minutos.
Recursos didáticos	Réplicas planetárias de isopor, calculadora e trena.
Metodologia	Posicionar os alunos com as réplicas em locais cujas distâncias se assemelhem proporcionalmente às reais.

5 IDENTIFICAÇÃO BÁSICA DE METEORITOS E INVESTIGAÇÃO DA FORMAÇÃO DE CRATERAS DE IMPACTO.

Neste capítulo, propomos atividades relacionadas com meteoritos. Como motivação, o professor pode utilizar qualquer episódio de queda de meteorito registrado no Brasil ou no mundo ou mesmo reportagens a respeito de eventos catastróficos como a extinção dos dinossauros, asteroides perigosos, etc.

Inicialmente, apresentaremos alguns conceitos básicos necessários para a compreensão das atividades propostas e em seguida apresentaremos um roteiro detalhado da atividade.

5.1 Tipos de meteoritos e suas origens

Acredita-se que a maioria dos objetos astronômicos, como galáxias, estrelas e planetas, é formada por processos de acumulação de matéria através da atração gravitacional. Embora vários detalhes não sejam bem conhecidos e outros controversos, a teoria mais aceita de formação do Sistema Solar é o chamado modelo do disco nebular solar (solar nebular disk model).

Em linhas bem gerais, o modelo propõe que o Sistema Solar se originou a partir de uma gigantesca nuvem girante de gás (hidrogênio, hélio, moléculas orgânicas, etc.) e pequenas partículas sólidas (poeira contendo ferro, carbono, silicatos, etc.) em torno do Sol, num longo e complexo processo envolvendo, por exemplo, resfriamento e pulsos de aquecimento da nuvem, atração elétrica entre partículas sólidas pequenas, atração gravitacional e colisões entre partículas maiores, etc.

O que se observa hoje no Sistema Solar é o que restou deste longo processo. Esses detritos remanescentes podem ser:

- Partículas inferiores a 1 μm , que são progressivamente expulsas para longe do Sol pela pressão exercida pela radiação e os ventos solares.
- Partículas com até milímetros de diâmetro, que são atraídas pelo Sol, quando interceptadas por planetas adentram sua atmosfera depositando-se sobre sua superfície como micrometeoritos sem se queimar. A Terra, por exemplo, é depósito de toneladas destas partículas, cuja chegada é imperceptível.
- Corpos cujas dimensões vão desde alguns centímetros até vários milhares de quilômetros, formando os meteoroides, asteroides ou

protoplanetas, assim chamados dependendo do seu tamanho. Se atraídos pela Terra e queimados completamente na atmosfera serão percebidos somente pelo seu brilho enquanto queimam em virtude do intenso atrito. Se forem maiores, darão origem a fragmentos sólidos que atingirão a superfície do planeta, os meteoritos propriamente ditos.

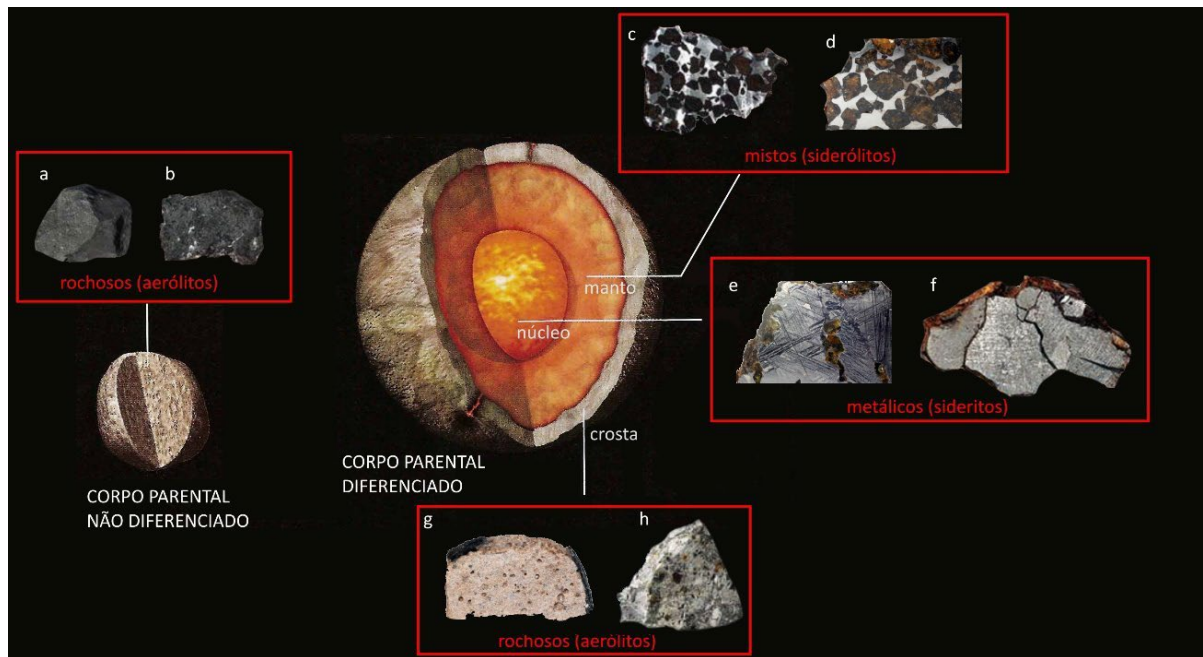
- Fragmentos originários de colisões de Planetas e seus satélites que, quando capturados pela gravidade de algum astro, podem vir a atravessar a atmosfera e colidir com a superfície do mesmo, dando origem a meteoritos.
- Por último podemos elencar fragmentos supostamente oriundos de cometas. Até o presente não se localizou meteoritos cuja origem remonte a estes corpos, embora os mesmos sejam acompanhados de chuvas de meteoros. Entretanto, um indício relevante quanto à hipótese de origem cometária são os meteoritos de tipo Condrito Carbonáceo, substância recorrente em cometas.

5.2 Classificação básica dos meteoritos

A classificação dos meteoritos considera a composição química básica e, também, sua origem. Os meteoritos são classificados, basicamente, em 3 classes, segundo a concentração de ferro e silicatos: rochosos, metálicos ou mistos.

A Fig. 19 mostra exemplos de meteoritos dessas 3 classes, as quais são provenientes de diferentes partes do corpo parental. Os meteoritos rochosos ou aerólitos se originam de corpos parentais não diferenciados ou da crosta de corpos parentais diferenciados. Os meteoritos mistos ou siderólitos se originam na interface entre o núcleo metálico e o manto inferior de corpos parentais diferenciados ou através de fusão durante um impacto e são constituídos por uma mistura de diversos corpos parentais.

Fig. 19.Exemplos de meteoritos de diferentes classes.



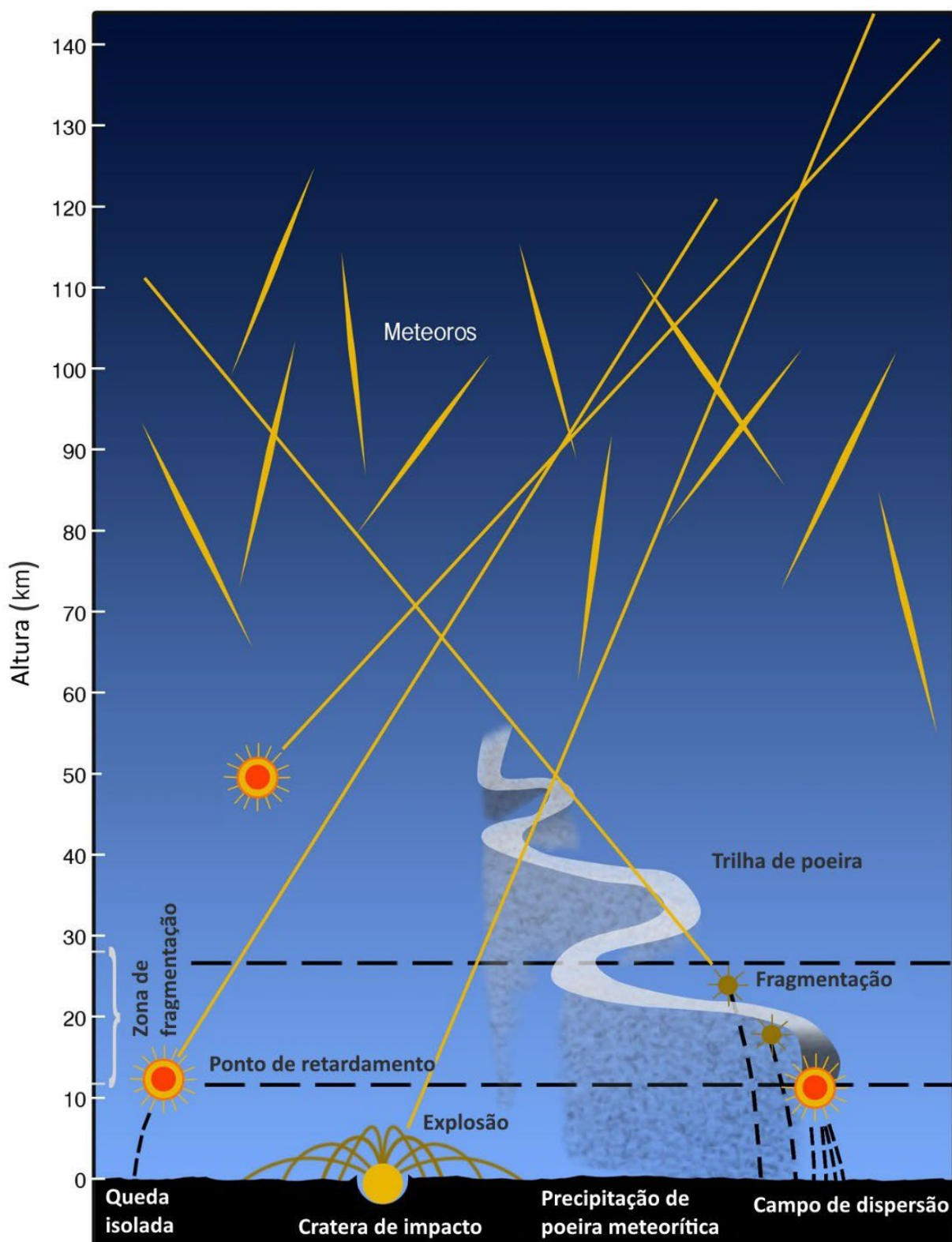
Fonte: Astronomy, August 2006.

Os meteoritos metálicos ou sideritos vêm do núcleo. A diferença na origem se reflete na composição e aparência. Os meteoritos rochosos se parecem com rochas comuns da Terra, como o granito ou basalto, por exemplo, sendo formados basicamente de silicatos. Os meteoritos mistos se apresentam como uma mistura de rocha e metal e são formados por ferro-níquel e silicatos em proporções mais ou menos iguais. Os meteoritos metálicos se assemelham a grandes blocos de metal e são formados basicamente de uma liga ferro-níquel.

5.3 Formação das crateras de impacto

Meteorito é um corpo celeste sólido (meteoróide ou asteroide) que penetra a atmosfera terrestre, com tamanho e resistência suficiente para sobreviver à queima como meteoro e atingir a superfície, havendo possibilidade de recuperá-lo. A chegada de um meteorito é anunciada pela passagem de um bólido (trilha luminosa bem maior que o objeto), acompanhado de efeitos sonoros (explosões) e visuais.

Fig. 20. Fenômenos associados a meteoritos.



Fonte: Lunar and Planetary Information Bulletin, 2013

A Fig. 20 ilustra fenômenos associados à queda de um meteorito, os quais dependem de diversos fatores como velocidade, ângulo de entrada, forma original do meteoróide, ponto de retardamento e, principalmente, do tamanho e velocidade do meteoróide. Meteoróides maiores, acima de 10 toneladas, digamos, não são totalmente freados pela atmosfera; os corpos acima de 100 toneladas mantêm 50% da velocidade cósmica provocando crateras.

Um meteoróide em órbita solar pode interceptar a Terra com velocidade cósmica entre 13 e 70 km/s, aproximadamente. Ao penetrar na atmosfera, começa a ser desacelerado pela mesma. A aproximadamente 150 km da superfície, onde a atmosfera se torna mais densa, o atrito com as partículas de ar produz um grande aquecimento, suficiente para fundir e vaporizar a superfície do meteoróide. O calor é tanto que, além de torná-lo incandescente, chega a ionizar o ar adjacente, tornando sua luminosidade muito maior do que o objeto em si. A maioria das partículas minúsculas queima a mais de 70 km acima da superfície, produzindo rastros de gás ionizado chamados meteoros (popularmente conhecidos como estrelas cadentes). Alguns objetos podem atingir uma altitude de 50 km antes de serem destruídos.

À medida com que se aproxima da superfície, a resistência do ar aumenta, formando ondas de choque à sua frente. Estas vão se tornando tão comprimidas que, num determinado momento, ocorrem uma ou mais explosões sônicas que chegam geralmente a fragmentá-lo e praticamente freá-lo por completo. Objetos maiores podem atingir altitudes de 10 a 30 km antes de se fragmentarem. Objetos que se fragmentam podem produzir diversas explosões e deixar um rastro de poeira no céu.

A partir deste ponto, chamado ponto de retardamento, o meteorito deixa de ser luminoso e passa a cair em queda livre, como um corpo escuro, atingindo o solo praticamente frio ou morno, com velocidade terminal.

Acima de certo tamanho, os meteoróides podem atingir a superfície, produzindo uma cratera de impacto

5.4 Identificação básica de meteoritos

5.4.1 Inspeção visual e medida de densidade - roteiro

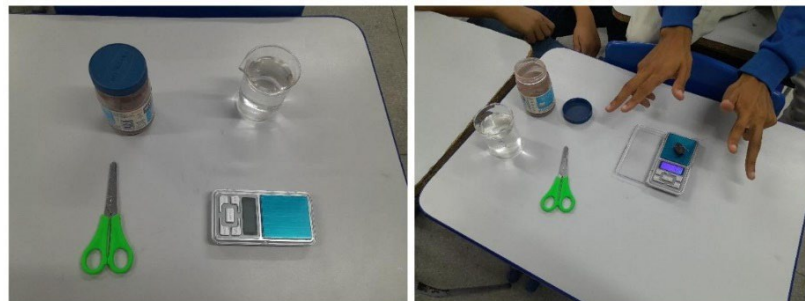
Sugerimos iniciar com uma apresentação de noções gerais sobre meteoritos, sua classificação e os fenômenos atmosféricos associados. Em seguida, o professor pode apresentar algumas pedras colhidas na região e propor uma pergunta: podem ser meteoritos?

A identificação de meteoritos é tarefa para especialistas, mas é possível realizar alguns passos básicos, como inspeção visual e medida de densidade, descritos a seguir.

A primeira análise a realizar é a visual. Comparar a aparência do meteorito com a aparência típica de meteoritos, como mostrado na Fig. 19. Os meteoritos metálicos e mistos têm aparência bem característica e podem ser facilmente distinguidos. Os meteoritos rochosos são parecidos com pedras comuns da Terra e não são fáceis de distinguir. A presença de uma crosta de fusão é outra característica fácil de identificar.

O passo seguinte é o teste de densidade das amostras. A princípio, começamos por determinar as massas das amostras individualmente. Feito isto, imergimos, uma por vez, as amostras em um recipiente com água. Este, por sua vez, encontra-se colocado sobre uma balança previamente zerada (Fig. 21). A imersão é realizada amarrando-se as pedras com uma linha bem fina e, após, mergulhando-as sem, no entanto, as deixar atingir o fundo do recipiente. Por fim registra-se os valores obtidos para as massas de líquido deslocado.

Fig. 21.(a) Materiais para o experimento, (b)aluno pesando uma das amostras.



Fonte: registrado pelo autor (2024)

Fig. 22.Determinação da massa de líquido deslocado



Fonte: registrado pelo autor (2024)

Após o cálculo da densidade, o professor pode comparar os valores obtidos com os valores característicos de meteoritos e reunindo os resultados da inspeção visual e da medida de densidade, discutir se é possível ou não que as pedras apresentadas sejam meteoritos.

5.4.2 Inspeção visual e medida de densidade – plano de aula

Tema	Análise de amostras
Competências específicas	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Habilidades	(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
Objetivos	1. Analisar amostras visualmente e checar compatibilidade. 2. Realizar testes de densidade baseados em conceitos hidrostáticos.
Conteúdo	Estudo de meteoritos.
Duração	100 minutos.
Recursos didáticos	Balança, barbantes, amostras minerais, água, béquer e calculadora.
Metodologia	Realizar em grupos as medições de massa e densidade das amostras.

5.5 Simulação da formação de crateras de impacto

5.5.1 Roteiro

Para despertar a curiosidade dos alunos, o professor pode apresentar crateras de impacto encontradas no Brasil ou no mundo e abrir uma discussão com os alunos, propondo questões como: quanta energia é necessária para formar essa cratera? Seria a energia de uma bomba? Quais alterações um impacto de um meteorito pode causar?

Aproveitando a empolgação da discussão, propomos uma investigação simples acerca da formação de crateras de impacto, realizando um experimento para simular esses impactos, relacionando o diâmetro da cratera com a energia cinética do meteorito.

O experimento consiste basicamente na análise das crateras formadas a partir do lançamento de bolas de gude. Sugere-se utilizar areia fina para que as crateras fossem o mais uniformes possível a fim de facilitar a análise. Realizam-se diversos lançamentos verticais de bolas de gude, sem velocidade inicial, sobre uma caixa de areia e anota-se as dimensões das crateras formadas (Fig. 22).

Fig. 23. Experimento sobre a formação de crateras de impacto



Fonte: registrado pelo autor (2024).

Encontra-se uma relação entre a altura de lançamento da bolinha com o diâmetro da cratera formada e, conseqüentemente, uma relação entre o diâmetro da cratera e a energia cinética que o corpo possuía pouco antes do impacto, admitida ser igual à energia potencial gravitacional. Obtém-se uma tabela de valores:

Altura (m)	Energia (J)	Diâmetro (m)
h1	e1	d1
h2	e2	d2
...	...	...

Para obtermos uma relação matemática direta entre as variáveis, uma opção é usar o app Vernier Graphical Analysis, disponível na página PlayStore da Google. Após os alunos se familiarizarem com o software, procede-se com a análise dos dados. O aluno pode ajustar uma lei de potência do tipo: $y = a x^b$, como mostrado na Fig. 23.

Fig. 24. Tela do celular de um aluno



Fonte: elaborado pelo autor.

Nesse caso, a curva de melhor ajuste representa uma lei de potência do tipo: $y = a x^b$, com $a = 0,1132$ e $b = 0,3705$. Portanto, $\text{diâmetro (m)} = 0,1132 E(\text{J})^{0,3705}$.

De posse dessa função empírica obtida no experimento, o professor pode prosseguir a discussão aplicando essa função à formação de crateras de diâmetros diversos, exprimindo a energia obtida em kilotons de TNT. A partir daí, é possível continuar a discussão e fazer diversas comparações com bombas atômicas, comentar sobre a

extinção dos dinossauros e outros assuntos, de maneira muito mais compreensível e significativa para os alunos.

5.5.2 Plano de aula

Tema	Estudo da Formação de Crateras de Meteoritos.
Competências específicas	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Habilidades	(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
Objetivos	1. Promover a compreensão da formação de crateras através de simulações. 2. Ajudar na compreensão do potencial de alterações que tais impactos têm sobre a dinâmica do planeta terra.
Conteúdo	Impactos de Meteoritos.
Duração	100 minutos.
Recursos didáticos	Caixa de areia, trena, bola de gude, régua ou paquímetro.
Metodologia	Lançamento de bolas de gude a diferentes alturas e, em seguida, efetuar as medições dos diâmetros das crateras e tomar notas. Após, lançar os dados no software Vernier Graphical Analysis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades propostas são simplificações de atividades bastante complexas. Porém, o objetivo aqui é despertar o interesse dos alunos e demonstrar os fundamentos do método científico, através de investigações e atividades manuais e de investigação. Considerando esse propósito, nossa experiência permite-nos afirmar que obtivemos sucesso.

Embora tenhamos elaborado roteiros e planos de aula específicos, isto não impede a livre iniciativa dos professores que eventualmente tomem contato com este material para o adaptar conforme as circunstâncias.

7 REFERÊNCIAS

CACHAPUZ, António, GIL-PÉREZ, Daniel, CARVALHO, Ana Maria Pessoa de, PRAIA, João, VILCHES, Amparo (Org.). **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização Científica**: uma revisão bibliográfica. *Revista Investigação em Ensino de Ciências*, Vol. 16, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002257551>. Acesso em: 14 out. 2023.

CARVALHO, Tassiana Fernanda Genzini de. RAMOS, João Eduardo Fernandes. **A BNCC e o Ensino da Astronomia**: o que muda na sala de aula e na formação dos professores. *Revista Currículo e Docência*, Vol. 2, n. 2, 2020. p. 83-101. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/CD/issue/view/3168>. Acesso em: 10 out. 2023.

CARDBOARD GEODESIC DOME. **Autodesk Instructables**. Disponível em: < <https://www.instructables.com/Cardboard-Geodesic-Dome/>>. Acesso em: 13 de ago. 2023.

HOME CALCULATOR. **Desert Domes**, 2023. Disponível em: < <https://www.desertdomes.com/domecalc.html>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

JUNG, Tobias. **Compare Map Projections**. 2023. Projection Selection. Disponível em: <https://map-projections.net/compare.php?p1=central-cylindric&p2=gall-isographic>. Acesso em 29 mar. 2023.

KRING, David. Chelyabinsk Air Bust. **Lunar and Planetary Information Bulletin**. Houston, n. 133, 2013. Disponível em: https://www.lpi.usra.edu/science/kring/LPIB_May2013_Pages1_5.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

KRING, David A. Unloking the solar system's past. **Astronomy**, Waukesha, Vol. 36, n. 8, p. 36, august, 2006. Disponível em:< <https://www.astronomy.com/issues/2006/august-2006/>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

LONGHINI, Marcos Daniel (Org.). **Ensino de Astronomia na Escola**. Campinas: Editora Átomo, 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária Ltda, 1999, p. 95-107.

NASA – GODDARD SPACE FLIGHT CENTER. **National Aeronautics and Space Administration – Goddard Institute for Space Studies**, 2023. G Projector – Map Projections. Disponível em: <https://www.giss.nasa.gov/tools/gprojector/>. Acesso em: 12 abr. 2023.

ORIGEM DOS DOMOS GEODÉSICOS. **Paradome Geodésicas**, 2023. Disponível em: < <https://paradome.com.br/2024/05/03/origem-dos-domos-geodesicos/>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

PACIFIC DOMES. **Pacific Domes**, 2023. Domes frequencies explained. Disponível em: < <https://pacificdomes.com/knowledge-base/geodesic-dome-frequencies-explained/>>. Acesso em: 14 de ago. 2023.

PLANETARIOS DO BRASIL. **Associação Brasileira de Planetários**, 2023. Disponível em: < <https://planetarios.org.br/planetarios-do-brasil/?estado=PE&tipo=&botao-Submit=Pesquisar> >. Acesso em: 12 de ago. 2023.

RUSSELL EVELEIGH. **Building a Cardboard Planetarium**. Youtube, 2023. Disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=d5_p5tFV0ol&t=81s>. Acesso em 26 de ago. 2023.

SOLAR TEXTURES. **Solar System Scope**, 2023. Disponível em: < <https://www.solarsystemscope.com/textures/>>. Acesso em: 08 de set. 2023.

STELLARIUM. **Stellarium**, 2023. Disponível em: < <https://stellarium.org/pt/>>. Acesso em: 24 de jul. 2023.

VERNIER SCIENCE EDUCATION. **Download Vernier Graphical Analysis**. 2023. Disponível em: <https://www.vernier.com/downloads/graphical-analysis/>. Acesso em 15 ago. 2023.