



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física

Construção de um modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua
(Material do professor)

Vinícius de Paula Silveira

Material instrucional associado à dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Rio de Janeiro
Janeiro de 2024

Sumário

1	Introdução	3
2	Lista de itens.....	5
2.1	Materiais.....	5
2.2	Lista de equipamentos e ferramentas recomendadas	9
3	Construção	11
3.1	Estrutura de MDF	11
3.3.1	Parte I: Terra.....	16
3.1.2	Parte II: Lua	22
3.1.3	Parte III: Base.....	28
3.1.4	Parte IV: Sol	31
3.1.5	União das partes.....	32
3.2	Componentes eletrônicos	35
3.3	Programação	37
4	Plano de aula	46
4.1	Preparação e Calibração.....	46
4.2	As fases da Lua	48
4.3	Os eclipses.....	49
4.4	Finalização.....	50
5	Slides	51
6	Questionários	53
7	Considerações Finais	56

1 Introdução

O objetivo deste material é orientar professores na construção de um modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua (Figura 1) que servirá de material didático principalmente para a explicação das fases da Lua e dos eclipses. Sua construção passa por muitos detalhes que envolvem o uso de uma máquina de corte a laser, programação com a placa Arduino, montagem de circuitos com muitas conexões e soldas além de todo o trabalho de fixação das peças. Apesar de haver todo um passo a passo detalhado para a fabricação do modelo, o público-alvo deste material é formado por professores com interesse neste tipo trabalho manual e com a disposição de executar todas essas etapas. Contudo os testes feitos garantem a possibilidade de fabricação de um material didático durável e de muita qualidade, podendo ser usado por professores de diversas áreas do conhecimento para a explicação de muitos fenômenos astronômicos.

A maior parte da estrutura a ser montada é feita de MDF. Os professores podem buscar espaços que disponibilizam de uma Router CNC para corte a laser nos FabLabs (muito encontrados atualmente em escolas e universidades) ou contratar o serviço de corte a partir dos arquivos disponíveis neste trabalho.

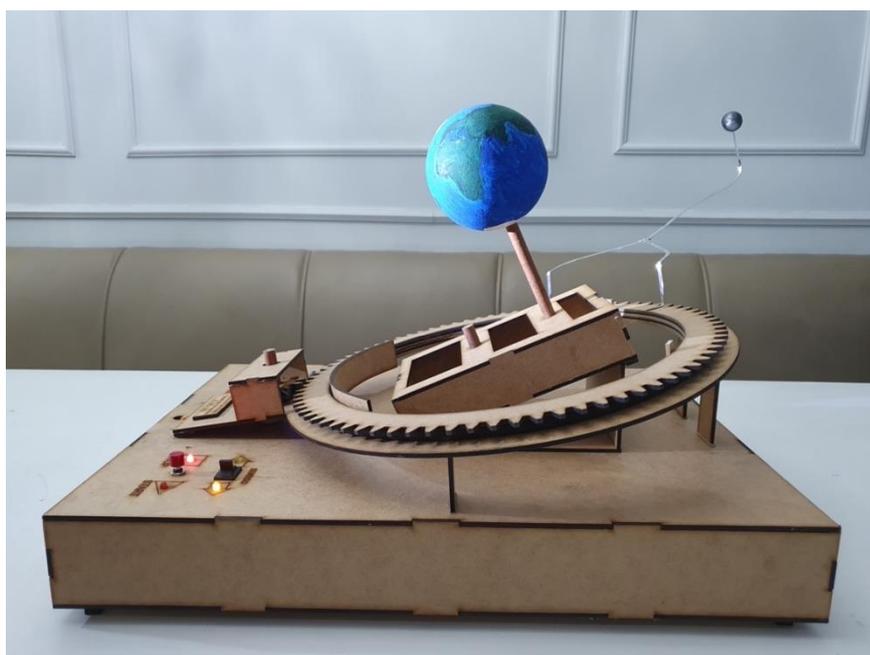


Figura 1: Foto do modelo robótico desenvolvido neste trabalho. Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo robótico apresentado neste trabalho possui dois globos de isopor que simulam o Planeta Terra e a Lua além de uma lanterna apoiada sobre um suporte para simular o Sol. Uma placa Arduino permite ao operador acionar o movimento de rotação da Terra e a revolução síncrona da Lua em 5 velocidades diferentes. O globo que simula a Terra possui um eixo de rotação inclinado com relação ao eixo longitudinal da Eclíptica e a órbita do globo que simula a Lua executa seu movimento num plano inclinado também com relação à eclíptica. Tudo isso permite a simulação de revoluções completas da Lua sem a ocorrência de eclipses para a explicação e exposição das fases da Lua bem como permite simular os eclipses do Sol e da Lua, bastando fazer as calibrações indicadas neste material

2 Lista de itens

Aqui se encontram listados os materiais, equipamentos e ferramentas utilizados na produção do modelo robótico.

2.1 Materiais

No Quadro 1 encontram-se listados os insumos sugeridos para a produção do modelo e seus respectivos valores encontrados na internet no dia 07/10/2023. O valor total calculado para essa lista foi de R\$ 425,73.

Quadro 1: Lista de insumos com imagens apenas ilustrativas e preços encontrados na internet para compra online em sites variados como o www.mercadolivre.com.br, shopping.google.com.br e www.baudaeletronica.com.br no dia 07/10/2023.

Ítem	Foto	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Chapa de MDF 60 cm x 40 cm com 3 mm de espessura.		6	7,95	47,70
Pontaleta de madeira com 30cm e 1cm de diâmetro		1	5,00	5,00
Esfera de isopor com 10cm de diâmetro		1	2,90	2,90
Esfera de isopor com 2,5 cm de diâmetro		1	0,20	0,20
Tinta Guache 12 cores		1	10,40	10,40

Arduino Mega		1	100,00	100,00
Led azul		4	0,99	3,96
Led verde		3	0,99	2,97
Led vermelho		1	0,99	0,99
Resistor 220 Ω		11	0,04	0,44
Led amarelo		2	0,99	1,98
Push button		1	3,10	3,10
Chave Alavanca ASW-07		3	8,99	26,97
Chave Gangorra KCD4-201N Vermelha (4 terminais)		1	6,25	6,25

Chave Gangorra KCD1-101 2 Terminais Preta		2	1,60	3,20
Motor de Passo + Drive ULN2003		2	17,00	34,00
Protoboard 400 pontos (opcional)		1	12,50	12,50
Barra de Pinos 40 vias 15 mm 180 graus		2	3,50	7,00
Chave Seletora de Captadores 5 Posições – Mxt (Utilizada em guitarras)		1	16,90	16,90
Cabo Flat 12 Vias Colorido 26 AWG de 1m		2	9,60	19,20
Fonte de 12 V		1	16,90	16,90
Fonte de 5 V		1	13,90	13,90

Abraçadeira de Nylon de 10 cm		10	0,15	1,50
Dobradiça de 2 cm (opcional)		2	0,55	1,10
Fecho para baú (opcional)		1	1,27	1,27
Parafusos de 5 mm (opcional)		10	0,15	1,50
Tubos de cola quente		2	2,50	5,00
Cola branca		1	12,00	12,00
Cola instantânea		1	7,90	7,90
Solda		1	14,00	14,00

Grafite em pó		1	5,00	5,00
1 m de Espaguete termo-retrátil de 1,5mm de diâmetro		1	5,00	5,00
Lixas para madeira grão 110		1	1,00	1,00
Lanterna tática		1	34,00	34,00

2.2 Lista de equipamentos e ferramentas recomendadas

No Quadro 2 estão listados equipamentos e ferramentas recomendados para a produção do modelo.

Quadro 2: Equipamentos e ferramentas recomendadas para a construção do modelo robótico. As imagens são apenas ilustrativas.

Equipamentos e ferramentas	Foto	Observações
Máquina Router Laser Cnc VS6040 corte e gravação completa 60x40cm 80W com Eixo rotativo VISUTEC		Esta foi a máquina utilizada para a produção deste trabalho. Qualquer máquina de corte e gravação a laser capaz de cortar MDF de 3mm de espessura pode ser usado. Apesar desta possuir um Eixo Rotativo ele não é utilizado neste trabalho.

Ferro de Solda		
Pistola de cola quente		
Chave Phillips		
Alicate universal		
Arco de Serra		
Pincel Escolar		

3 Construção

Neste capítulo serão dados todos os detalhes da montagem da estrutura de MDF e seus acessórios, dos componentes eletrônicos e da programação envolvida.

3.1 Estrutura de MDF

Para o corte das chapas de MDF recomenda-se a utilização de uma Máquina Router Laser CNC (Figura 2). O modelo utilizado nestas instruções é da marca Visutec com potência máxima de 80W e área de corte 60cm x 40cm.



Figura 2: Router CNC de corte a laser utilizada no projeto. Fonte: www.visutec.com.br

O *software* utilizado para os cortes foi o *Corel Draw Graphics Suite* Versão 24.2.1.1446 de setembro de 2022. É possível utilizar outras versões do Corel Draw, inclusive as gratuitas para teste por tempo limitado. Foi utilizado também o plugin Corel Laser fornecido pelo fabricante da máquina.

A máquina CNC pode operar na modalidade de **corte** ou de **gravação** e realizar uma leitura de imagem **vetorial** ou **raster**. Uma imagem vetorial é formada por linhas e curvas definidas por equações matemáticas, já a imagem raster é uma matriz que define a posição de cada pixel da figura. Contudo é possível definir três operações distintas:

- Corte: A máquina opera na função de corte e o laser percorre uma trajetória definida por uma imagem vetorial com potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.
- Marcação: A máquina opera na função de corte e o laser percorre uma trajetória definida por uma imagem vetorial sem potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.
- Gravação: A máquina opera na função de gravação e o laser percorre linha por linha definida por uma imagem raster sem potência suficiente para atravessar o material na velocidade em que estiver se movendo.

No processo de corte foi utilizada uma velocidade de 9 mm/s com uma potência de 45%. Já no processo de marcação foi utilizada a velocidade de 35 mm/s e uma potência de 12%. O processo de gravação não foi utilizado neste trabalho.

Os arquivos digitais contendo os desenhos para realizar o corte se encontram no link a seguir:

- Arquivos em CDR (para Corel Draw):
http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/cortes_modelo_robotico.cdr
- Arquivo em PDF:
http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/cortes_modelo_robotico.pdf

Para montar a estrutura em MDF comece cortando os desenhos com o uso da máquina de corte a laser. As linhas vermelhas indicam as cortes e as linhas pretas marcação conforme indicam as Figuras de 3 até 8.

As chapas possuem dimensões de 60 cm x 40 cm mas o arquivo CDR pode ser adaptado para áreas de corte diferentes.

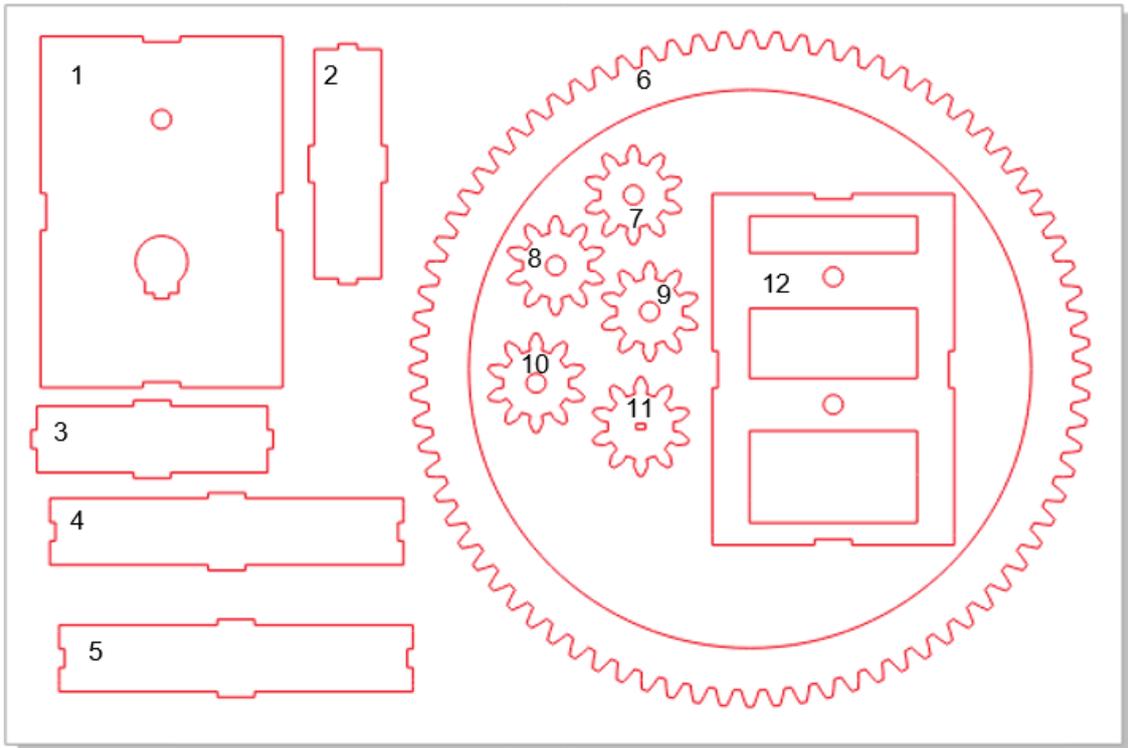


Figura 3: Chapa 1

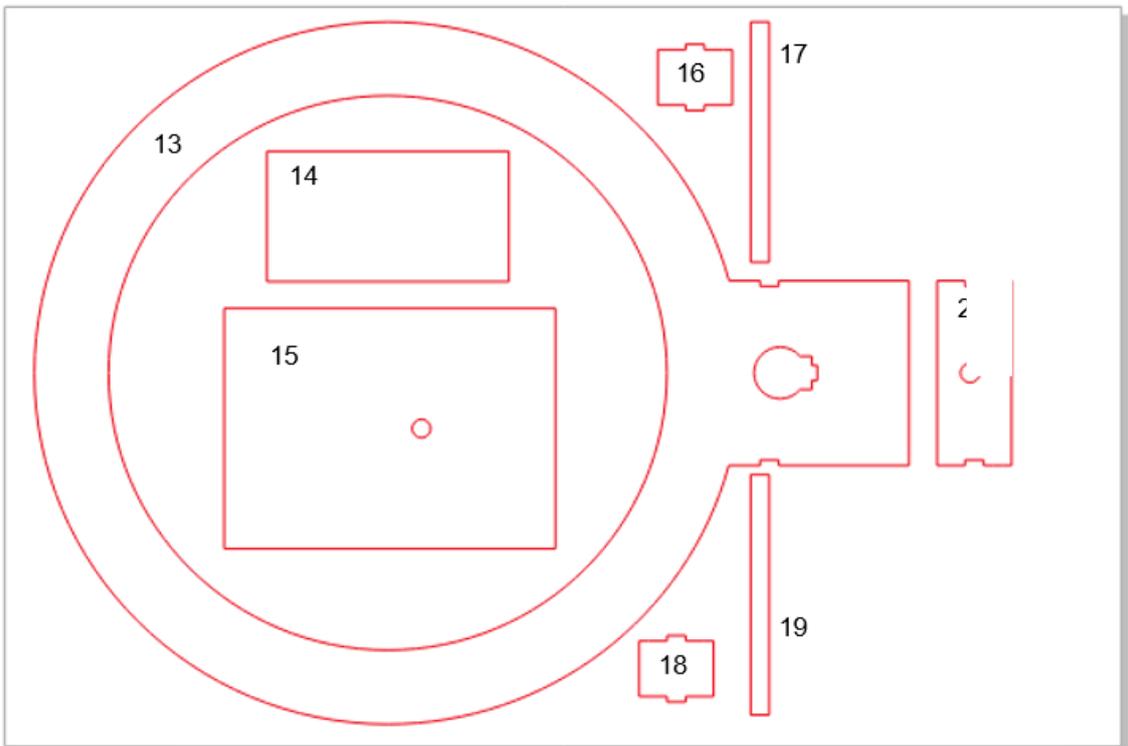


Figura 4: Chapa 2

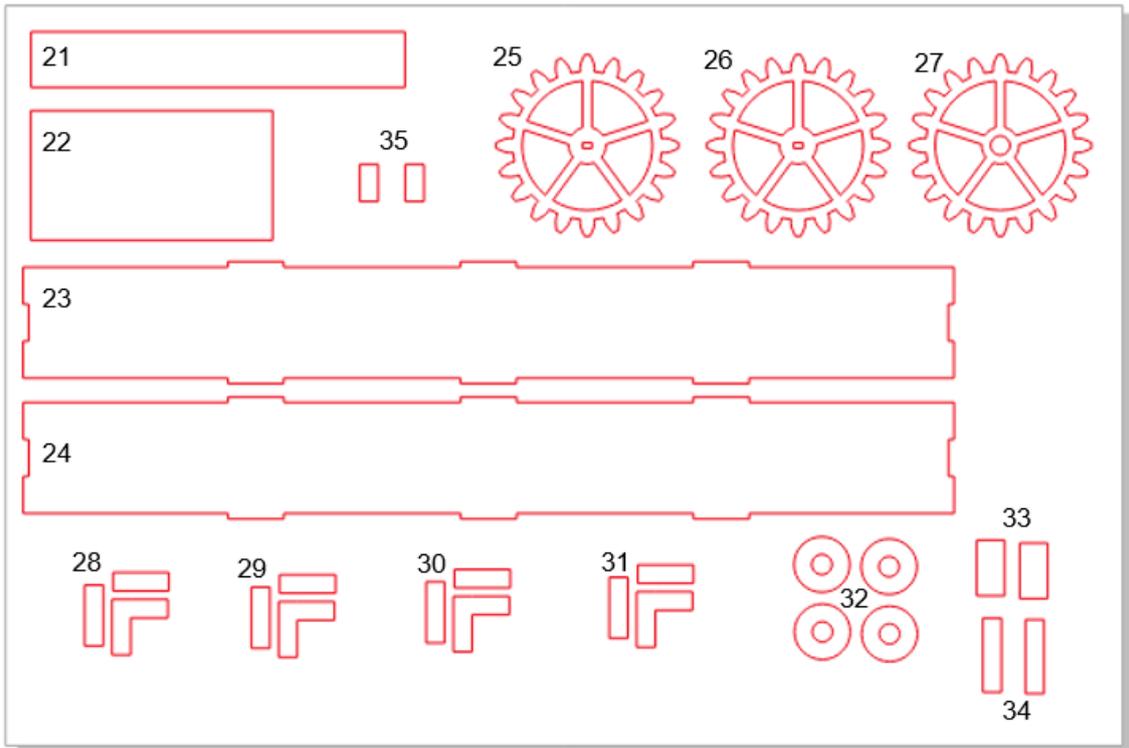


Figura 5: Chapa 3

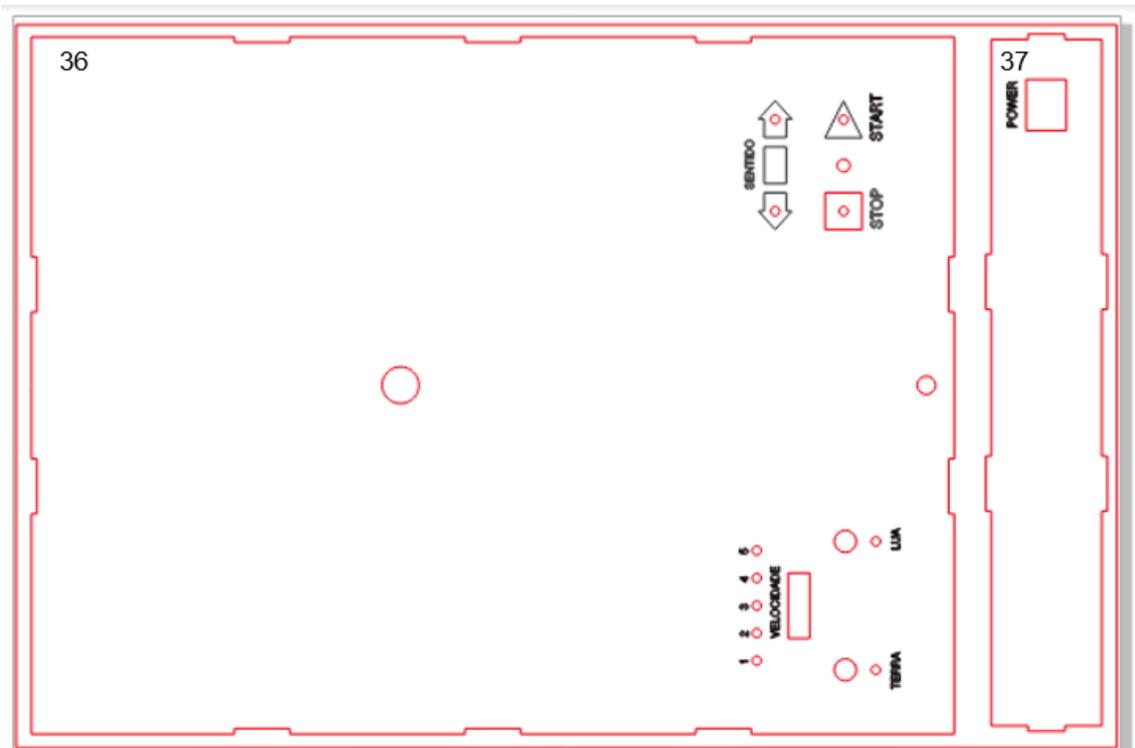


Figura 6: Chapa 4

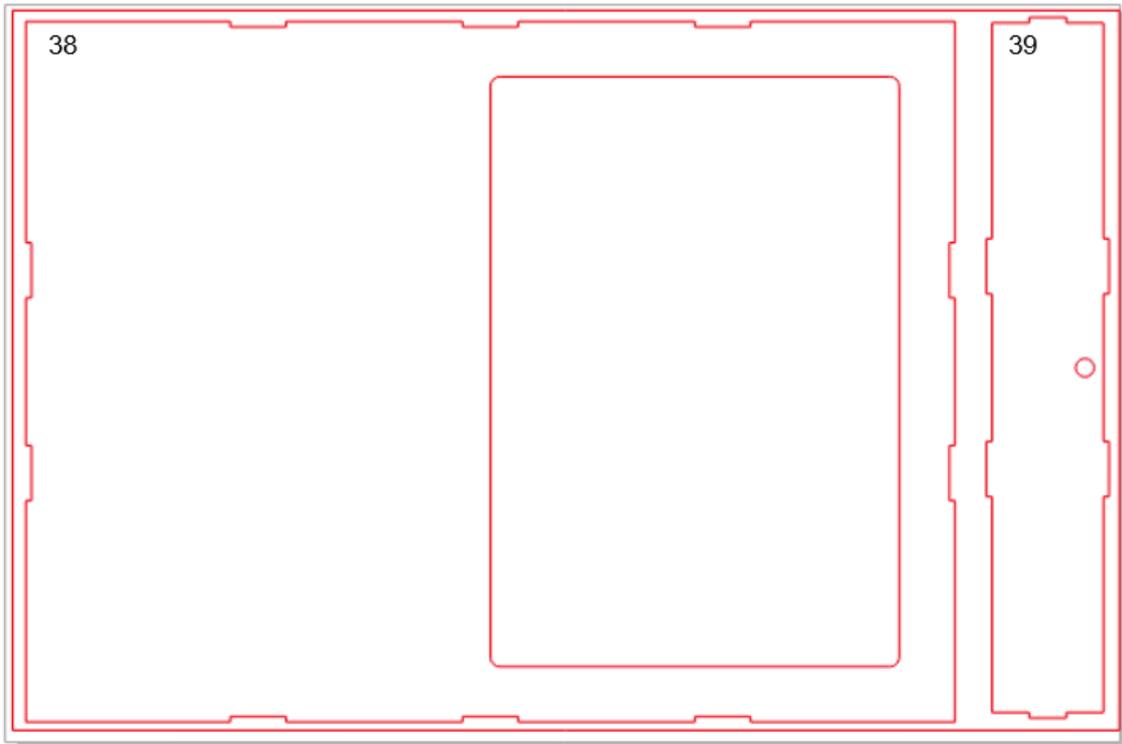


Figura 7: Chapa 5

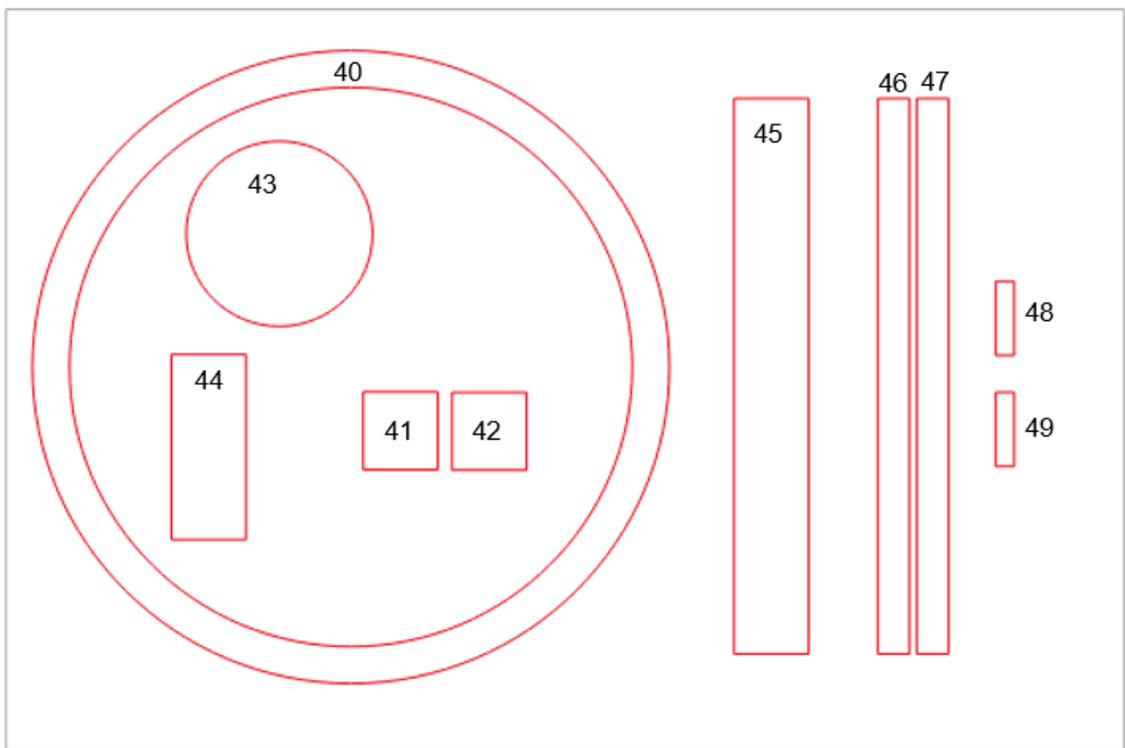


Figura 8: Chapa 6

Para unir as partes de MDF recomenda-se a utilização de cola branca escolar. Como ela possui longo tempo de secagem, pode-se adicionar pingos de cola instantânea aos cantos para garantir a fixação com apenas alguns segundos de pressão. Toda a montagem será dividida em 4 partes: Terra (I), Lua (II), Base (III) e Sol (IV)

3.3.1 Parte I: Terra

Este grupo de peças é responsável pelo movimento do modelo da Terra (Figura 9). Contém um motor de passo, duas engrenagens e toda a estrutura de sustentação necessária.

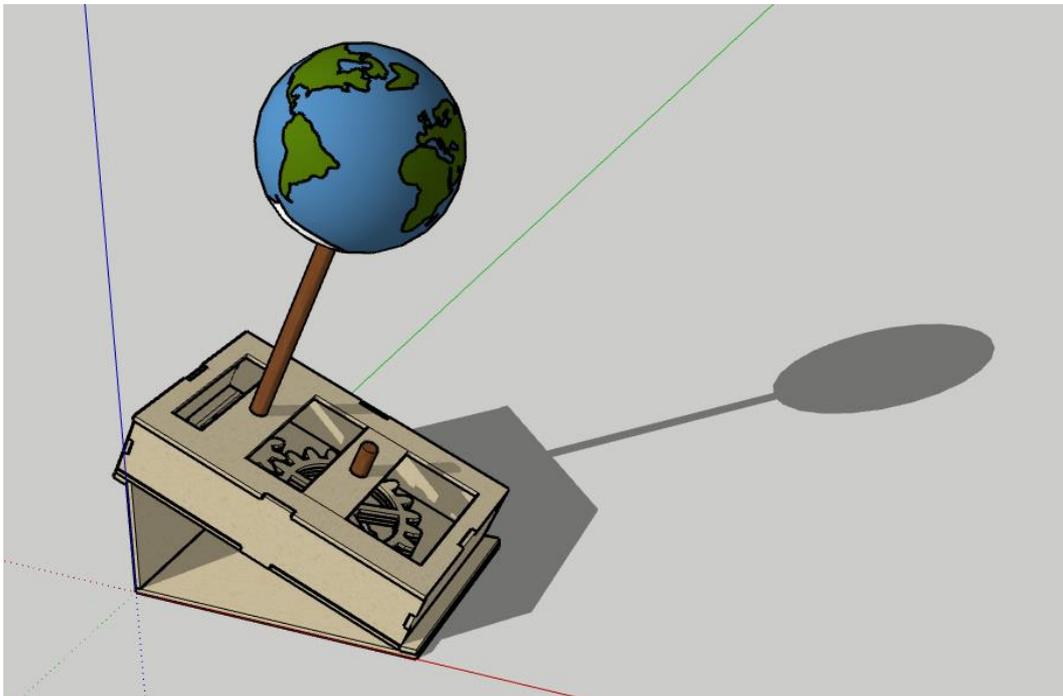


Figura 9: Estrutura de sustentação do modelo do planeta Terra.

Vamos começar construindo a caixa que contém as engrenagens. Inicie colando as peças 1, 2, 3, 4 e 5 conforme a Figura 10. Na parte inferior desta caixa cole a peça 17 de acordo com a Figura 11. Para construir as engrenagens e uni-las aos seus eixos, comece unindo as peças 7, 8 e 9 (Figura 12). Cole as peças 25, 26 e 27. Observe que a peça 27 deve ficar no topo da colagem e as peças 25 e 26 devem ter seus furos centrais alinhados conforme a figura 13.

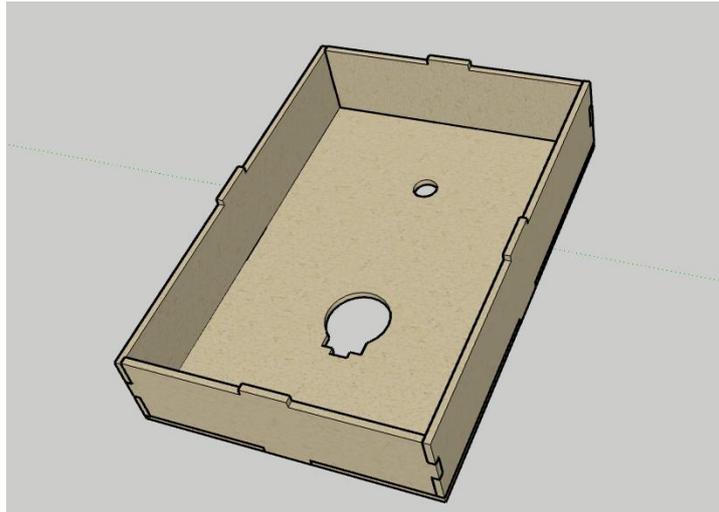


Figura 10: Peças 1, 2, 3, 4 e 5 após a colagem.

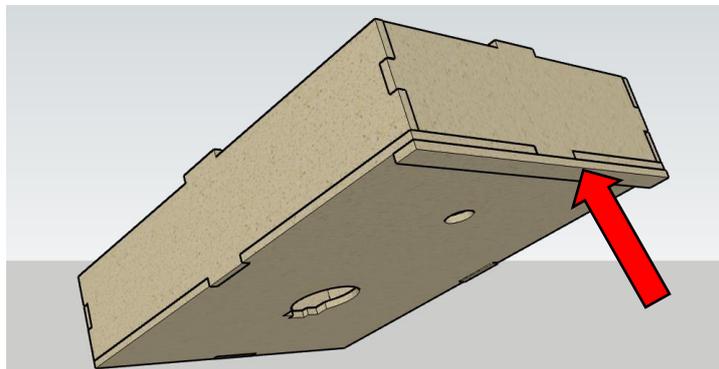


Figura 11: Detalhe sobre a colagem da peça 17 na base montada com as peças 1, 2, 3, 4 e 5.

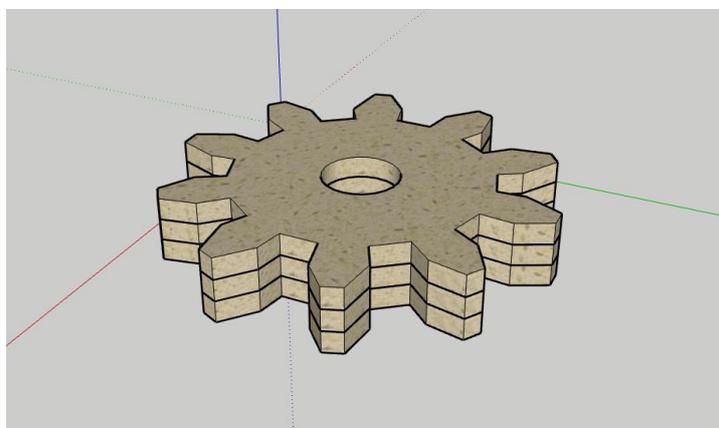


Figura 12: Colagem feita a partir das peças 7, 8 e 9

Com o auxílio de um arco de serra, corte a vara cilíndrica de madeira para obter um comprimento de 20 cm e outro com 3,5 cm. Cole as hastes no interior das engrenagens conforme Figura 14. A haste de 20 cm deve ser colada no interior da engrenagem pequena

sobrando 2cm para um dos lados. A haste com 3,5 cm de comprimento deve ser colada no interior da engrenagem maior. Tome cuidado para a cola não obstruir o orifício retangular no interior da engrenagem maior.

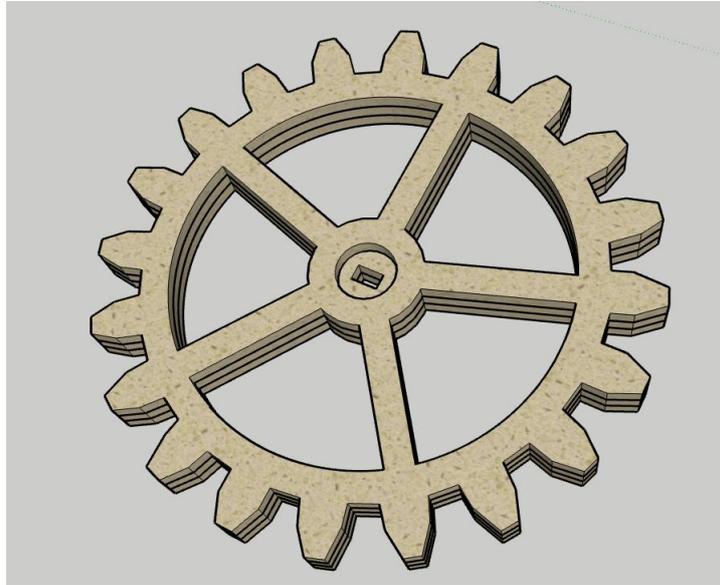


Figura 13: Colagem das peças 25, 26 e 27

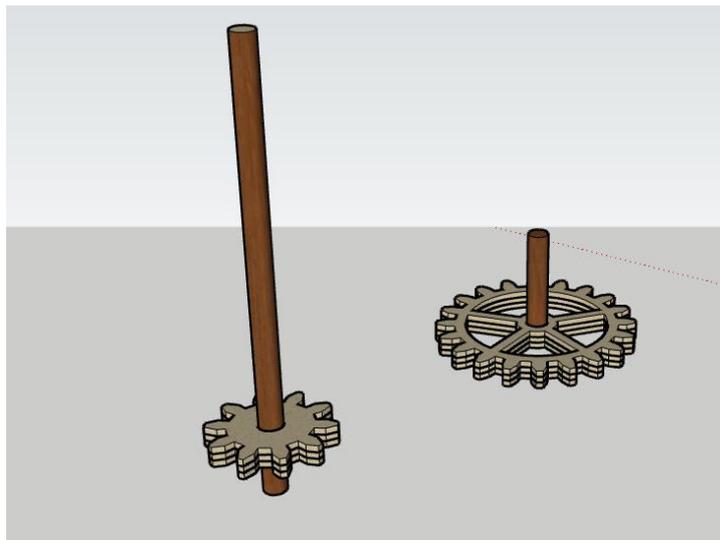


Figura 14: Engrenagem menor colada na haste maior e engrenagem maior colada na haste menor.

Cole duas coroas circulares indicadas pelo número 32 logo abaixo da engrenagem menor de maneira concêntrica (Figura 15).

Encaixe um dos motores de passo no local apropriado sobre a peça 1 com um pingo de cola quente em cada aba do motor para fixá-lo deixando os fios para o lado de fora dela (Figura 16).

Com cola quente, cole uma das coroas circulares indicadas com o número 32 de maneira concêntrica com o eixo do motor (Figura 17).

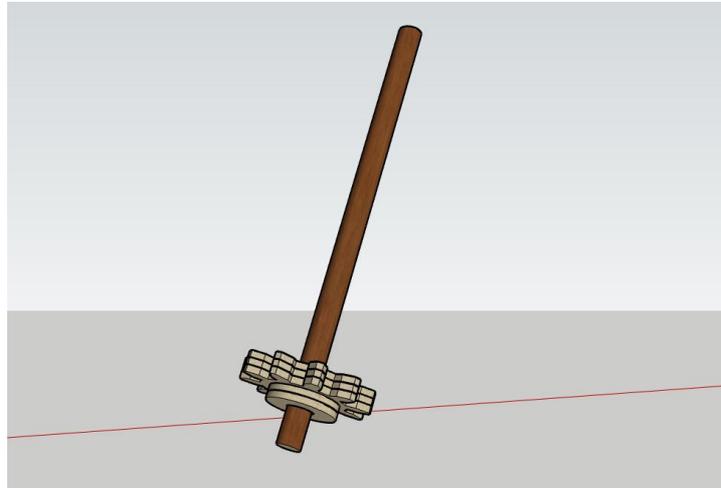


Figura 15: Coroas circulares coladas sobre a engrenagem menor.

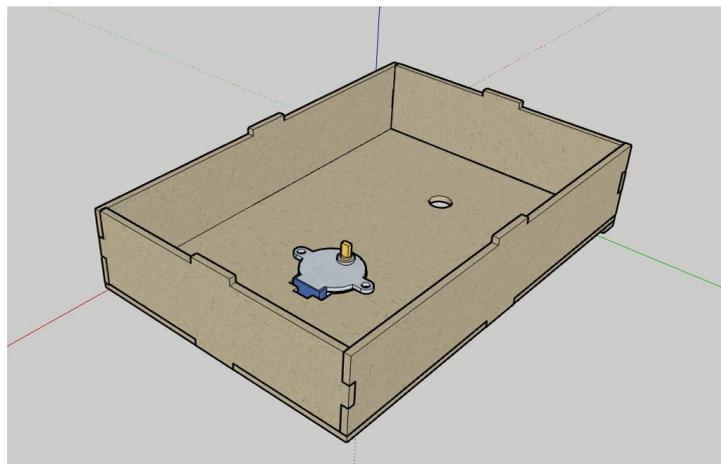


Figura 16: Motor de passo colado na base da caixa.

Encaixe (sem colar) a engrenagem maior sobre o eixo do motor e a engrenagem menor no furo da caixa (Figura 18). Adicione pó de grafite em todas as superfícies que deslizam entre si, tanto nas engrenagens como na caixa. Caso a haste fique muito justa no orifício, desbaste a haste com o uso de uma lixa para madeira grão 120.

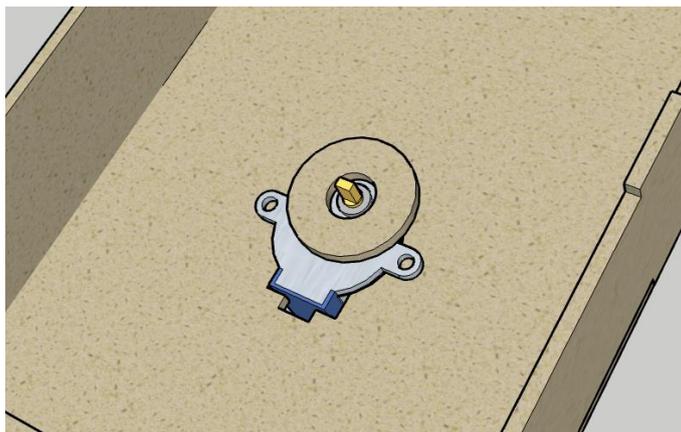


Figura 17: Coroa circular colada de maneira concêntrica ao eixo do motor.

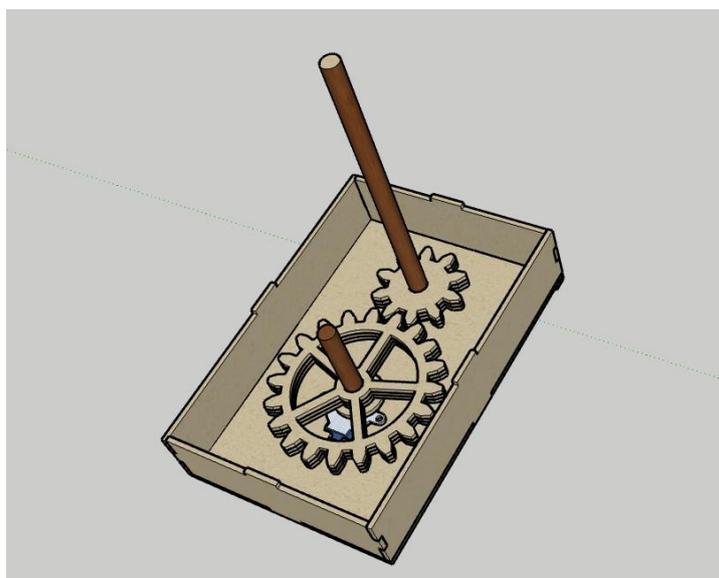


Figura 18: Engrenagens coladas em suas hastes e encaixadas corretamente sobre o motor e o furo da caixa.

Encaixe a peça 12 como uma tampa sobre a base da caixa sem a necessidade de aplicar cola (Figura 19). Para montar uma base que incline a caixa da maneira apropriada, cole as peças 14 e 15 formando um ângulo reto e cole a peça 19 sobre a peça 15 de acordo com a Figura 20. Por fim, cole a caixa contendo as engrenagens sobre esta base de acordo com a Figura 21. Os fios do motor (não mostrados na figura) devem passar pelo furo circular logo abaixo do próprio motor. Usando tinta colorida, pinte uma esfera de isopor com 10 cm de diâmetro de maneira semelhante ao globo terrestre. Encaixe-a sobre a haste de madeira maior, introduzindo até que o centro da esfera fique sobre a mesma vertical imaginária que corta o furo circular da base.

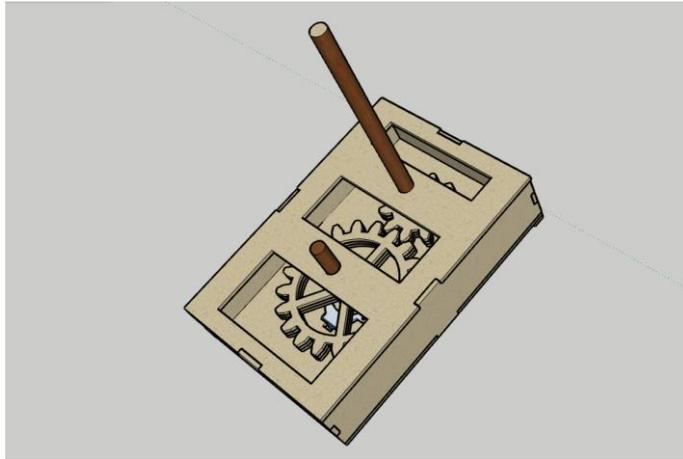


Figura 19: Representação da caixa contendo as engrenagens após o encaixe da tampa.

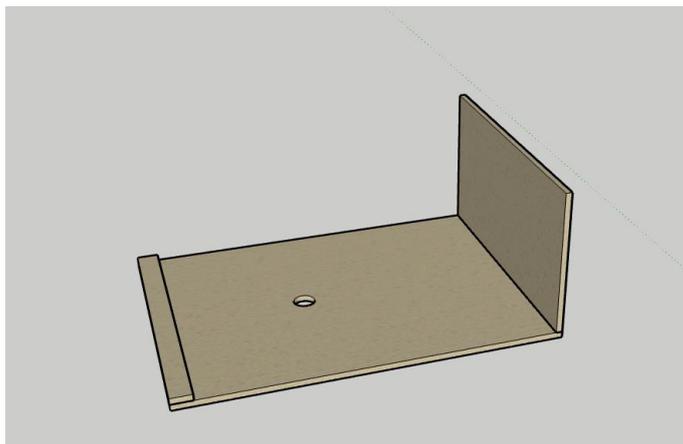


Figura 20: Base que manterá a caixa de engrenagens inclinada.

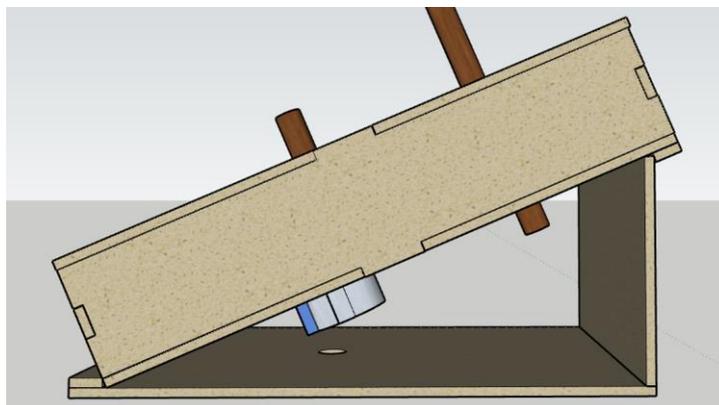


Figura 21: Representação da caixa de engrenagens apoiada sobre a base de inclinação.

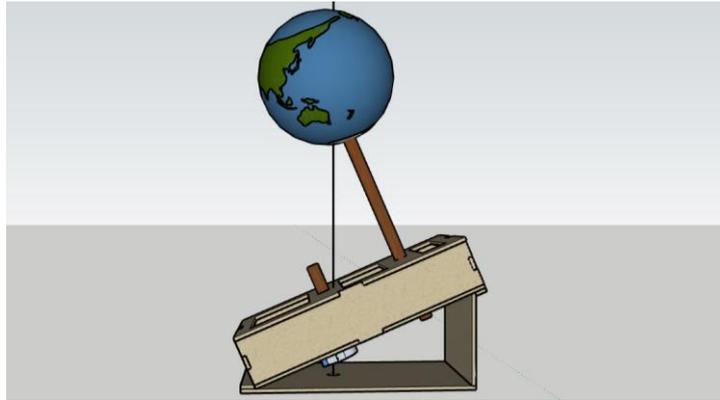


Figura 22: Estrutura completa de sustentação do modelo da Terra.

3.1.2 Parte II: Lua

Esta estrutura é responsável pela revolução do modelo da Lua. (Figura 23)

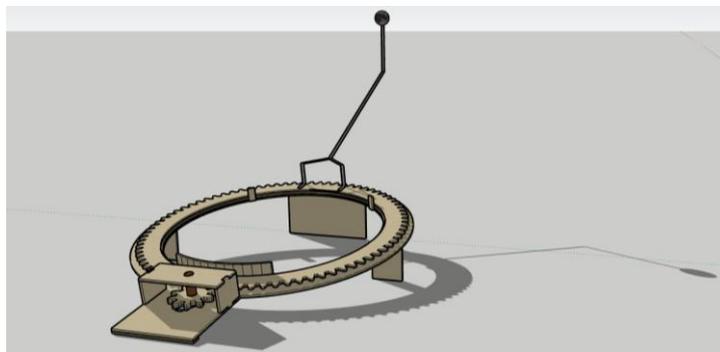


Figura 23: Estrutura responsável pela revolução do modelo da Lua.

Vamos começar construindo uma engrenagem ao colar as peças 10 e 11 conforme a Figura 24.

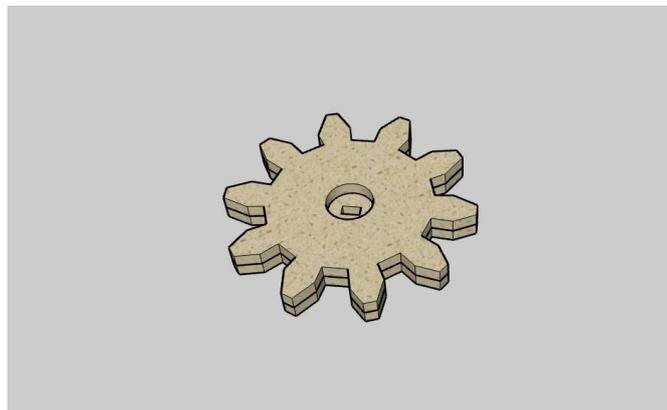


Figura 24: Colagem das peças 10 e 11

Cole a haste de 3,5 cm sobre o orifício da engrenagem (Figura 25). Tome cuidado para a cola não obstruir o orifício retangular central da engrenagem.



Figura 25: Engrenagem colada à uma haste de madeira com 3,5cm de comprimento

Encaixe o outro motor de passo no local apropriado da peça 13 e cole suas abas com cola quente. Cole uma coroa circular do grupo de peças 32 de maneira concêntrica ao eixo do motor também com cola quente conforme a Figura 26.

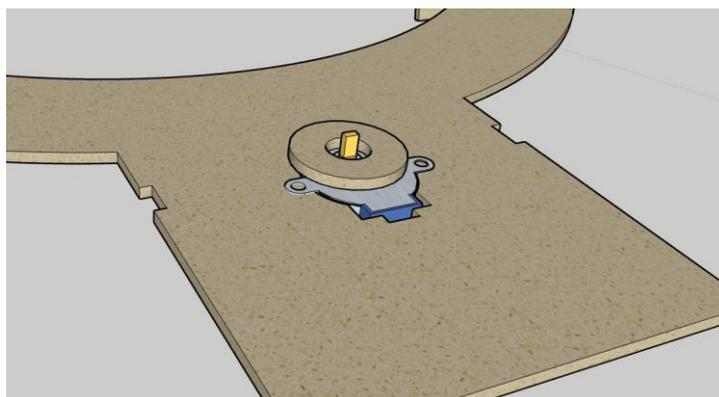


Figura 26: Motor de passo colado sobre a peça 13 e uma coroa circular colada de maneira concêntrica ao seu eixo.

Encaixe engrenagem e sua haste sobre o eixo do motor e cole as peças 16, 18 e 20 sobre a peça 13 de acordo com a Figura 27.

Cole a coroa circular indicada pelo número 40 sobre a base 13 de maneira que as suas circunferências internas fiquem rentes uma à outra conforme Figura 28.

Cole as peças 48 e 49 embaixo da base 13 de acordo com a Figura 29.

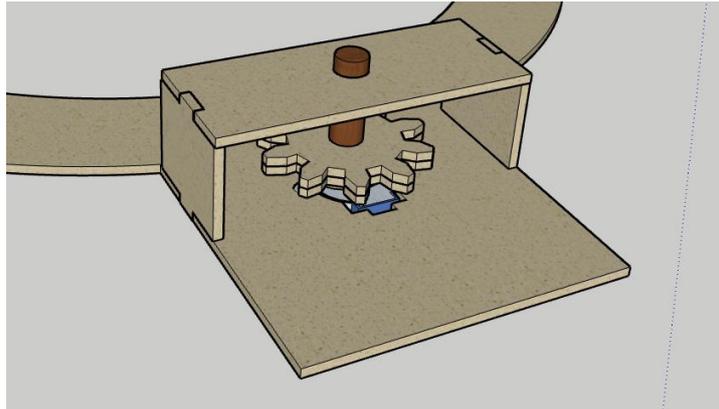


Figura 27: Engrenagem encaixada no eixo do motor sobre a estrutura formada pelas peças 16, 18 e 20 coladas.

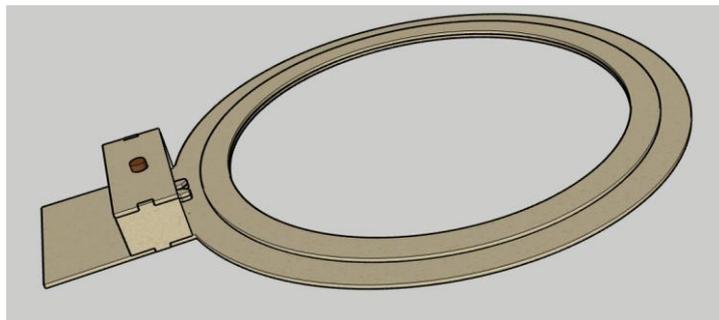


Figura 28: Coroa circular de número 40 colada sobre a base de número 13.

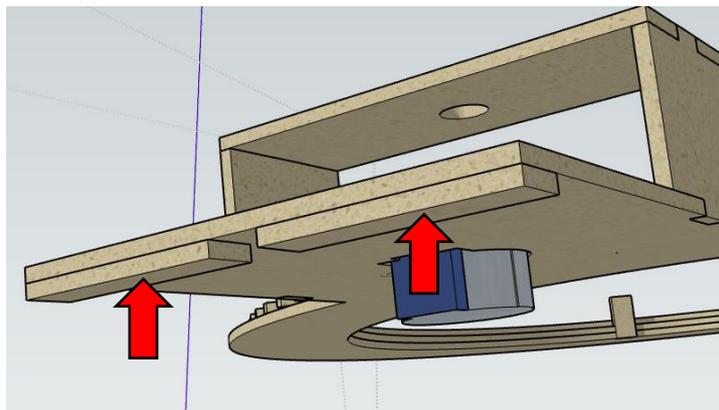


Figura 29: Peças 48 e 49 coladas sobre a peça 13.

A peça 21 deve ser colada no interior das coroas circulares das peças 13 e 40, mas é necessário forçá-la para que se curve. É recomendável colar apenas com cola instantânea e fazer pressão forçada por 1 minuto. Para facilitar a colagem, tente forçar a peça previamente para que ela vá assumindo a forma curva próxima da pretendida.

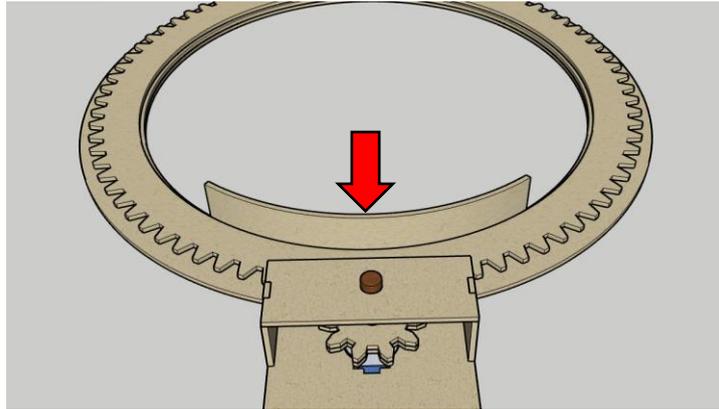


Figura 30: Peça 21 colada encurvada no interior das peças 13 e 40.

Cole as duas peças indicadas pelo número 35 sobre a circunferência interna das peças 13 e 40 alinhadas com as extremidades da peça 21.

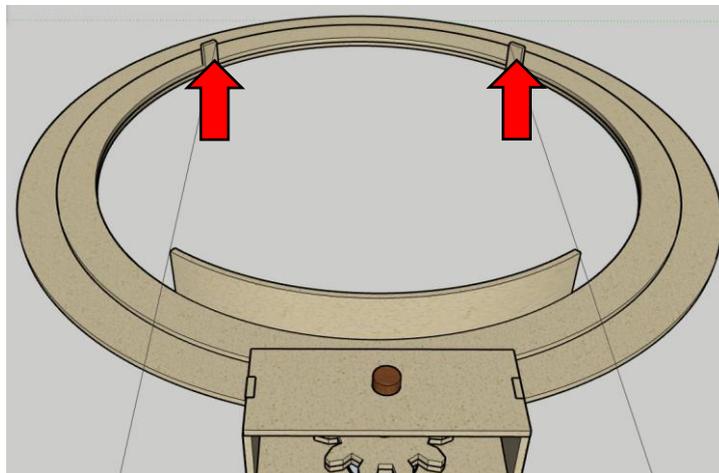


Figura 31: Peças de número 35 coladas no interior das peças 13 e 40 alinhadas com as extremidades da peça 21.

Posicione a grande engrenagem de número 6 sobre a peça 40 de maneira que haja um encaixe com a engrenagem menor conforme a Figura 32.

Para montar a estrutura que sustenta a Lua utilize um pedaço de arame com 50 cm de comprimento e outro com 16 cm. Marque o arame de 50cm com uma caneta nas posições: 2 cm, 6 cm, 15 cm e 41 cm de acordo com a Figura 33.

Na posição 2 cm dobre 90° para cima e na posição 6cm dobre 90° para baixo de acordo com a Figura 34.

Na posição 15cm dobre aproximadamente 45° lateralmente (Figura 35).



Figura 32: Engrenagem maior apoiada sobre a peça 40 e encaixada na engrenagem menor.

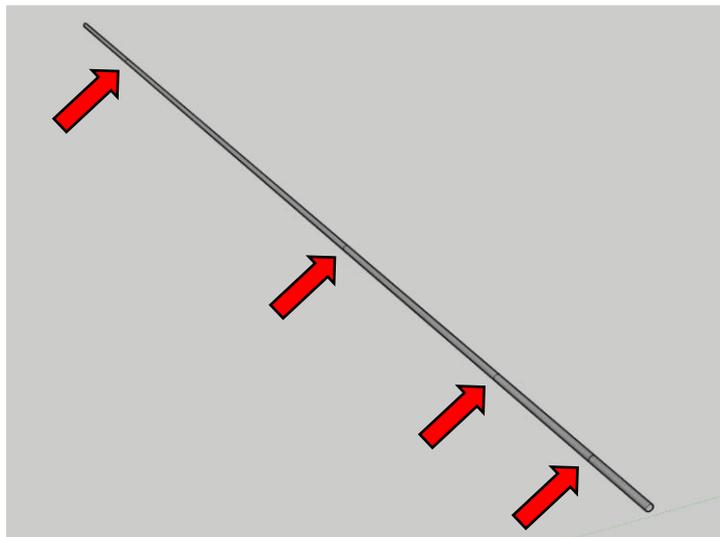


Figura 33: Arame de 50cm demarcado nas posições 2cm, 6cm, 15cm e 41cm.

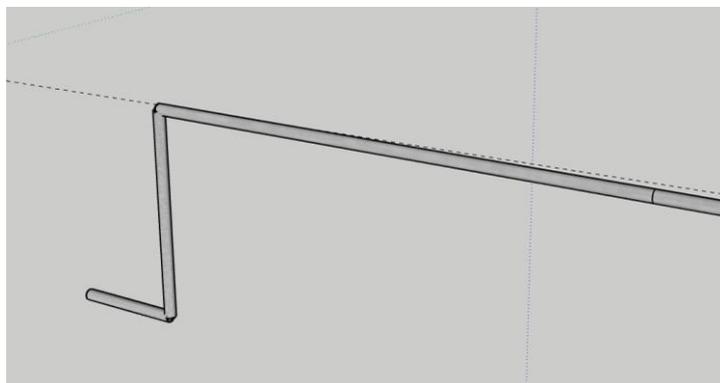


Figura 34: Dobras retas feitas sobre as marcações nas posições 2cm e 6cm.

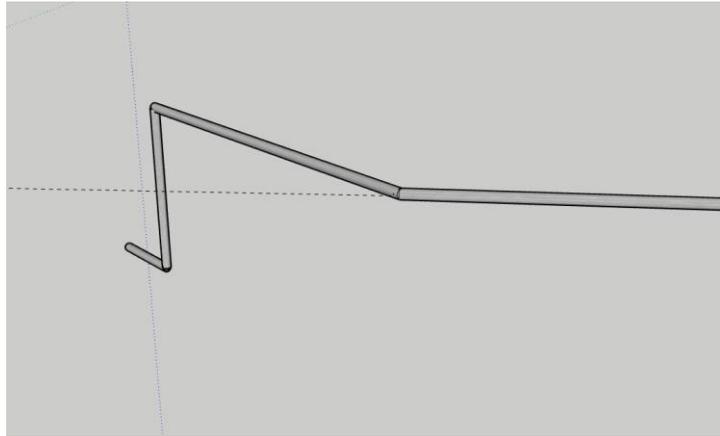


Figura 35: Dobra lateral de 45° na marcação de 15cm.

Finalmente na posição 41cm dobre 90° para cima (Figura 36)



Figura 36: Arame de 50cm finalizado.

Com o arame de 16cm faça uma “perna” semelhante à do arame de 50 cm e conecte conforme a Figura 37.

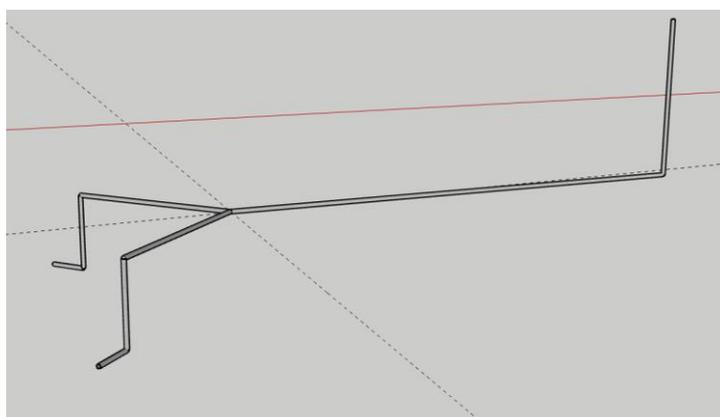


Figura 37: Arame de 50cm conectado ao arame de 16cm.

Utilize 1cm do arame menor para dar uma volta prendendo-o ao arame maior. Coloque uma gota de cola instantânea para fixar melhor. Esta estrutura de arame deve ser colada à peça de número 6 com cola instantânea. Introduza a extremidade vertical em uma esfera de isopor com 2,5cm de diâmetro e a pinte de cinza (Figura 38).

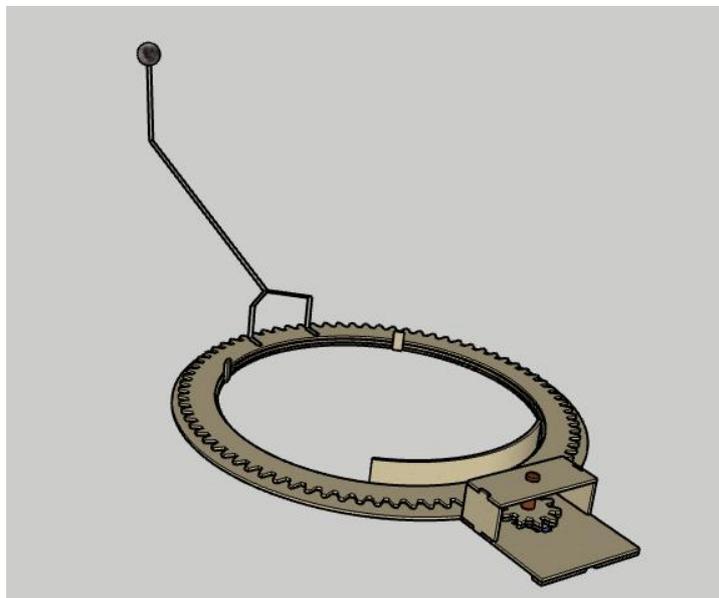


Figura 38: Estrutura de sustentação do modelo da Lua finalizado.

Neste momento a estrutura que sustenta o modelo da Lua está finalizado. A inclinação exata do suporte de arame será calibrada posteriormente.

3.1.3 Parte III: Base.

Esta é a parte onde a maioria dos componentes eletrônicos são fixados e que serve de base para a estrutura que move os modelos da Terra e da Lua (Figura 39). Para construir a base, basta colar as peças 23, 24, 36, 37, 38 e 39 conforme a Figuras 40 e 41. Para a construção dos quatro pés da caixa utilize os conjuntos de peças 28, 29, 30 e 31 conforme a Figura 42. A grande abertura na parte inferior da base, especificamente na peça 38, pode ser mantida aberta já que ela não ficará visível e todos os componentes eletrônicos internos serão fixadas ao MDF. Caso se faça opção de fechar esta abertura, é possível adaptar a tampa para abrir e fechar adicionando dobradiças, um fecho de baú e as peças 33 e 34, conforme indica a Figura 43. A Figura 44 apresenta a base de MDF ao final de sua montagem.

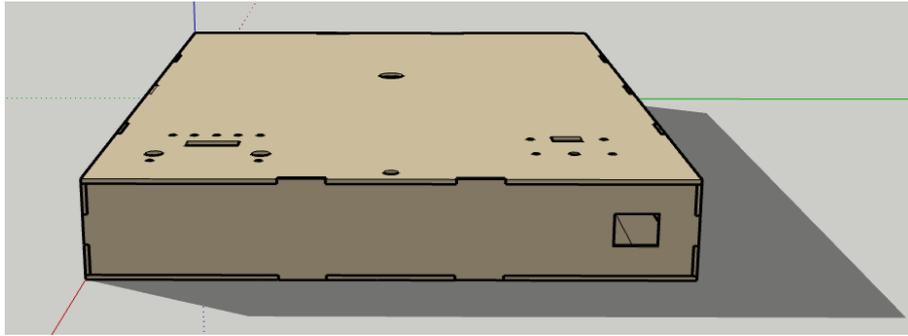


Figura 39: Estrutura da base onde é fixada a maioria dos componentes eletrônicos.

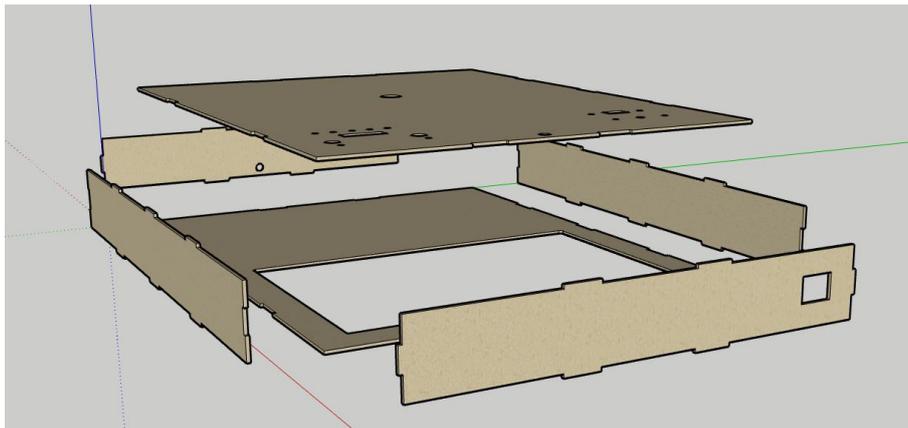


Figura 40: Peças 23, 24, 36, 37, 38 e 39 antes de serem encaixadas e coladas

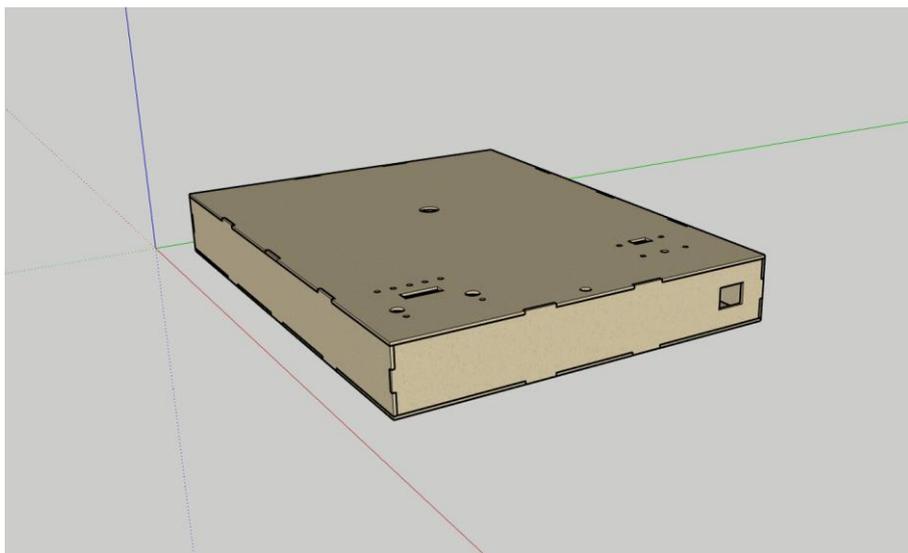


Figura 41: Estrutura da base após a colagem das peças 23, 24, 36, 37, 38 e 39.

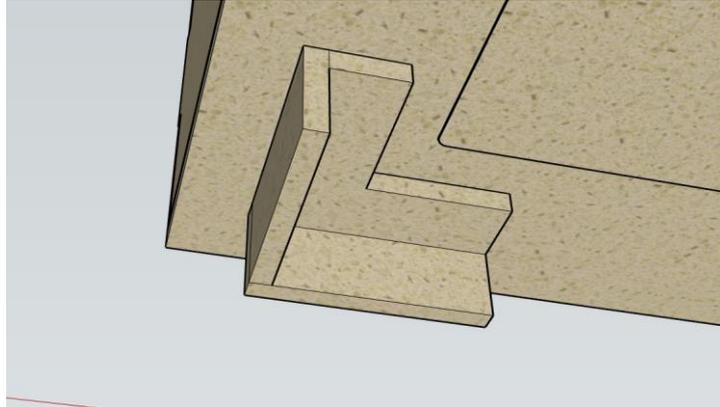


Figura 42: *Maneira como devem ser coladas as peças 28, 29, 30 e 31 para compor os 4 pés da base.*



Figura 43: *Visão das dobradiças e fecho opcionais caso se queira adicionar uma tampa para a parte inferior da base.*

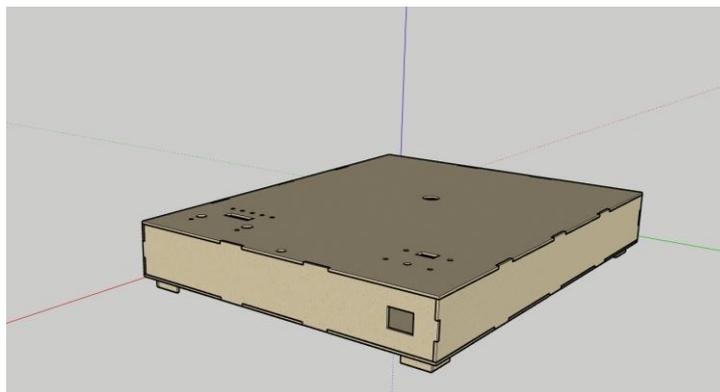


Figura 44: *Base de MDF ao final da sua montagem.*

3.1.4 Parte IV: Sol

Cole as peças 43, 44, 45, 46 e 47 para formar a plataforma de sustentação da lanterna que representa o Sol conforme Figuras 45 e 46.

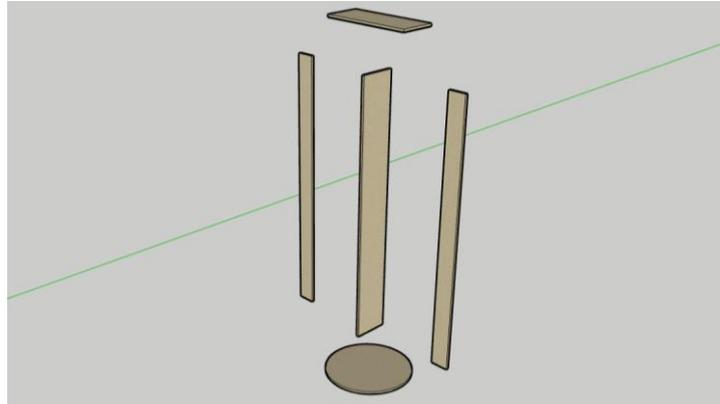


Figura 45: Peças 43, 44, 45, 46 e 47 antes de serem coladas para montar o suporte da lanterna.



Figura 46: Peças 43, 44, 45, 46 e 47 após serem coladas para montar o suporte da lanterna.

Para que sejam bem executadas as simulações dos eclipses é importante que a lanterna seja do tipo “tática”, ou seja, que consiga gerar um feixe de raios colimados. Não é possível utilizar apenas uma lâmpada elétrica residencial ou a lanterna de um celular pois não produzem feixes colimados e por isso não geram sombras bem definidas. Contudo é possível adaptar uma lâmpada residencial de LED de 5W e um tubo de papel de cor preta colado com fita conforme indica a Figura 47.



Figura 47: Sugestão de adaptação de lâmpada residencial de LED de 5W com tubo de papel preto colado com fita.

3.1.5. União das partes

Para unir as partes II (Lua) e III (Base) utilize a peça 22 logo abaixo da peça 13 conforme as Figuras 48 e 49. Cole as peças 48 e 49 que estão fixadas na peça 13 sobre a base de MDF próximo ao furo circular tendo passado o fio do motor de passo pelo furo circular indicado na Figura 50.

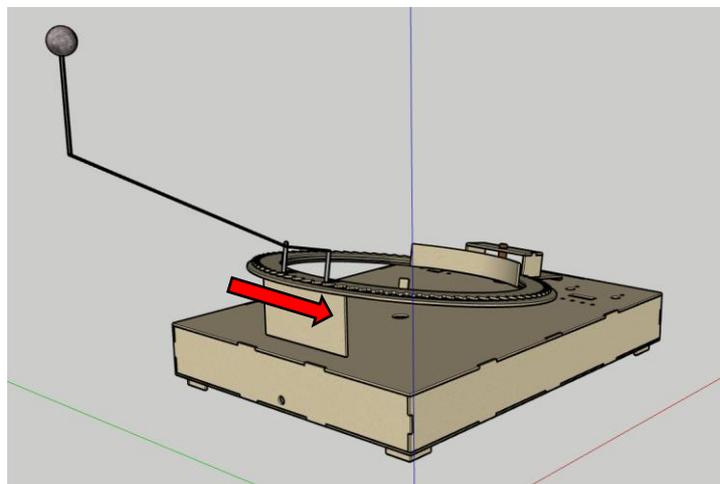


Figura 48: A peça 22 cria a inclinação necessária para o suporte da Lua e ajuda a fixá-la sobre a base de MDF.

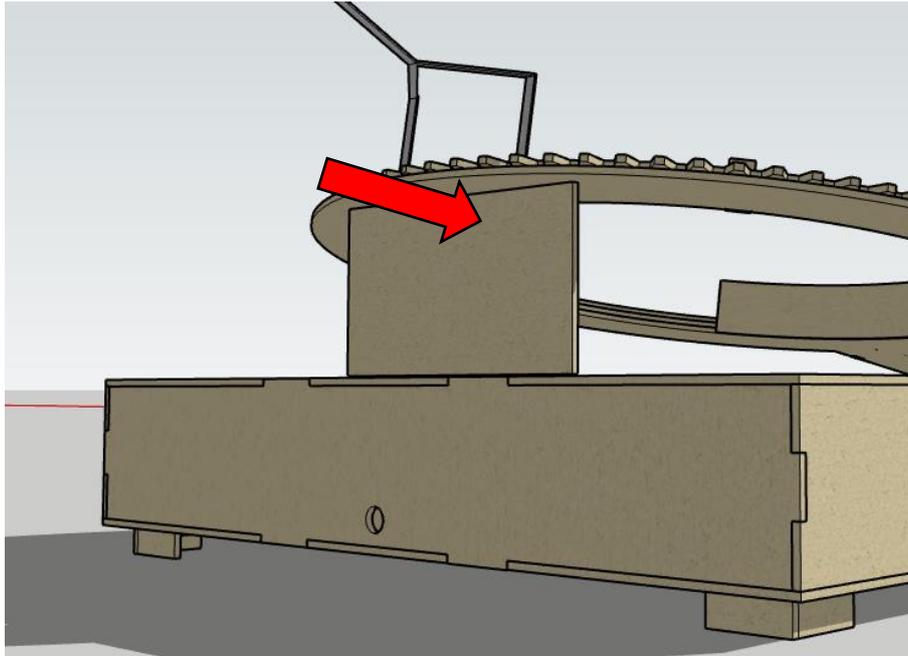


Figura 49: Peça 22 vista por um outro ângulo.



Figura 50: Peças 48 e 49 coladas sobre a base de MDF próximas do furo circular por onde passa o fio do motor de passo.

Para dar melhor sustentação, adicione as peças 41 e 42 sob a peça 13 na exata posição em que se encaixarem bem conforme a Figura 51. Por fim, posicione a parte I (Terra) no interior da parte II (Lua) apoiado sobre a parte III (Base) conforme Figura 52.

O fio que sai do motor que move o modelo da Terra deve ir para a área interna da parte III (Base) através do orifício que está próximo a ele indicado na Figura 53.

Finalmente, posicionando a parte IV (Sol) sobre a mesma superfície temos a montagem completa (Figura 54), faltando apenas os componentes eletrônicos.

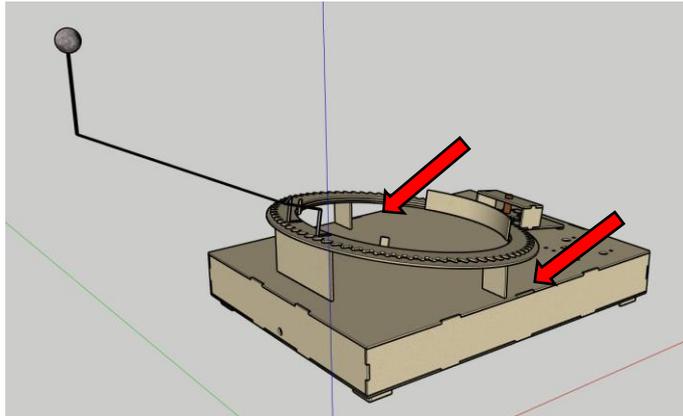


Figura 51: Peças 41 e 42 coladas para dar melhor sustentação

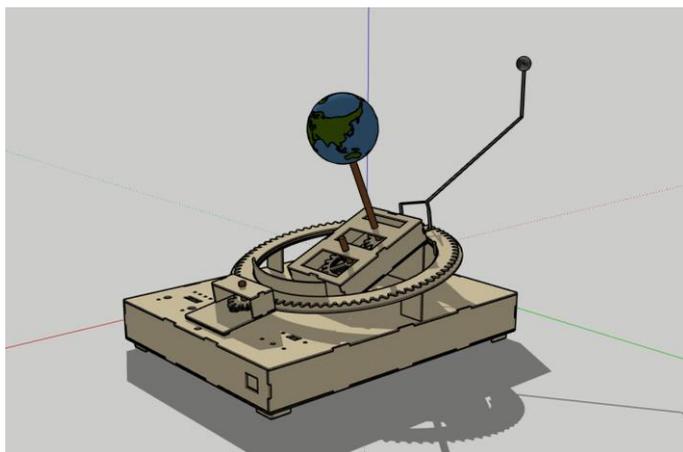


Figura 52: Partes I, II e III unidas

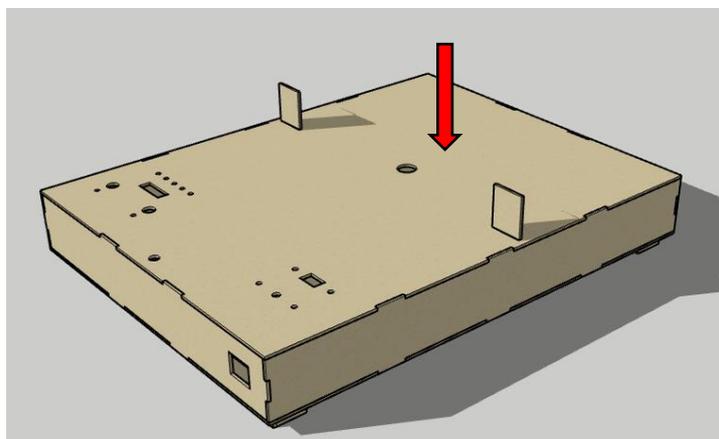


Figura 53. Indicação do furo circular por onde passa o fio do motor de passo que move o modelo do planeta Terra.

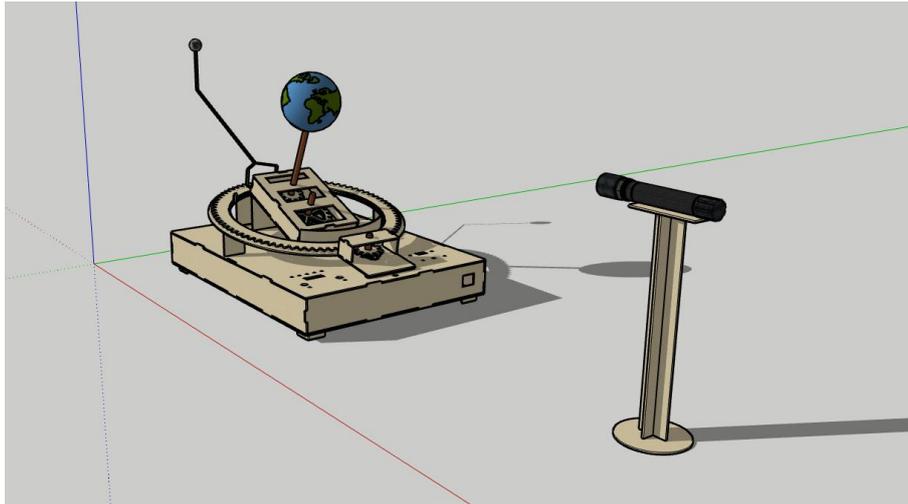


Figura 54: Estrutura completa faltando apenas os componentes eletrônicos.

3.2 Componentes eletrônicos

As fotografias na Figura 55 mostram como devem ser fixados os componentes eletrônicos que ficam visíveis no modelo robótico.

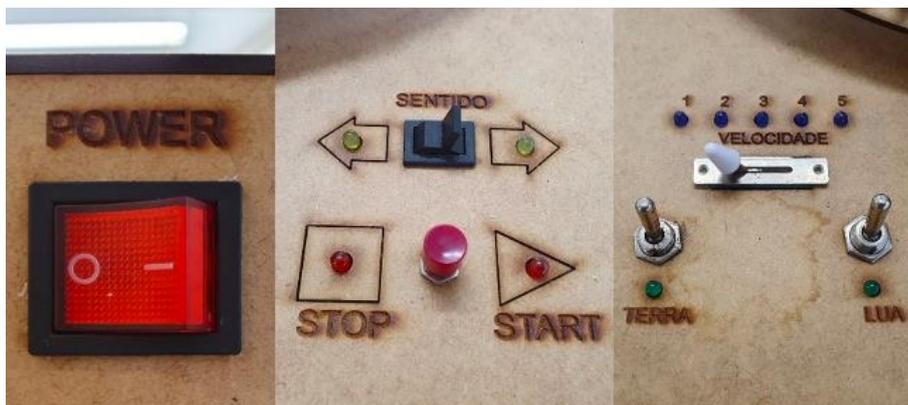


Figura 55: Componentes eletrônicos visíveis do modelo robótico.

O esquema da Figura 56 apresenta todas as conexões que ligam os componentes eletrônicos e a placa Arduino Mega. É importante utilizar exatamente os pinos indicados para que o modelo funcione corretamente.

A Figura 57 serve como sugestão do posicionamento dos componentes colados com cola quente dentro da caixa base de MDF. Contudo ela utiliza uma protoboard que não é necessária e uma bateria de 9V. O esquema da figura 56 mostra as conexões mais indicadas e a utilização de uma fonte de 12V-1A no lugar da bateria.

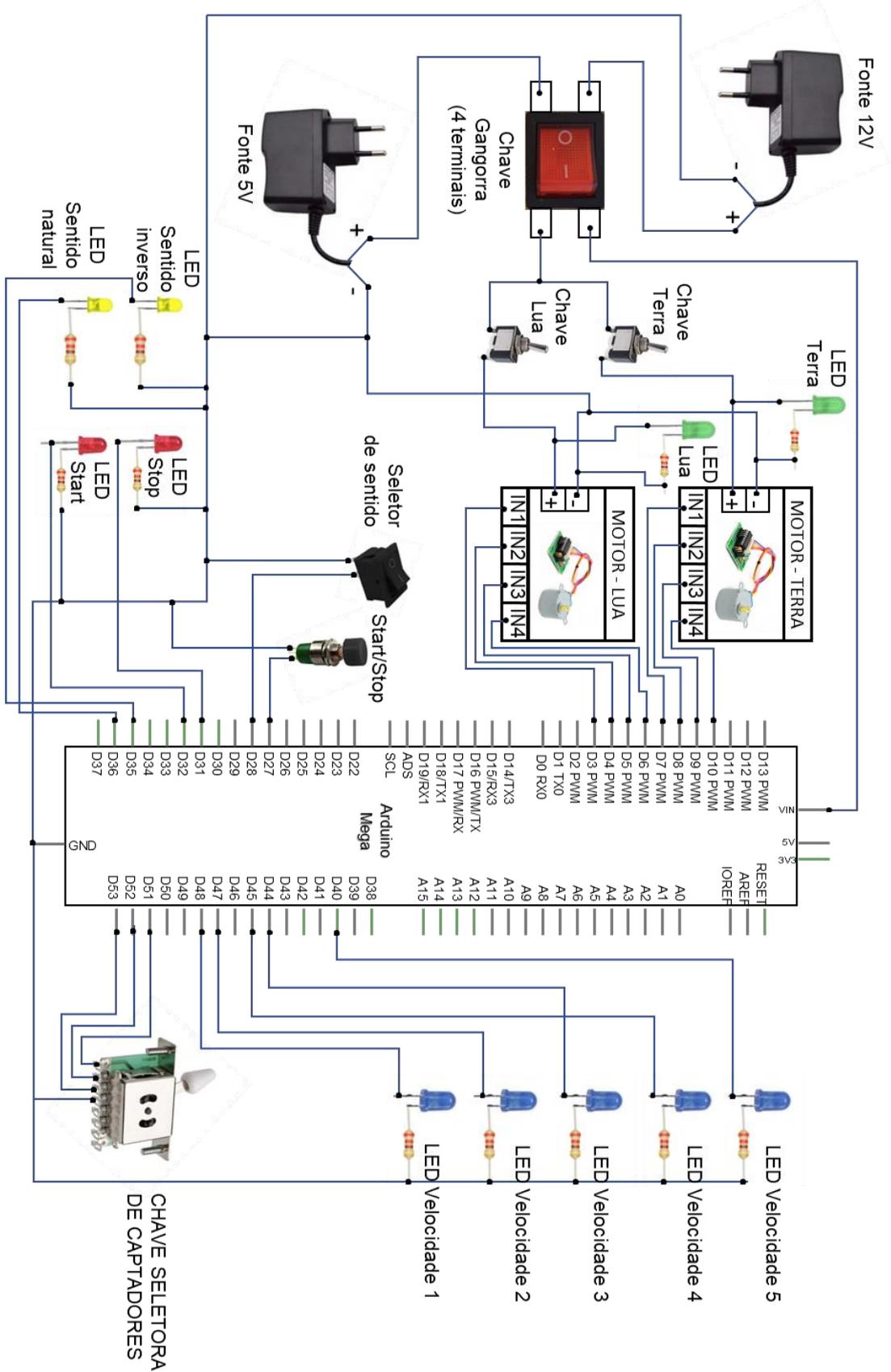


Figura 56: Esquema de ligação dos componentes eletrônicos.

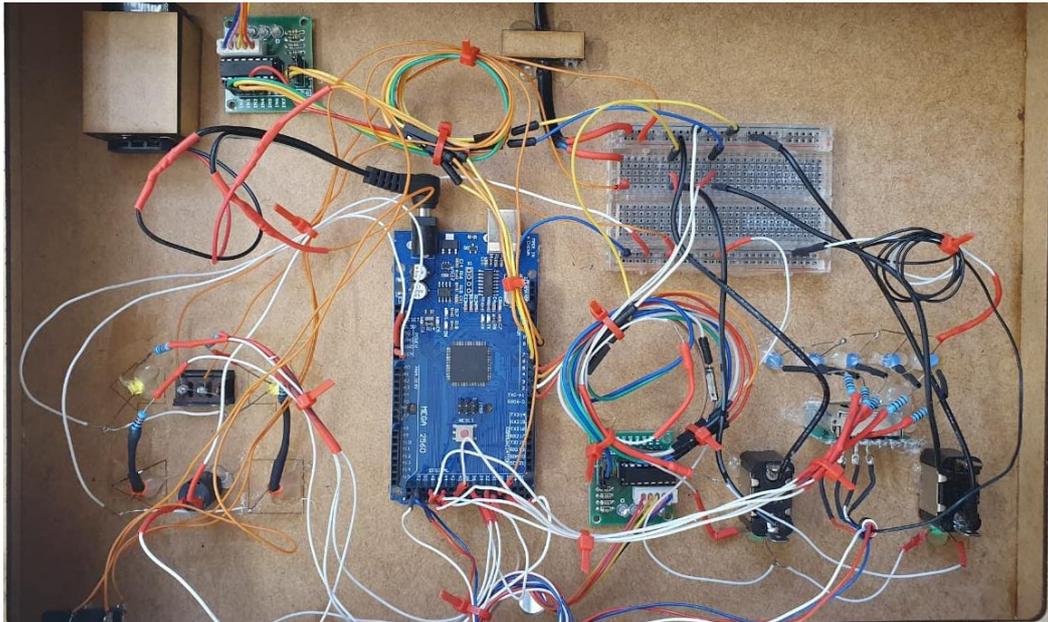


Figura 57: Foto da montagem feita.

3.3 Programação

Para que a placa Arduino funcione corretamente será necessário carregar um *sketch* próprio para este projeto. Baixe o *software* Arduino IDE diretamente no site www.arduino.cc de acordo com o seu sistema operacional e execute o programa indicado na Figura 58.

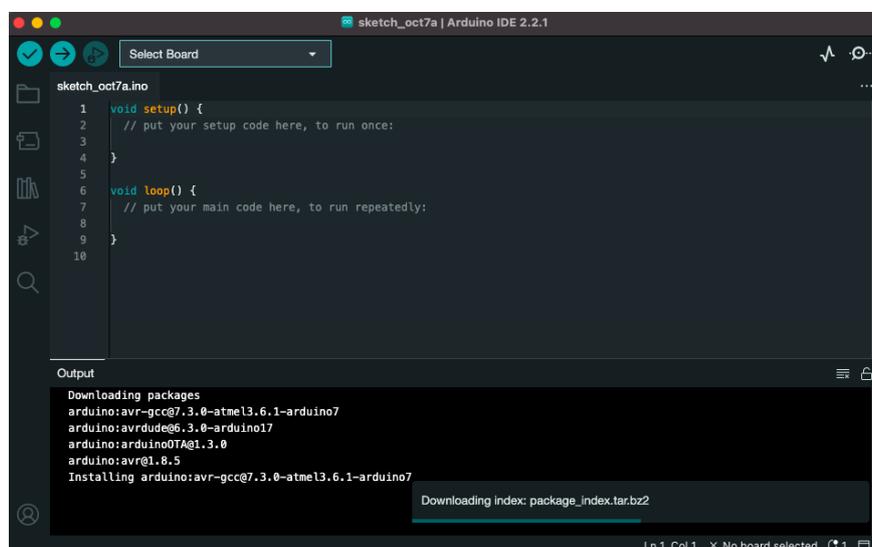


Figura 58: Software Arduino IDE.

Com o Arduino Mega conectado na porta USB do seu computador, clique em “Select Board” e escolha a porta que indica “Arduino Mega”. Em seguida abra o arquivo do QR Code a seguir ou por meio do link:

http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/Sketch_Terra_Lua.ino

Aqui encontra-se uma cópia do Sketch utilizado:

```
// Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
// Instituto de Física - IF
// Mestrado Profissional de Ensino de Física
// Trabalho de Dissertação
// Autor: Vinícius de Paula Silveira
//-----
//Biblioteca para uso dos motores de passo
#include <Stepper.h>

//Portas para o seletor de velocidade
#define pinVel1 51
#define pinVel2 52
#define pinVel3 53

//Portas do motor de passo 1 (Terra)
#define Terra1 7
#define Terra2 8
#define Terra3 9
#define Terra4 10
Stepper mTerra(2050,Terra1,Terra3,Terra2,Terra4);

//Portas do motor de passo 2 (Lua)
#define Lua1 3
```

```

#define Lua2 4
#define Lua3 5
#define Lua4 6
Stepper mLua(2050,Lua1,Lua3,Lua2,Lua4);

//Portas dos Leds indicadores de velocidade
#define ledVel1 48
#define ledVel2 47
#define ledVel3 44
#define ledVel4 45
#define ledVel5 40

//Portas dos Leds indicadores de sentido
#define ledSentido1 36
#define ledSentido2 35

//Portas dos Leds Start/Stop
#define ledStart 32
#define ledStop 31

//Portas do Botao de sentido e de Start/Stop
#define btnSentido 28
#define btnStartStop 27

//Variavel global que define o sentido de rotaçao dos motores
int sentido;

void setup(){

//Definição de entradas Pull-Up
pinMode(pinVel1,INPUT_PULLUP);
pinMode(pinVel2,INPUT_PULLUP);

```

```

pinMode(pinVel3,INPUT_PULLUP);
pinMode(btnSentido,INPUT_PULLUP);
pinMode(btnStartStop,INPUT_PULLUP);

//Definição das portas dos leds como Output
pinMode(ledVel1,OUTPUT);
pinMode(ledVel2,OUTPUT);
pinMode(ledVel3,OUTPUT);
pinMode(ledVel4,OUTPUT);
pinMode(ledVel5,OUTPUT);
pinMode(ledSentido1,OUTPUT);
pinMode(ledSentido2,OUTPUT);
pinMode(ledStart,OUTPUT);
pinMode(ledStop,OUTPUT);
}

void loop(){

//Variavel que lê o estado da chave que define o sentido de rotação
bool S1=digitalRead(btnSentido);

//Comando para definir o valor da variavel sentido e acender as luzes
correspondentes
if(S1){sentido=1;
digitalWrite(ledSentido1,HIGH);
digitalWrite(ledSentido2,LOW);
}
else{sentido=-1;
digitalWrite(ledSentido1,LOW);
digitalWrite(ledSentido2,HIGH);
}
if (pinBotaoRetencao()) {

```

```

    digitalWrite(ledStart,HIGH);
    digitalWrite(ledStop,LOW);
}
else {
    digitalWrite(ledStart,LOW);
    digitalWrite(ledStop,HIGH);
}
//Variaveis com a leitura dos pinos do seletor de velocidade
bool V1=digitalRead(pinVel1);
bool V2=digitalRead(pinVel2);
bool V3=digitalRead(pinVel3);

//Condições para acionar as funções de velocidade
if((V1==0)&&(V2==1)&&(V3==1)){velocidade1();}
if((V1==0)&&(V2==0)&&(V3==1)){velocidade2();}
if((V1==1)&&(V2==0)&&(V3==1)){velocidade3();}
if((V1==1)&&(V2==0)&&(V3==0)){velocidade4();}
if((V1==1)&&(V2==1)&&(V3==0)){velocidade5();}

}
void velocidade1(){
//Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,HIGH);
    digitalWrite(ledVel2,LOW);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,LOW);
    digitalWrite(ledVel5,LOW);

//Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(2);
        mLua.setSpeed(2);
    }
}

```

```

    for(int i=1;i<7;i++){
        mTerra.step((sentido)*2);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
    mTerra.step((sentido)*1);
    mLua.step((sentido)*1);
}

}

void velocidade2(){
    //Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,LOW);
    digitalWrite(ledVel2,HIGH);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,LOW);
    digitalWrite(ledVel5,LOW);

    //Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(3);
        mLua.setSpeed(3);

        for(int i=1;i<6;i++){
            mTerra.step((sentido)*2);
            mLua.step((sentido)*1);
        }
        mTerra.step((sentido)*1);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
}

void velocidade3(){

```

```

//Acende os leds indicadores da velocidade
digitalWrite(ledVel1,LOW);
digitalWrite(ledVel2,LOW);
digitalWrite(ledVel3,HIGH);
digitalWrite(ledVel4,LOW);
digitalWrite(ledVel5,LOW);

//Move os motores
if(pinBotaoRetencao()){
    mTerra.setSpeed(6);
    mLua.setSpeed(6);

    for(int i=1;i<6;i++){
        mTerra.step((sentido)*2);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
    mTerra.step((sentido)*1);
    mLua.step((sentido)*1);
}
}
void velocidade4(){
//Acende os leds indicadores da velocidade
digitalWrite(ledVel1,LOW);
digitalWrite(ledVel2,LOW);
digitalWrite(ledVel3,LOW);
digitalWrite(ledVel4,HIGH);
digitalWrite(ledVel5,LOW);

//Move os motores
if(pinBotaoRetencao()){
    mTerra.setSpeed(9);
    mLua.setSpeed(9);
}
}

```

```

    for(int i=1;i<5;i++){
        mTerra.step((sentido)*2);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
    mTerra.step((sentido)*1);
    mLua.step((sentido)*1);
}
}

void velocidade5(){
    //Acende os leds indicadores da velocidade
    digitalWrite(ledVel1,LOW);
    digitalWrite(ledVel2,LOW);
    digitalWrite(ledVel3,LOW);
    digitalWrite(ledVel4,LOW);
    digitalWrite(ledVel5,HIGH);

    //Move os motores
    if(pinBotaoRetencao()){
        mTerra.setSpeed(11);
        mLua.setSpeed(11);

        for(int i=1;i<5;i++){
            mTerra.step((sentido)*2);
            mLua.step((sentido)*1);
        }
        mTerra.step((sentido)*1);
        mLua.step((sentido)*1);
    }
}

//Função para a retenção do botão Start-Stop

```

```

    bool pinBotaoRetencao() {
        #define tempoDebounce 50 //(tempo para eliminar o efeito Bounce EM
MILISEGUNDOS)

        bool estadoBotao;
        static bool estadoBotaoAnt;
        static bool estadoRet = true;
        static unsigned long delayBotao = 0;

        if ( ( millis() - delayBotao ) > tempoDebounce ) {
            estadoBotao = digitalRead(btnStartStop);
            if ( estadoBotao && (estadoBotao != estadoBotaoAnt) ) {
                estadoRet = !estadoRet;
                delayBotao = millis();
            }
            estadoBotaoAnt = estadoBotao;
        }
        return estadoRet;
    }

```

4 Plano de aula

Neste capítulo são apresentados todos os passos planejados para a apresentação deste material. Os slides e questionários usados seguem nos próximos capítulos.

4.1 Preparação e Calibração

Recomenda-se chegar à sala de aula, se possível, com uma antecedência de pelo menos 15 minutos para conectar o projetor de slides, posicionar o modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua sobre uma mesa e executar alguns testes. Caso não haja uma mesa grande o suficiente, é possível usar mais de uma, sendo todas de mesma altura. Para a calibração é preciso posicionar o modelo de acordo com as Figuras 59 e 60. Esta posição descrita simula o Sol situado sobre a Linha dos Nodos com a Lua na Fase Nova. Deve-se forçar o arame suavemente até gerar a simulação de um eclipse Solar, ou seja, projetar a sombra do modelo da Lua sobre o modelo da Terra. A calibração estará concluída após este passo, não se deve mais tocar no arame para que ele não se deforme. Agora posiciona-se o sistema de acordo com a Figura 61 para iniciar a aula. Nesta posição simula-se a fase Nova da Lua sem que haja eclipse.

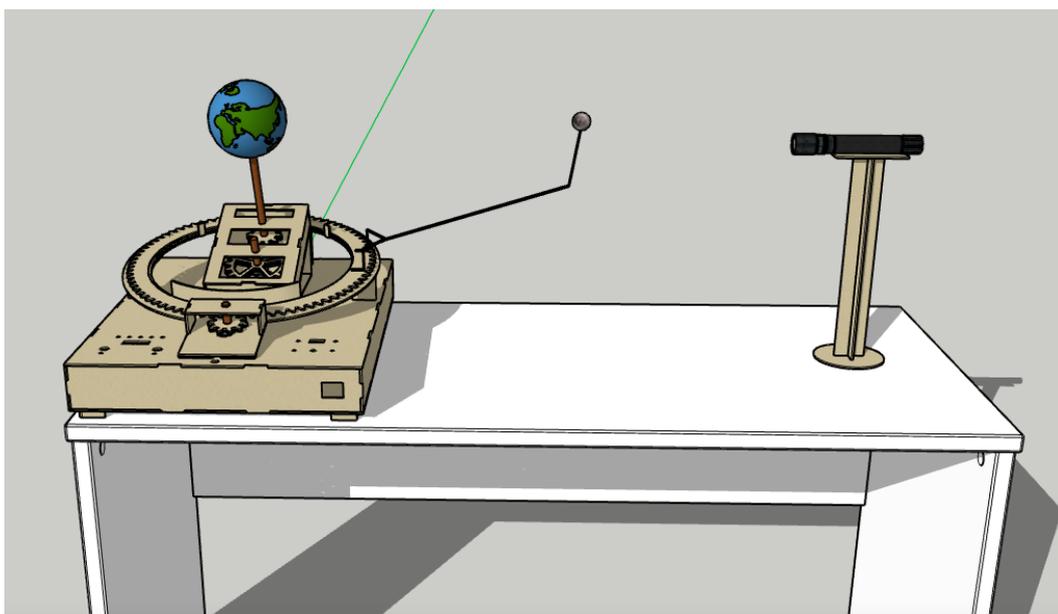


Figura 59: Visão lateral da posição de calibração

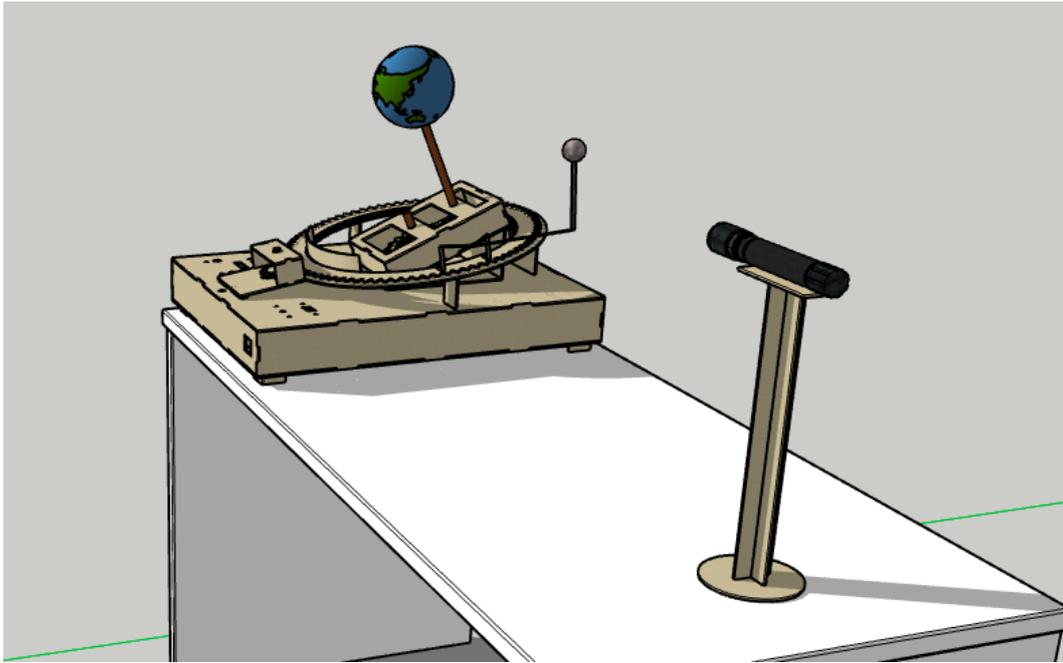


Figura 60: Visão oblíqua da posição de calibração.

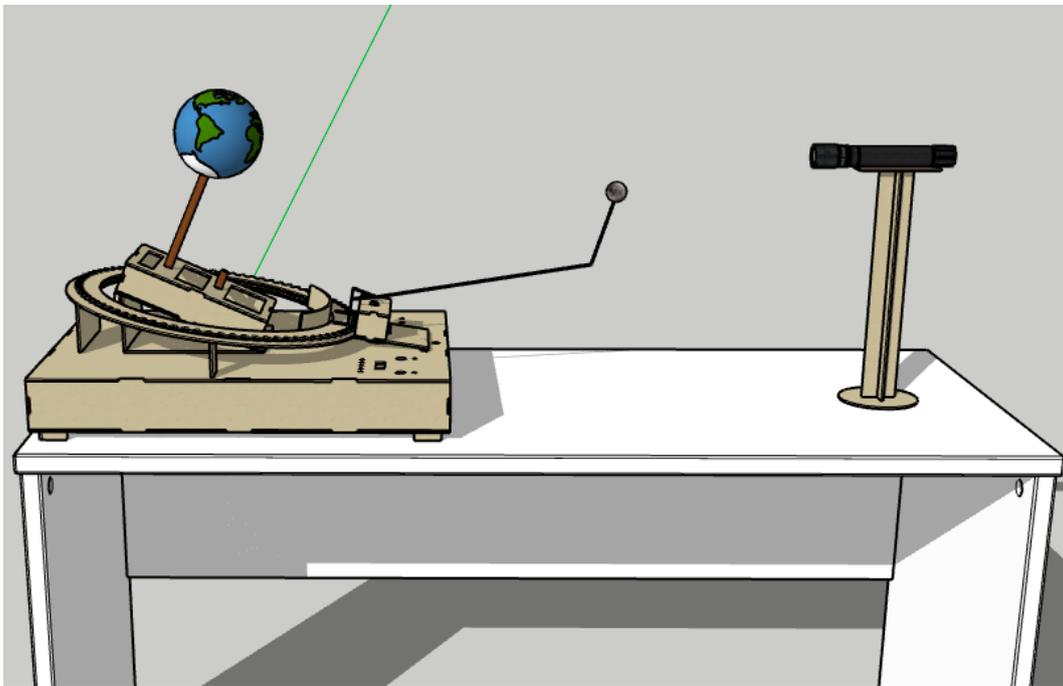


Figura 61: Sistema em posição para o início da aula. Ele simula a fase Nova da Lua sem que haja eclipse

Ainda antes de iniciar a aula, o Slide número 1 já deve estar projetado na parede e os dois formulários já precisam estar impressos e à disposição. Após se estabelecer uma ordem na sala de aula e os alunos estarem em seus lugares, o primeiro formulário deve

ser distribuído. É importante ressaltar que este primeiro formulário não vale nenhuma pontuação. Serve apenas para avaliar o conhecimento prévio dos alunos. Não deve ser dito que há um segundo formulário.

Após a devolução do primeiro formulário e antes de iniciar a aula propriamente, é importante afirmar que o tamanho do modelo da Lua está aproximadamente em escala com relação ao da Terra contudo a distância entre eles não está. Pode ser válido discutir o quão distante isso seria (aproximadamente 30 vezes o diâmetro do modelo da Terra) mas que seria inviável um modelo tão grande assim para usar em sala de aula. Também é válido dizer que o Sol, representado pela lanterna e sua distância à Terra não estão em escala com relação ao tamanho do modelo da Terra pois também seria inviável.

4.2 As fases da Lua

Para iniciar o estudo das fases da Lua começa-se pela fase Nova. O modelo robótico deve estar em pause e a aula começa com a turma tentando descobrir que Fase da Lua é aquela. Deve-se discutir a questão de vários pontos de vista convidando alguns alunos para caminharem ao redor do modelo. Como a Fase da Lua é definida por um observador na Terra, recomenda-se afixar um pequeno alfinete sobre a esfera de isopor que simula a Terra, para definir o referencial de um possível observador. Usando o movimento de velocidade 1 e girando o modelo da Terra sem mover mais o modelo da Lua discute-se os horários em que a Lua Nova nasce e se põe. O Slide 3 deve ser usado conforme se desenvolve essa discussão.

Voltando a mover todo o sistema em velocidade baixa pergunta-se que lado da lua vai começar a ser visível para um observador situado no polo Norte. Para isso sugere-se fincar o alfinete sobre algum lugar do norte do planeta e convida-se um aluno para olhar para a Lua a partir do ponto de vista daquele local com o sistema em pause após 2 ou 3 rotações completas do modelo da Terra. Levanta-se a questão sobre o ponto de vista de um observador no polo Sul. Os Slides 3, 4, 5, 6, 7 e 8 auxiliam na discussão. Deve-se fazer uma discussão semelhante para todas as fases da lua até o slide 21. Vale notar que os slides 18 e 19 discutem um ponto de vista na Lua olhando para a Terra. Deve-se aproveitar isso para posicionar alunos próximos do modelo da Lua para avaliar como fica o Planeta Terra visto de lá.

Após se discutir todas as fases da Lua, seus horários e pontos de vista, informa-se o tempo entre duas fases consecutivas de aproximadamente 29,5 dias. Vale a pena observar novamente uma revolução inteira do modelo da Lua em torno do modelo da Terra em velocidade 5 para se ter uma visão do que ocorre em aproximadamente um mês de observação. Observando esse movimento apresenta-se a ideia de lado próximo e lado distante. Posiciona-se a Lua em diferentes locais para que os alunos percebam esse conceito e possam ver que o lado oculto nem sempre é escuro. Os Slides 23 e 24 devem ser usados ao longo dessa discussão.

4.3 Os eclipses

Apresentando para a turma o conceito de que eclipses acontecem quando há um alinhamento do sistema Terra-Sol-Lua pergunta-se por que eles não estão ocorrendo em todas as revoluções da Lua observadas até então. Com o modelo na posição de Lua Nova é provável que eles digam: “A Lua está muito baixa”. Já com o modelo na posição de Lua Cheia é provável que eles digam: “A Lua está muito alta”. É um bom momento para usar os Slides de 25 até 38 para explicar a inclinação da órbita da Lua com relação à Eclíptica e que em duas épocas do ano os eclipses são possíveis e que neste momento serão simulados no modelo. Para isso, repositone o sistema da maneira indicada na Figura 62.

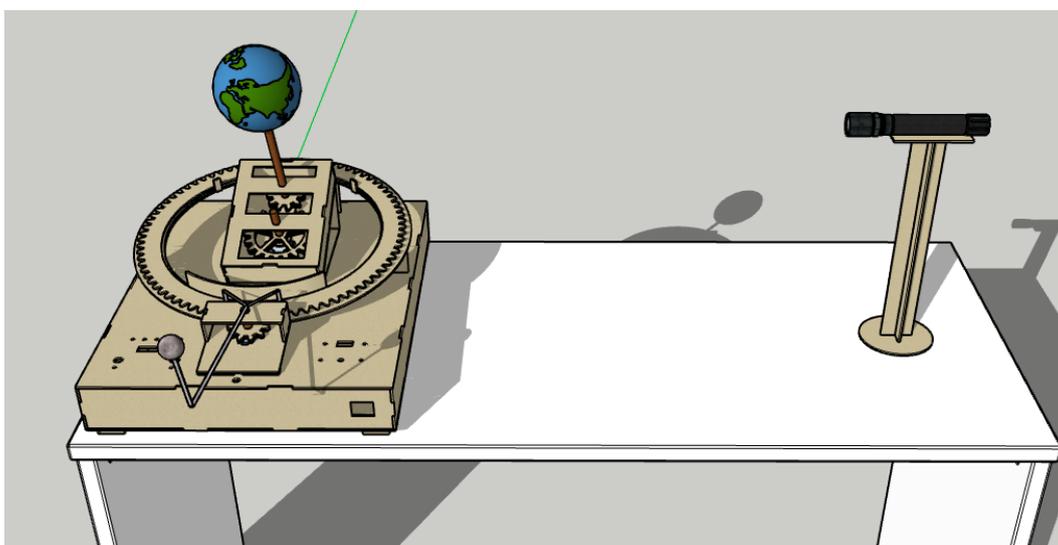


Figura 62: Posição para dar início ao estudo dos eclipses.

Antes de Simular um eclipse do Sol, utiliza-se os slides 39 até 43 para apresentar o conceito. Em seguida coloca-se o modelo para se mover. Quando a simulação do eclipse estiver prestes a ocorrer, pausa-se o sistema e pede-se para que todos os alunos se desloquem para um lugar onde se possa ver a sombra do modelo da Lua se projetando sobre o modelo da Terra. A partir daí, reinicia-se o movimento em velocidade 1 para a observação detalhada. É interessante mover o sistema no sentido inverso para ver e rever o processo sobre vários pontos de vista diferentes. Em seguida se utiliza os slides 44 e 45 para a apresentação do eclipse da Lua e se observa o modelo robótico em velocidade lenta de maneira semelhante ao eclipse anterior.

4.4 Finalização

No final deve-se conduzir a aula a um momento de debate com relação ao que foi visto, discutir as dúvidas que surgiram e, finalmente, distribuir o segundo formulário. Informa-se aos alunos que este é idêntico ao primeiro, mas com apenas uma pesquisa de opinião na questão de número 7. Caso este trabalho esteja associado a composição de uma nota, recomenda-se atribuir uma pontuação apenas para o segundo teste sem considerar a questão 7.

5 Slides

Para a apresentação desta aula foi utilizada uma apresentação contendo 45 slides que se encontra nos links a seguir e representados nas Figuras 62 e 63:

- Slides em PPT (para Microsoft PowerPoint):

http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/Slides_aula.ppt

- Slides em PDF:

http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/Slides_aula.pdf

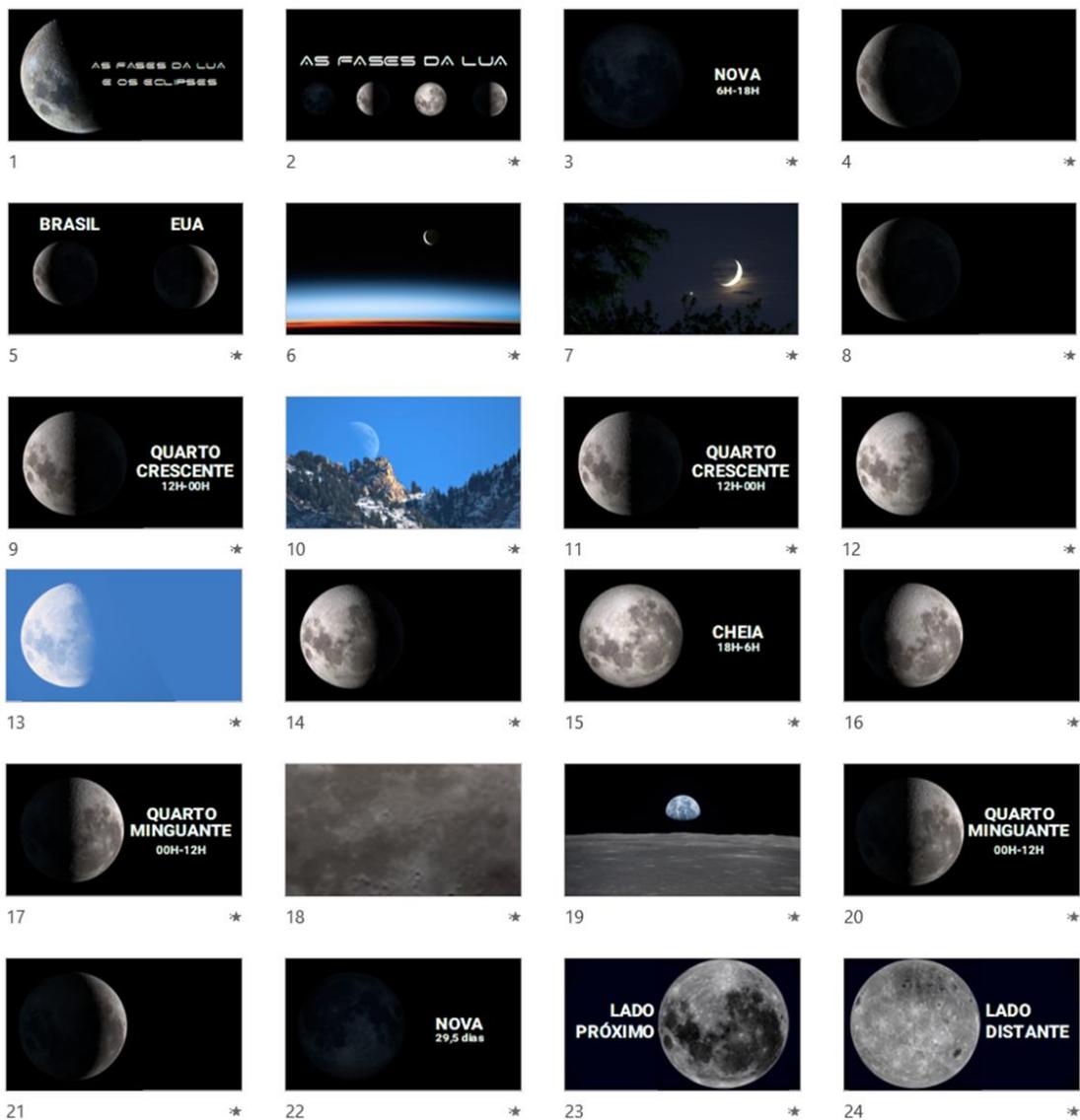


Figura 62: Slides de 1 a 24

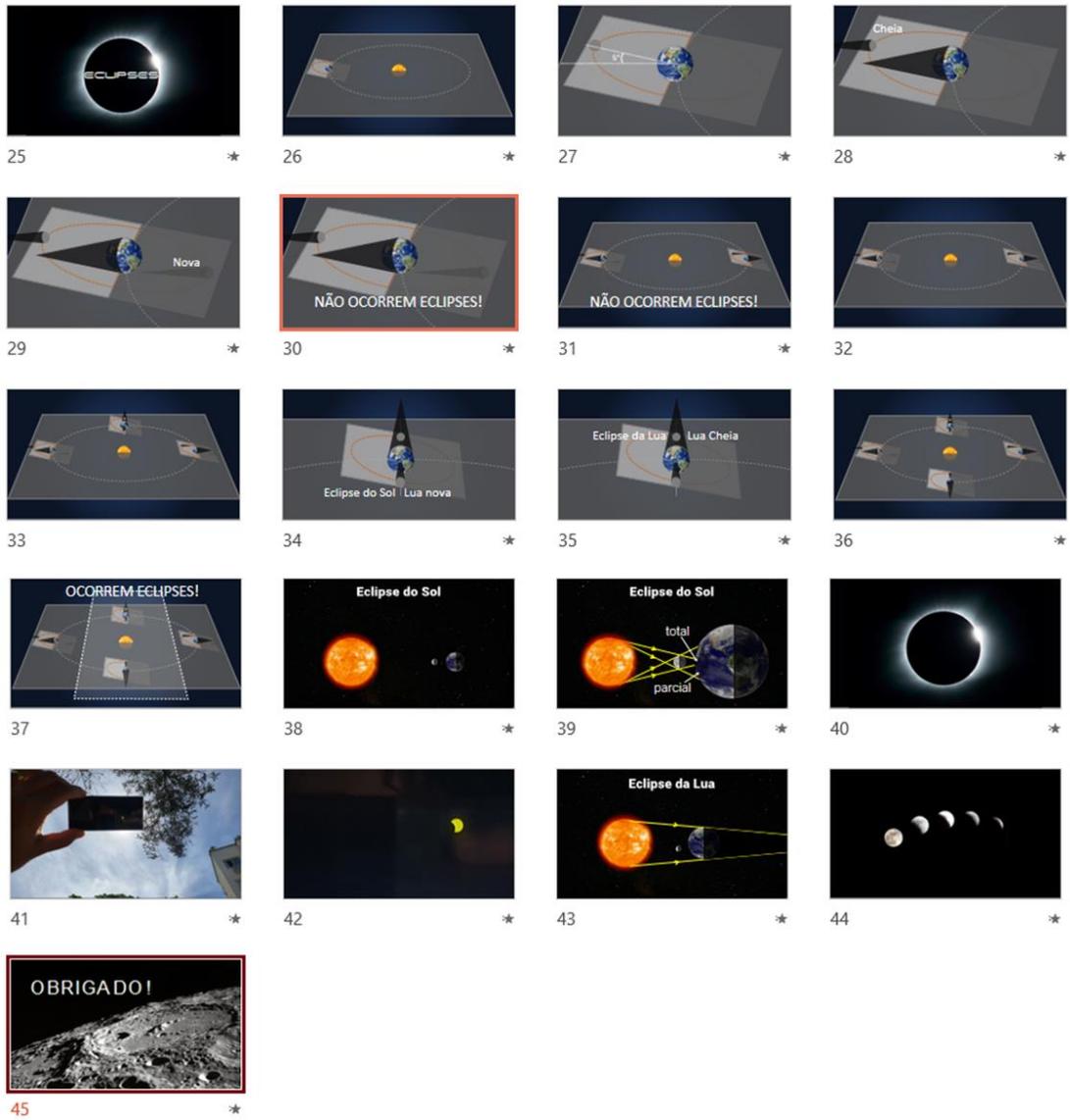


Figura 63: Slides de 25 a 45

6 Questionários

Para a apresentação desta aula foram utilizados os dois questionários que se encontram no link a seguir:

- Questionários em docx (Microsoft Word):

http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/questionarios.docx

- Questionários em PDF:

http://pef.if.ufrj.br/producao_academica/dissertacoes/2024_Vinicius_Silveira/questionarios.pdf

Nas próximas páginas há uma cópia dos questionários do pré-teste e do pós-teste.

Pré-teste

01. As fases da Lua estão representadas nas imagens em ordem cronológica e da maneira como são vistas no céu brasileiro.



(1)



(2)



(3)



(4)

Complete as lacunas com a numeração correspondente a cada fase:

- Cheia: ____
- Nova: ____
- Quarto crescente: ____
- Quarto minguante: ____

02. Qual fase da Lua será vista no Brasil no dia em que ela estiver em fase cheia no Japão?

03. Em algum momento é possível ver a Lua no céu ao meio-dia?

- () Sim () Não

04. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse do Sol?

- () Cheia () Nova () Quarto minguante () Quarto crescente () Qualquer fase

05. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse da Lua?

- () Cheia () Nova () Quarto minguante () Quarto crescente () Qualquer fase

06. Se a Lua completa aproximadamente uma volta na Terra a cada mês, por que não observamos eclipses em todos os meses?

Pós-teste

01. As fases da Lua estão representadas nas imagens em ordem cronológica e da maneira como são vistas no céu brasileiro.



(1)



(2)



(3)



(4)

Complete as lacunas com a numeração correspondente a cada fase:

- Cheia: ____
- Nova: ____
- Quarto crescente: ____
- Quarto minguante: ____

02. Qual fase da Lua será vista no Brasil no dia em que ela estiver em fase cheia no Japão?

03. Em algum momento é possível ver a Lua no céu ao meio-dia?

- () Sim () Não

04. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse do Sol?

- () Cheia () Nova () Quarto minguante () Quarto crescente () Qualquer fase

05. Em que fase da Lua pode ocorrer o eclipse da Lua?

- () Cheia () Nova () Quarto minguante () Quarto crescente () Qualquer fase

06. Se a Lua completa aproximadamente uma volta na Terra a cada mês, por que não observamos eclipses em todos os meses?

07. Numa escala de 0 a 10, o quanto você achou relevante a utilização da maquete na compreensão dos fenômenos apresentados?

- (0) (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

7 Considerações Finais

O desenvolvimento deste material instrucional foi direcionado para fornecer aos professores um guia prático e inovador para o ensino das fases da Lua e dos eclipses. Pela utilização do modelo robótico do sistema Terra-Sol-Lua, foi proposta uma abordagem didática que tem como objetivo alcançar uma maior interatividade e compreensão dos fenômenos astronômicos por parte dos alunos. É esperado que, ao serem adotadas tais práticas em sala de aula, uma experiência de aprendizado mais rica e envolvente seja proporcionada aos alunos. As diretrizes e recomendações contidas neste guia foram desenvolvidas visando otimizar o uso do modelo robótico, explorando suas potencialidades didáticas. Adicionalmente, os questionários que foram incorporados ao material têm como objetivo avaliar o entendimento dos alunos antes e após a exposição do conteúdo, atuando como um instrumento valioso para a avaliação da eficácia do método sugerido. Há uma esperança de que este guia possa ser utilizado como uma ferramenta importante para os educadores, auxiliando na promoção de aulas mais dinâmicas e efetivas no ensino da astronomia.

