

Projeto de instalação interativa sobre astronomia para museus de ciências

Design of an Interactive installation
about astronomy for science museums

Henrique Corazza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo como exigência parcial
para obtenção do grau de Bacharel em Design

Orientação: **Prof. Dra. Cristiane Aun Bertoldi**

FAUUSP
São Paulo
2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Corazza, Henrique

Projeto de instalação interativa sobre astronomia
para museus de ciência / Henrique Corazza;
orientadora Cristiane Aun Bertoldi. - São Paulo, 2017.
106 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em
Design) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de São Paulo.

1. Projeto. 2. Instalação Interativa. 3. Ensino de
Astronomia. I. Aun Bertoldi, Cristiane, orient. II. Título.

*“The greatest enemy of knowledge is not
ignorance, it is illusion of knowledge”*

Stephen Hawking

Agradecimentos

Agradeço especialmente à minha professora e orientadora Cristiane Aun, pela dedicação e apoio durante todo o período da graduação e neste trabalho; aos meus pais pelo companheirismo, prontidão e paciência; e aos amigos que cultivei e conheci nos últimos anos.

Resumo

Apesar de fazer parte dos conteúdos que guiam os currículos escolares a astronomia tem recebido pouca visibilidade e espaço dentro das salas de aula, resultando em lacunas de conhecimento elementares desta ciência e na manutenção de concepções erradas sobre fenômenos naturais, mas que possuem uma explicação amparada na astronomia desconhecida por parte dos alunos.

Este trabalho compreende uma pesquisa sobre práticas de ensino de astronomia e sobre modos como a astronomia é trabalhada em museus de ciência, tendo em vista o papel complementar desses espaços na educação infantil. O resultado foi o desenvolvimento de uma proposta de instalação interativa envolvendo assuntos fundamentais de astronomia incluindo o detalhamento do processos de prototipagem utilizados.

Palavras-chave: projeto, instalação, ensino de astronomia.

Abstract

Although part of the contents that guide school curriculums astronomy has been given little visibility and space inside classrooms. The results are the lack of elementary knowledge about this science and the persistence of misconceptions regarding natural phenomena that have explanations supported by astronomy unknown to students.

The present work comprises a research on teaching practices in astronomy education and also on ways in which astronomy is approached in science museums, given their role in complementing child education. The result was the development a proposal for an interactive installation revolving around fundamental topics of astronomy as well as the documentation of the prototyping methods used in the process.

Keywords: project, installation, astronomy education.

Índice

| | | |
|----|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | Entendendo a educação de astronomia | 17 |
| | 2.1 Entrevistas com professores | 19 |
| 3 | Pesquisando abordagens alternativas | 29 |
| | 3.1 Workshop: Cutting Edge In-class Physics Resources | 29 |
| | 3.2 Simple Experiments in Physics Teaching and Learning | 31 |
| | 3.3 Laboratório de Demonstrações do IFUSP | 35 |
| 4 | Museus de ciência | 37 |
| | 4.1 Museus de São Paulo | 37 |
| | 4.1 Dinâmicas em museus interativos | 40 |
| | 4.1 Comparativo entre uma atividade do Perimeter Institute e uma instalação de museu projetada pela Hutteringer | 43 |
| 5 | Análise de produtos existentes | 47 |
| 6 | Encaminhamentos do projeto | 51 |
| 7 | Experimento | 59 |
| | A Distância entre a Terra e a Lua | |
| | 7.1 Desenvolvimento | 61 |
| | 7.2 Elementos da instalação | 64 |
| | 7.3 Terra: Componentes | 74 |
| | 7.4 Terra: construção do protótipo | 75 |
| | 7.5 Testes com usuários | 86 |
| 8 | Considerações finais | 91 |
| 9 | Bibliografia | 93 |
| 10 | Anexo: desenhos técnicos | 95 |

1 Introdução

A Astronomia é um conteúdo exigido nas bases curriculares nacionais do MEC e está presente desde os anos iniciais do ensino fundamental com objetivo de desenvolver nas crianças um olhar científico sobre os fenômenos mais elementares à sua volta, como a própria existência do dia e da noite. Também está incluída nas fases seguintes de ensino até o nível médio como parte de diversas disciplinas como a física, a história e geografia. Espera-se que com esses conhecimentos os estudantes compreendam aspectos da evolução do pensamento científico resultante da busca pela compreensão do universo em que habitamos, além de compreender os avanços tecnológicos que emergiram deste percurso.

Entretanto, o que se observa nos ambientes escolares é a falta de espaço para os assuntos de astronomia nas aulas e a subutilização de seu potencial de conectar disciplinas. A falta deste conteúdo na educação além de repercutir no desconhecimento de seus temas por parte dos estudantes, ainda mais gravemente, tem resultado na manutenção de conceitos errados sobre fenômenos corriqueiros que essa ciência explica.

Através dessa pesquisa ficou evidente a necessidade de abordar as temas elementares da astronomia visando também envolver

áreas de conhecimento correlatas, como a geometria, física e outras. Optou-se pelo desenvolvimento de um projeto voltado aos museus de ciência devido ao seu papel complementar na rotina das escolas de ensino fundamental, compondo seu público de presença mais expressiva. Além disso, viu-se nesses museus um ambiente onde se poderia propor de maneira experimental e flexível atividades de cunho didático baseado em pesquisas que almejam mudar os hábitos tradicionais de ensino em sala de aula por meio de atividades com participação mais ativa do alunos.

O desenvolvimento do projeto envolveu a construção de modelos de estudo e um protótipo com seus principais elementos funcionais e adequados para testes com usuários. Para tal, foi necessário empregar componentes eletrônicos, compreender seu funcionamento e desenvolver códigos de programação. Durante esse processo foram também exploradas ferramentas de fabricação digital para auxílio na confecção dos componentes, como fresadora CNC e cortadora a laser.

1.1 Métodos de pesquisa

A primeira fase desta trabalho, de caráter exploratório, envolveu a pesquisa através de fontes bibliográficas; entrevistas com educadores; pesquisa de campo em escolas e museus de ciências; a participação em palestras e workshops voltados a professores de física; e o levantamento e análise de produtos educacionais no voltados ao tema presentes no mercado. No início do processo havia o interesse maior em entender as necessidades voltadas aos estudantes de ensino médio. A medida em que o projeto tomou direção para os espaço dos museus surgiu a necessidade de abranger um público mais variado e que fosse relevante para alunos do ensino fundamental.

Foram consultados professores do Instituto de Física e do Instituto de Astronomia da USP ligados à área de educação para jovens e feitas entrevistas com professores do ensino público e particular.

O contato com essas pessoas norteou e revelou grande parte das referências usadas para a pesquisa teórica, em que foram consultadas as diretrizes curriculares do MEC e Secretaria da Educação; livros didáticos e apostilas usados por professores de ensino médio; artigos sobre as condições e resultados no ensino de ciências; artigos sobre abordagens e linhas de ensino; e conteúdos de física moderna e Astronomia em livros e livros didáticos.

A pesquisa de campo envolveu a visita a uma escola pública e a uma particular de ensino médio para conhecer as condições e materiais disponíveis nos diferentes ambientes. Também foram visitados ambientes de educação informal, que incluem os planetários municipais, o Laboratório de Demonstrações do IFUSP, a Banca da Ciência da EACH USP e o museu de ciência da grande São Paulo: Catavento e Sabina.

Por fim, para a pesquisa houve a participação nas Palestras promovidas pelo ICTP-SAIFR/UNESP e Cientec-USP, que contaram com nomes como David Gross, ganhador do prêmio Nobel de física em 2004, e Luiz Davidovich, diretor da Academia Brasileira de Ciências, forneceram informações atualizadas para os avanços da área; e a participação nos eventos 2nd World Conference in Physics Education e no curso de formação para professores do ministrado pelo Perimeter Institute no Instituto de Física Teórica da Unesp sobre física moderna que foram fundamentais para conhecer métodos variados para a abordagem do ensino e prática com assuntos complexos como a física quântica. Nesses eventos também foi possível coletar depoimentos dos professores participantes em rodas de discussão no final das atividades que serviram de complemento às entrevistas.

2 Entendendo a educação de astronomia

A educação em astronomia no Brasil, possui diversas falhas e deficiências que, como conclui Kantor (2001), resultam principalmente da não existência de uma formação específica na área para os professores, tanto de ensino fundamental como médio. Isto também está associado ao modo com que os assuntos de astronomia são trabalhados nos livros didáticos, em geral diluído entre assuntos de geografia e história e sem o aprofundamento relevante para o entendimento dos questionamentos que levaram ao avanços e descobertas desta ciência.

Observações similares foram feitas por outros autores no últimos anos, mostrando que o quadro tem se mantido. Soler (2012) reuniu a o estudo de vários autores para identificar as principais falhas no ensino de astronomia na educação básica no estado de São Paulo, enquanto Dias et al (2007) buscou avaliar o conhecimento adquirido sobre astronomia por estudantes nos últimos anos do ensino médio público no Rio de Janeiro com idades entre 16 e 21 anos.

Destes estudos foi reunida uma lista dos principais tópicos de astronomia que ambos alunos e professores apresentaram deficiências, envolvendo assuntos que eles não sabiam explicar ou que acreditavam em alguma concepção alternativa, baseada em senso comum e já desacreditada.

Os resultados alarmantes dessas pesquisas mostram a necessidade de trabalhar desde as questões mais fundamentais, como as dimensões e formas dos corpos celestes, até assuntos mais complexos como as Leis de Kepler, que apesar de terem sido formuladas durante o século XVII dependem de maior grau de abstração para conhecimentos a partir de representações simplificadas dos movimentos dos planetas no espaço tridimensional. É importante notar que nesses estudos não há enfoque sobre a física óptica e de ondas, bases das pesquisas mais recentes envolvendo espectrometria, optometria e outros assuntos.

Principais tópicos em astronomia que alunos apresentaram desconhecimento ou conceitos alternativos

forma esférica da Terra

posicionamento dos seres humanos em sua superfície

ciclo de dia e noite

caracterização do Sol como uma estrela

Características físicas e dimensões das estrelas

causa das estações do ano

formação das fases da lua

fenômenos de eclipses lunares e solares

força gravitacional

Leis de Kepler

características das órbitas dos planetas

a persistência de uma visão geocêntrica do Universo

existência de estrelas entre os planetas do Sistema Solar

2.1 Entrevistas com professores

Buscando compreender melhor a realidade dos dados apontados na pesquisa bibliográfica, três professores de diferentes ambientes escolares foram consultados, uma de escola pública estadual no centro de São Paulo, um de escola particular dos Jardins e um doutorando em física que já lecionou escolas de ensino médio e universidades.

As entrevistas foram conduzidas a partir de um roteiro aberto que permitiu que a conversa fosse levada aos assuntos mais interessantes levantados pelos entrevistados.

Início: Breve introdução sobre os objetivos da pesquisa e seu foco no ensino de astronomia

Quão presentes são os assuntos relacionados à astronomia em suas aulas?

Quais materiais disponíveis para suas aulas? São apropriados e suficientes?

São fornecidos pela escola, pelo professor ou pelos alunos?

Que atividades práticas, envolvendo experimentos, você costuma usar?

Como foi o envolvimento dos alunos nessas eventos?

Quais assuntos os alunos costumam apresentar maiores dificuldades?

Como é feita o planejamento de uma aula?

Professora Miriam Rosenfeld

E.E. José Maria

Foi feita uma visita à Escola Estadual José Maria, no bairro do Bixiga em São Paulo, onde a professora Miriam Rosenfeld leciona física na há vários anos. É a única professora da disciplina da escola. Cabe ressaltar que uma situação muito comum na rede estadual é a falta de professores da área de ciências naturais e, por vezes, é necessário que professores de uma disciplina, como física, por exemplo, tenham que se encarregar de aulas de outra especialidade, como matemática e química.

Isso faz com que Miriam tenha que dar em um mesmo dia seis aulas seguidas para turmas diferentes. Cada turma possui duas aulas de 45 minutos cada de física durante a semana mas a professora nunca conseguiu que a direção lhe desse duas aulas seguidas num mesmo dia, o que possibilitaria 90 minutos contínuos de aula para a mesma turma, trazendo mais condições de conduzir atividades mais elaboradas do que as propostas pelas apostilas, ou ao menos terminar uma aula normal com mais profundidade.

A avaliação da professora é de que o plano de ensino proposto não passa de um pseudo-construtivismo, em que ao invés das atividades propostas desafiar os alunos, seguindo as apostilas suas aulas se resumem, em sua maioria a leitura e interpretação de texto, o que resulta em práticas tradicionais de decorar o que foi lido.

Entre os livros disponibilizados pelo Estado, a professora utiliza o Física para o Ensino Médio (Gonçalves Filho, 2002) para sua aulas, que é oferecido em conjunto com apostilas complementares com guias de atividades práticas. A linguagem desse material é reduzida a textos com o passo-a-passo das ações descritas e listas de materiais, enquanto poucas ilustrações ou diagramas são usados para explicar o assunto da matéria, como ilustrações de átomos. Não há nesses livros nenhum auxílio visual de como deve ser organizada a atividade.

A professora raramente os aplica devido aos seguintes motivos:

-Alguns experimentos exigem materiais que não podem ser reutilizados, como baterias e corantes, e portanto dificilmente conseguiria auxílio da escola para adquiri-los;

-Falta de local adequado para guardar material com segurança;

-Há muita dificuldade na hora de relacionar os experimentos com o conteúdo de matemática da matéria, principalmente no que tange à atenção dos alunos;

-A quantidade de alunos nas salas podem variar de 40 a 70 matriculados, fica inviável arrumar material para todos participarem ou mesmo condições de manter o controle desses alunos.

-Os custos de aquisição costumam ficar a cargo da professora.

Alguns dos experimentos são demonstrados por ela mesma, sem a participação dos alunos devido às dificuldades em manter a atenção e organização dos alunos tanto na preparação do experimento, quanto na sua condução. Por exemplo, para explicar o modelo atômico de Rutherford e demonstrar seu experimento para inferir que o tamanho do núcleo dos átomos são menores do que o átomo em si, estimando suas dimensões, a professora usa um pequeno objeto qualquer como uma borracha e sobre ele coloca-se uma placa de papelão de modo a cobrir o objeto e uma área ao seu redor. A demonstração ocorre da seguinte maneira: ao jogar outros objetos como bolinhas menores que a borracha sob a placa, caso eles batam em alguma coisa e tenham sua rota alterada, sabe-se a borracha foi acertada (o núcleo do átomo), todas as bolinhas que passarem reto por baixo do papelão indicarão áreas “vazias” do átomo. Jogando várias bolinhas é possível estimar a localização e tamanho da borracha, assim como Rutherford fez ao bombardear um átomo com outras partículas.

Figura 1
Objetos usados pela
professora em suas
aulas



Foto do autor

Outro exemplo, dessa vez com melhores resultados no engajamento dos alunos, envolvendo termodinâmica fez uso de três copos de água, um com o líquido quente, outro frio e o terceiro com uma mistura dos outros dois. O experimento buscava mostrar como a percepção de calor é relativa, cada aluno colocava um dedo em cada um dos dois primeiros copos e em seguida deveriam sentir a reação ao colocá-los no terceiro copo. Seguiu-se então uma discussão sobre o que foi percebido.

Os materiais que usa para experimentos em sala de aula são carregados numa pequena bolsa, para que possam caber no armário minúsculo disponível para seus materiais. São objetos do cotidiano reunidos ao longo dos anos que se prestam a realizar simulações e experimentações de maneira improvisada e simples, sem complicações de materiais específicos listados nas apostilas de física. Entre o objetos há um pequeno jogo de espelhos, uma colher para servir de espelho côncavo e ferramenta, ímãs, velas, uma câmera escura feita com uma lata de alumínio e um caminhão de brinquedo, este usado com bexigas para propulsão. Apesar disso, a professora reconhece que são insuficientes para seus objetivos de aula.

Principais pontos

- / aulas são curtas
- / há muitos alunos por sala, dificultando a organização
- / falta de apoio e interesse da coordenação para testar e planejar melhorias
- / falta de material e local para armazenamento
- / as salas são pequenas
- / não há infra-estrutura para propiciar a organização de atividades em laboratórios

Professor Juan

Colégio Catamarã

O professor Juan, nascido na Espanha, trabalha meio período no laboratório de Plasma do Instituto de Física da USP e meio período no colégio Catamarã, onde trabalha há um ano e meio e é responsável por essas aulas.

O Colégio Catamarã é uma instituição particular localizada no bairro do jardins, em São Paulo, e atende uma um público de classe alta da região. As aulas ocorrem em período integral e as turmas possuem por volta de 12 a 15 alunos. Além da quantidade menor de carteiras as salas de aula possuem um computador e projetor para uso do professor, diferindo bastante da realidade encontrada na escola estadual.

No currículo da escola há o Curso de Laboratório, que foi criado há pouco mais de um ano e basicamente cobre experiências de mecânica, termodinâmica e de tecnologia. O local possui instrumentos



Figura 2
Laboratório do
Colégio Catamarã

Foto do autor

instrumentos para atividades de biologia, como béqueres e alguns exemplares de animais fossilizados e outros conservados em formol. Há também microscópios de mesa alguns poucos equipamentos para medição de distâncias e alguns dinamômetros.

As aulas em laboratório ocorrem para complementar o que é dado em sala, tentando dialogar com as aulas teóricas. Geralmente são baseadas na experimentação do conteúdo ensinado previamente em sala. Os experimentos realizados no laboratório da escola são baseados em um roteiro desenvolvido pelo professor, que toma como base relatórios que utiliza em seu trabalho como pesquisador na Universidade, para que os alunos compreendam as estruturas básicas, como introdução, descrição dos métodos de pesquisa etc. “A gente procura fazer com que os relatórios não se tornem atividades mecânicas, que não se limite a responder à perguntas 1,2,3.. usando perguntas mais abertas. Por exemplo, ao ver os dados obtidos são um pouco diferentes dos esperados, então, quais podem as causas dessas discrepâncias?”. Segundo o professor, é importante que os alunos entendam que “um modelo é sempre uma simplificação da realidade [...] e qualquer medida experimental tem associada uma incerteza”.

Apesar de suas precauções, o professor admite que esse modelo de aula limita a criatividade dos alunos, visto que os roteiros direcionam bem o que deve ocorrer na aula. Um dos experimentos que mais se orgulha, e que foge um pouco desse padrão, consistiu num desafio para que os alunos construíssem catapultas de madeira, buscando conseguir o maior alcance de lançamento de projétil (Figura 3). Isso fez com que os alunos tivessem de



Foto do autor

Figura 3
Catapulta de madeira
construída pelos
alunos do colégio

pesquisar além do que estava à frente deles, mas foi uma atividade que demandou mais tempo e recursos do que a escola está acostumada a disponibilizar. Há uma pressão forte para que as aulas trabalhem as habilidades cobradas nos vestibulares e atividades práticas em laboratório não são prioridade nesse assunto. Em relação aos custos, alguns alunos inclusive contrataram marceneiros para a confecção de parte de seus projetos.

Principais pontos

- / foco em preparação para vestibular engessa algumas aulas
- / organização dos experimentos com métodos científicos traz resultados positivos

Pesquisador e doutorando na Unicamp, já deu aulas de física em escolas de ensino médio, cursinhos pré-vestibulares e cursos de graduação na área de exatas.

Seu histórico permitiu uma visão abrangente sobre as principais dificuldades e deficiências apresentadas pelos alunos nessas diferentes etapas de formação acadêmicas, que infelizmente foram recorrentes entre alguns de seus alunos.

Foram poucas as vezes que abordou assuntos de astronomia em suas aulas, justificando que havia pouco espaço para isso dentro do currículo ao longo do ano. Apesar disso, o professor buscava aproveitar o caráter interdisciplinar dos conteúdos de astronomia para explicar temas que os alunos tinham dificuldade.

Como exemplo, o pesquisador cita um assunto interessante era explicar características e a origem dos elementos da tabela periódica a partir dos fenômenos de fusão nuclear, que ocorre no interior das estrelas.

A fusão nuclear explica a formação dos elementos até o ferro (seguindo a escala de massa atômica na tabela periódica) e muitos alunos tinham dificuldade em entender que o termo “fusão nuclear” refere-se ao núcleo dos átomos que se fundem, em geral eles faziam associação à materiais radioativos e cancerígenos, necessariamente algo perigoso, e era preciso re-trabalhar esses conceitos.

Esse mesmo assunto por vezes era usado para explicar as características das atmosferas dos planetas, como cor, densidade, temperatura e indícios de condições de suportar vida.

Uma de suas principais dificuldades encontradas pelo professor em sala de aula estava no fato de a maioria de seus alunos estarem defasados em conhecimentos fundamentais, fazendo com que tivesse que atrasar os conteúdos planejados para explicar assuntos

que eles já deveriam ter aprendido em anos anteriores.

Isso ocorria com assuntos ligados diretamente aos conteúdos de física, como o eletromagnetismo, o fato de alguns objetos pequenos e grandes como a própria Terra emanam linhas de campo magnético, etc. Segundo o professor, muitas pessoas só conhecem os termos rotação e translação. Além de confundí-los, desconhecem os outros movimentos do planeta ou efeitos que causam, como sua relação com as mudanças de estação ao longo do ano. Não sabem o que são equinócios e solstícios e tem dificuldade em associar o significados dos termos (“equinócio”, em que o dia e a noite tem duração equivalentes nesta data) com os fenômenos que descrevem.

Mais grave, porém, era a falta de conhecimento e habilidades matemáticas com que alunos chegavam inclusive nos cursos de ensino superior. Segundo o professor, é comum lidar com alunos que não sabiam explicar o que era uma elipse, além de outros conceitos. A capacidade de organizar dados em tabelas e elaborar gráficos eram outras carências comuns entre os alunos que dificultavam muitas de suas atividades.

Principais pontos

- / pouco espaço no currículo para assuntos de astronomia
- / vê potencial interdisciplinar positivo nos assuntos da área
- / alunos possuem grande defasagem em assuntos básicos
- / perde-se tempo e planejamento acertando defasagem

3 Pesquisando abordagens alternativas

A partir das constatações sobre as dificuldades enfrentadas nos ambientes escolares, viu-se a necessidade de buscar referências de métodos e soluções entre profissionais da área de ensino que almejam mudar essa situação. Essa pesquisa incluiu a participação em um workshop de formação de professores e em um congresso da área, contando também com a visita a projetos de extensão universitários.

3.1 Workshop: Cutting Edge In-class Physics Resources

O evento ocorreu no Instituto de Física Teórica da Unesp, parte de uma parceria entre ICTP-SAIFR, instituição latino-americana de física sediada na universidade com o Perimeter Institute (PI), referência em pesquisa avançada no Canadá, e que realiza atividades de estímulo à educação em física ao redor do mundo.

Com duração de dois dias e destinado a professores do ensino médio, o curso foi ministrado pelos professores Glenn Wagner e Greg Dick e teve por objetivo apresentar formas de abordar tópicos de física moderna em sala de aula. Com cerca de 30 professores

participantes, havia apenas um atuante da rede pública estadual, enquanto que o restante era oriundo de grandes escolas privadas da cidade de São Paulo e poucos pesquisadores, como o autor deste trabalho. A falta de divulgação do curso, além da necessidade da

Traduzido de: http://www.thirteen.org/edonline/concept2class/constructivism/index_sub1.html

| SALA DE AULA TRADICIONAL | SALA DE AULA CONSTRUTIVISTA |
|---|--|
| Currículo começa com as partes do todo. | Ênfase em habilidades básicas. |
| Currículo dá ênfase a grandes conceitos, | começando com o todo e expandindo para incluir as partes. |
| Adesão estrita ao currículo fixado é valorizada. | Busca por questionamentos e interesses do estudantes é valorizada. |
| Materiais são basicamente livros e cadernos. | Materiais incluem fontes primárias e materiais manipuláveis. |
| Aprendizagem é baseada na repetição. | Aprendizagem interativa, construída sobre o que o aluno já conhece |
| Professores disseminam conhecimento; alunos recebem o conhecimento. | Professores dialogam com os alunos, ajudando-os a construir seus conhecimentos |
| Papel do professor é dirigente, enraizado na autoridade. | Papel do professor é interativo, enraizado na negociação |
| Avaliação se dá por provas e respostas corretas. | Avaliação inclui trabalhos, observações e pontos de vista dos alunos, assim como provas. Processo é tão importante quanto produto final. |
| Conhecimento é visto como inerte. | Conhecimento é visto como dinâmico, e muda com as experiências |
| Alunos trabalham preferencialmente sozinhos. | Alunos trabalham preferencialmente em grupos. |

língua inglesa para acompanhá-lo podem ser apontados como dificultadores na participação de mais professores.

De maneira resumida, os fundamentos dos métodos de ensino divulgados pelo PI estão no construtivismo, uma teoria sobre aprendizado a partir das relações, cognições e comportamentos humanos que teve início com os estudos de Jean Piaget sobre o desenvolvimento infantil. As principais diferenças defendidas e introduzidas pelos construtivistas em relação aos métodos tradicionais de ensino são apresentadas no quadro a seguir:

O campo de estudo que se desenvolveu especificamente para a pesquisa sobre educação de física nas academias do Canadá e EUA foi cunhado de PER, Physics Education Research:

“PER is focused inquiry into what happens as students struggle to grasp and use the concepts of physics. Obviously there are limitations to discerning a person’s thoughts, but repeated patterns of responses (either in a single student or across many students at different times and places) can lead us to generate theories that explain other situations and, in some cases, have predictive power” (Beichner)

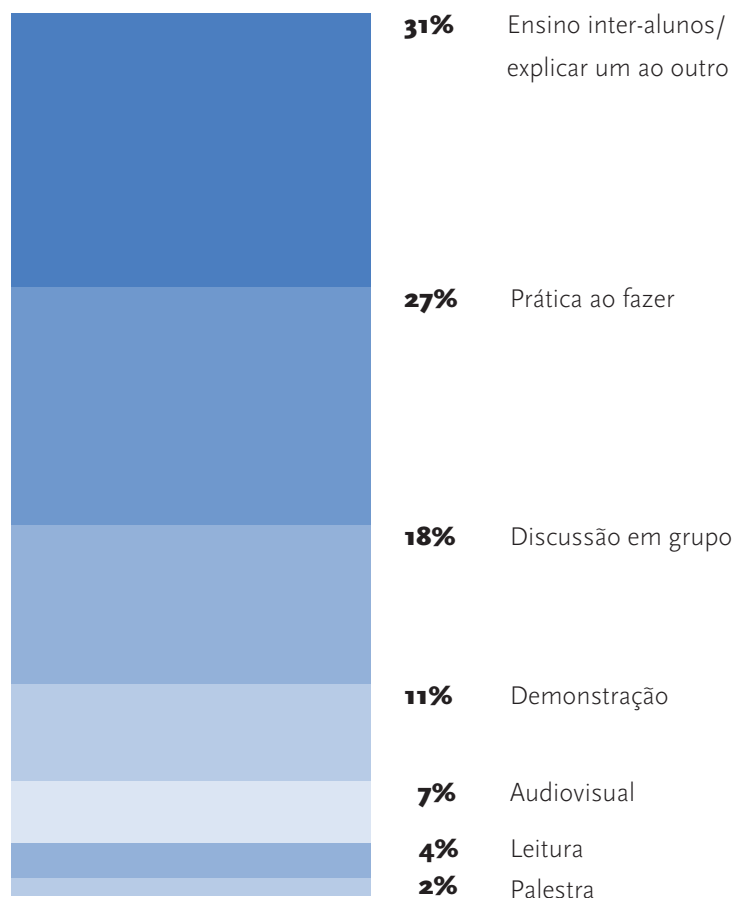
Como resultado dessa pesquisa fundamental do PER surgem as práticas que foram apresentadas e aplicadas no curso, buscando a exploração das funções cognitivas com melhor eficácia no processo aprendizagem de acordo com o gráfico abaixo. Em geral, o aluno aprende mais quando possui um papel mais ativo na aula, explicando e discutindo o conteúdos com outras pessoas, ao contrário de quando possui apenas papel receptivo, de espectador.

As atividades estudadas durante o workshop possuíam diversos formatos e dinâmicas, mas sempre envolviam o trabalho em grupo (de quatro a cinco pessoas durante o workshop) e eram estruturadas de maneira que todos os integrantes assumissem um papel ou tarefa em algum momento, participando do experimento. Indo de

encontro à metodologia, os procedimentos de cada atividade foram demonstrados ao invés de explicados.

O primeiro experimento demonstrado durante o workshop foi o da Caixa Preta, que consiste de uma caixa com quatro pontas de corda saindo dela, que serve para demonstrar que ao puxar cada uma das pontas há movimentos variados das outras pontas. O

Variação do potencial de retenção de conhecimento por processo didático (Sousa, 2006):



experimento convida os alunos a observar e estimular o pensamento criativo através da elaboração de modelos do que estaria acontecendo dentro da caixa. É importante não mostrar a real construção da caixa ao aplicar essa atividade, visto que há várias soluções igualmente eficientes que podem ser criadas por alunos, além do foco em estimular a criação do pensamento científico através da análise de observações de evidências. O estudo mais aprofundado de uma dessas atividades será abordado no capítulo 4.

3.2 Simple Experiments in Physics Teaching and Learning

Em sua palestra durante a 2nd World Conference in Physics Education, que ocorreu em São Paulo em 2016, o professor tcheco Leoš Dvůrák defendeu o uso de experimentos simples e de baixo custo para tornar aulas de física mais proveitosas e interativas.

Segundo o professor, vivemos cada vez mais cercados de aparelhos e bugigangas, contudo, se por um lado antigamente podíamos abrir um rádio e enxergar cada resistor e brincar e testar com suas peças, e possivelmente entender seu funcionamento, por outro lado, hoje os artefatos tecnológicos são “caixas pretas” difíceis de abrir e de entender. Uma consequência dessa mudança é que essas tecnologias mais recentes, como a microeletrônica, nunca puderam obter um papel significativo nos processos de aprendizagem. Ademais as tecnologias antigas, com as quais era possível visualizar facilmente os conceitos de física clássica, principalmente em relação aos estudos sobre eletrodinâmica, estão cada vez mais distantes das salas de aula devido à falta de contato tanto de professores como de crianças com objetos rudimentares e manipuláveis. Por meio dos objetos do dia a dia e com o complemento de celulares e outras ferramentas, o professor demonstrou como retomar a experimentação e exploração dos conhecimentos de física clássica.

Uma das grandes dificuldades constatadas pelo professor em

sua aulas se deve à dificuldade em introduzir ferramentas matemáticas durante o estudo de um conceito. Sua solução está no uso de celulares e microfones para atuarem como cronômetros precisos do deslocamento de objetos em experimentos.

Um exemplo de possíveis experimentações apontadas por Dvorrák: efeitos eletrostáticos, que podem ser facilmente obtidos ao friccionar um canudo de plástico ou usando um gerador de Van der Graff, e seus efeitos visuais são divertidos e conseguem captar a atenção de quase todo aluno. No entanto, a explicação do fenômeno e as conclusões matemáticas que derivam dessas reflexões em geral também podem ser incorporadas a esses tipos de experimentos:

Utilizando dois canudos plásticos e carregados eletricamente após serem friccionados contra um pano, ao aproximar os dois objetos haverá uma força de repulsão entre eles. O mesmo acontecerá com objetos alguns objetos leves maiores, e para medir a força repulsão entre eles é possível filmá-los e obter através de softwares de edição de vídeo, o tempo exato do deslocamento. Em combinação com o deslocamento de um dos objetos, calcula-se a força.

Uma furadeira, ou qualquer outro equipamento motorizado com controle de torque, pode ser utilizado para demonstrar variações de

frequência e comprimento de ondas mecânicas. No caso uma corda elástica foi amarrada uma barra metálica dobrada em “v” que foi encaixada no lugar da broca. A outra extremidade pode ser segurada por outra pessoa ou fixada.



Figura 4
Professor
demonstrando como
usar um motor para
padrões de ondas
numa corda
Fonte: http://kdf.mff.cuni.cz/lide/dvorak_en.php

3.3 Laboratório de Demonstrações do IFUSP

Laboratório com sede na Instituto de física tem por intuito formar uma coleção de aparato que demonstrem ou permitam estudar fenômenos físicos. Além de servir aos alunos da graduação da universidade, o laboratório se dispõe principalmente ao uso por escolas de ensino básico, seja por visitas ou eventos itinerantes onde alunos da graduação levam experimentos para demonstrações em escolas e eventos públicos.

Os experimentos abrangem uma enorme quantidade de assuntos: geradores de eletricidade à manivela ou vento; tubos para visualizar o comportamento de materiais imersos em líquidos diferentes; amplificadores sonoros para visualização da formação de padrões durante a propagação de ondas mecânicas em partículas de poeira. De acordo com a professora Cecil Chow, uma das coordenadoras do espaço, os experimentos conseguem envolver quando apresentados a alunos de ensino básico em geral, mas a montagem de caleidoscópios costuma ter uma participação maior e mais efetiva. Diferente da maioria dos objetos presentes, os caleidoscópios podem ser montados no laboratório, testando a quantidade de espelhos, líquidos e diversas partículas coloridas para montar composições, indo além da observação à distância ou acionamento de botão que alguns objetos proporcionam.

Todos esses objetos, montados por técnicos, professores e alunos ao longo dos anos na oficina presente no local, apresentam fenômenos de modo que possam ser observados em seus detalhes.

4 Museus de ciência

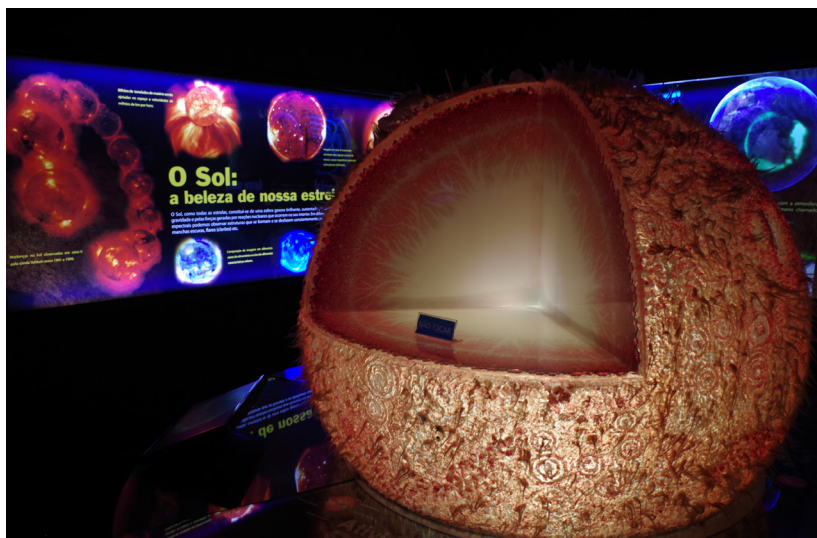
Os museus de ciência foram escolhidos como contexto a ser trabalhado por proporcionarem um ambiente onde se poderia propor de maneira experimental e flexível atividades de cunho didático sem se ater às problemáticas gerenciais vistas nas instituições escolares. A partir fato de apresentarem como público alvo principal instituições de ensino básico, buscou-se também entender maneiras de que esses espaços podem ser usados para abordar as deficiências e carências de conhecimentos fundamentais por alunos levantadas nessa pesquisa.

4.1 Museus de São Paulo

A região metropolitana de São Paulo possui dois grandes museus de ciências, o Catavento localizado no centro da capital, e o Sabina, no município de Santo André. Além disso há mais dois planetários municipais, que apesar de seu conteúdo de caráter imersivo não foi foco de estudo deste trabalho por ser predominantemente apresentativo, como uma sessão de cinema.

O Sabina, fundado em 2001, se destaca por atender exclusivamente durante quatro dias da semana alunos e professores de

Figura 5
Este modelo que
ilustra como é o
interior do Sol no
museu Catavento é
mantido à distância
do público e sua
conexão com os
painéis ao redor
não é clara.



instituições de ensino, com prioridade para as de ensino básico, fundamental e da modalidade Educação de Jovens e adultos. Além equipamentos interativos das diversas áreas de conhecimento, possui um aquário, um pinguinário, um planetário e outros equipamentos em seu espaço.

O Catavento funciona desde 2009 no Palácio das Indústrias, edifício histórico da cidade de São Paulo. Possui seu acervo dividido em quatro seções, agrupando áreas do conhecimento correlacionadas. São elas: Universo, Engenho, Vida e Sociedade.

Há muitas similaridades no acervo dos dois museus, como a divisão por seções de acordo com área de conhecimento. Com exceção do planetário presente apenas no Sabina, e que é o grande chamariz do local, os objetos dos acervos de astronomia são muito semelhantes em ambos os locais, abusando de painéis com textos longos cobrindo as paredes, além de muitas imagens. Nessas ambientes, o visitante age como espectador, lê tudo e tira conclusões. Se houver apresentação por parte de um monitor, há o enriquecimento dos conhecimentos vivenciados. Ainda assim, as experiências do espectador/ usuário são passivas, são meros ouvintes.

Segundo Gabriel Giannini, organizador do conteúdo das áreas de



Figura 6
Equipamento
seção Engenho
no Catavento para
simular os efeitos da
variação de pressão
do ar, acionada pelo
botão, em uma
bexiga que estava
estourada.

ciências exatas do Catavento, o foco durante o processo de planejamento das peças é o apelo visual através de imagens. Além dos painéis há o uso de esculturas e modelos, que infelizmente são mantidos à distância do público em sua maioria. Ainda segundo o organizador, nenhum material do museu foi planejado com preocupações de acessibilidade, resultando num museu pouco proveitoso para qualquer pessoa com limitações de visão.

Há um grande potencial para suprir essa carência por experiências mais variadas e que tirem proveito dos benefícios de usar atividades multissensoriais mencionada nos capítulos anteriores. Esse não é um problema exclusivo da seção de astronomia, muitos dos equipamentos das demais áreas são como o da figura XX, que requerem apenas um botão para funcionar e fornecem uma experiência limitada por uma caixa de vidro.

4.2 Dinâmicas em museus interativos

Além dos museus da região de São Paulo, foram levantados exemplos de soluções em museus ao redor do mundo para objetivos de comparação e aumento de repertório. A empresa alemã Huttinger, responsável por projetar e construir instalações interativas para museus de diversos países na Europa e Ásia, foi a principal referência consultada em razão de apresentar documentado o uso e teste de alguns de seus projeto em vídeos. Dessa maneira foi possível conhecer novas soluções voltadas à astronomia e outras formas de projetar pensando na interatividade. A partir dessas informações foi possível estabelecer alguns tipos de relações das dinâmicas entre os usuários (visitantes), intermediadores (monitores) e objetos de acordo com o tipo de atuação que cada um desses elementos pode assumir em cada instalação. A seguir foram organizadas algumas das relações observadas que evidenciam o grau de participação e interação de um visitante a um espaço expositivo em museus de ciência.

Papel do participantes numa interação com uma instalação de museu de acordo com sua atuação

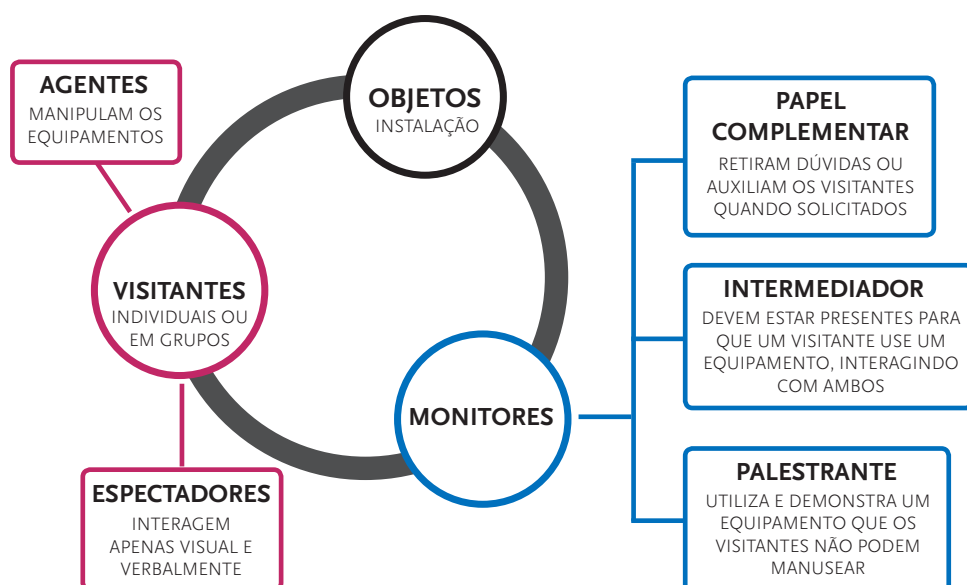




Figura 7
Equipamento do
museu Sabina
Foto do autor

Sistema Sol-Terra-Lua

Este equipamento presente no Sabina apresenta um modelo dos três corpos celestes sobre uma mesa com um conjunto mecânico que permite simular de maneira simplificada o as relações de movimento entre esses corpos, como rotação, translação, eclipses e outros. O monitor realiza a explicação com auxílio do equipamento que apenas ele manipula. O visitante, por sua vez, assiste à apresentação sem necessariamente vivenciar o fenômeno demonstrado. A participação do visitante ocorre quando responde a perguntas do monitor, ou tira dúvidas. Ainda assim, é uma recepção de conteúdo contemplativa e passiva.



Não há ligação direta
entre os objetos e os
visitante, resultando
num envolvimento
reduzido

Figura 8
 Instalação com
 espelhos projetado
 pela Huttinger para o
 museu dos Emirados
 Árabes
 Fonte: SCASS (2016)



Espelho pneumático

Esse equipamento do Sharjah Center Planetarium nos Emirados Árabes possui um espelho com sistema pneumático na sua parte posterior que permite a deformação da face reflexiva em diversos pontos. Os visitantes podem se posicionar na frente do espelho e observar as alterações em sua imagem e na dos outros ao seu redor à medida que se deslocam. Efeitos variados ocorrem sobre o controle do espelho pelo monitor. Este equipamento permite que ambos visitantes e monitores causem reações na imagens refletidas, mesmo havendo uma diferença no nível de controle de cada parte.



Monitores e visitantes
 exercem influência sobre
 esse equipamento

4.3 Comparativo entre uma atividade do Perimeter Institute e uma instalação de museu projetada pela Hutteringer

Durante o Workshop do Perimeter Institute foi apresentada uma atividade para uso em sala de aula para introduzir o conceito de movimento circular uniforme para alunos de ensino médio por meio de um experimento que envolveu o uso de um pequeno conjunto de objetos simples. O objetivo desse experimento era que os alunos pudessem visualizar e analisar as forças envolvidas no movimento de um objeto em órbita para que num segundo momento pudessem relacionar esses conceitos com o movimento dos planetas e estrelas através da influência da força gravitacional e da massa no movimento orbital de corpos celestes.

Um experimento com objetivos similares foi encontrado ao pesquisar o acervo que a empresa Hutteringer desenvolveu para um museu nos Emirados Árabes, permitindo a comparação como ambientes diferentes propuseram uma abordagem para um mesmo tema.

Atividade de sala de aula

Materiais utilizados

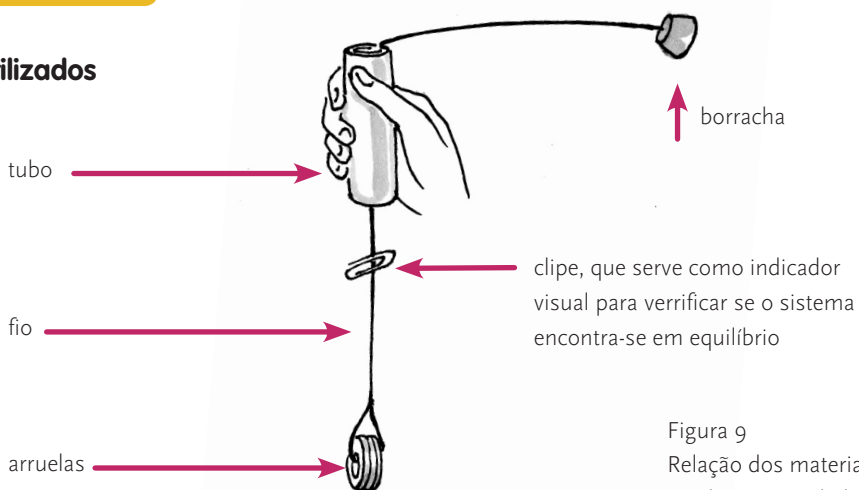
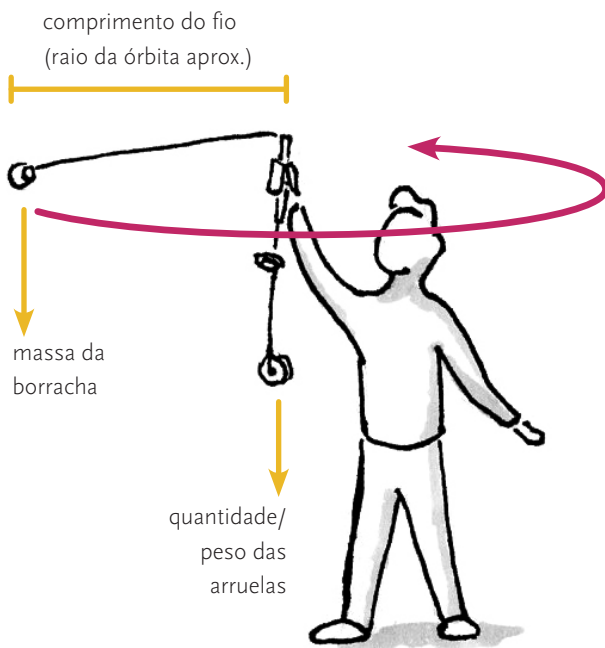


Figura 9
Relação dos materiais
usados na atividade



Indicação das principais variáveis a serem alteradas durante o experimento

Figura 10
Ilustração da movimentação que o aluno deve dar aos objetos.

Roteiro da atividade

Alunos são divididos em grupos de 2-4 membros

1

Cada grupo monta o conjunto seguindo orientações do professor

2

Um aluno fica responsável por manipular os objetos, mantendo a borracha em órbita conforme figura 10

3

Usando cronômetro ou celulares os membros restantes captam os períodos de rotação da borracha

4

Altera-se um das variáveis, como o número de arruelas ou o comprimento do fio

5

Repetem-se as medições e alteração de variáveis

6

Tratamento matemático dos dados com geração de gráficos para análise

7

Movimento Circular Uniforme: conceito

“Um objeto se movendo em velocidade constante em uma trajetória circular está em aceleração. Esta aceleração é causada por uma força resultante em direção ao centro do círculo da trajetória (força centrípeta). Qualquer mudança nessa força implicará mudança no movimento orbital do objeto” (Perimeter, 2013 - tradução livre)

Essa atividade utiliza objetos simples para abordar e exemplificar os fatores atuantes num movimento circular uniforme, facilitando e exercitando a coleta de dados por parte dos alunos e para uma posterior análise.

Atividade de sala de aula

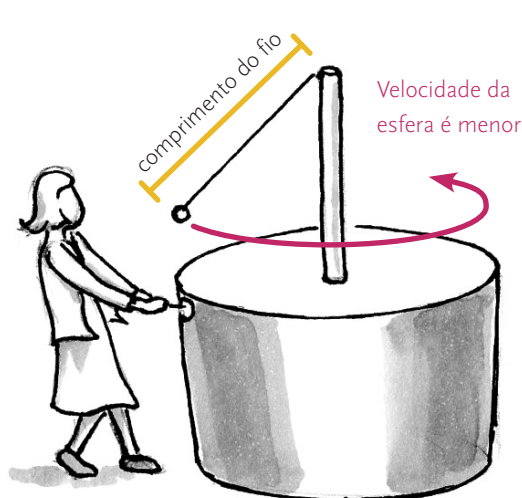


Figura 11
Situação antes do
usuário puxar a corda

**Apenas o comprimento do fio pode ser
alterado pelo usuário neste equipamento**

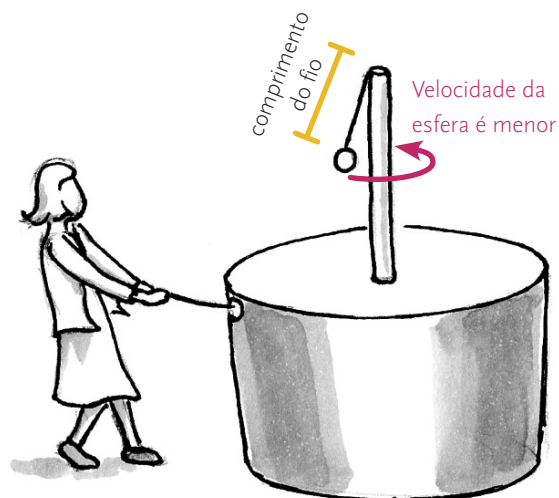


Figura 12
Situação após o
usuário puxar a corda

O equipamento desenvolvido pela Huttinger funciona de maneira similar à atividade anterior. Há uma esfera presa à ponta de um fio que sai de um tubo sobre uma bancada que impede que os usuários entrem na região de movimento. Nele, porém, o giro no fio é provocado de maneira automatizada e o comprimento do fio é a única variável que o usuário pode alterar.

O velocidade máxima de giro do fio é muito mais baixa do que o que pode ser obtido manualmente na atividade escolar. Apesar de garantir a segurança caso alguém se aproxime da esfera pendurada, isso faz com que o eixo de rotação da corda fique muito distante do centro do plano de rotação da esfera, fazendo com que esses elementos percam a capacidade de ilustrar os vetores das forças atuantes no fenômeno.

É de se esperar que em meio a outros equipamentos do museu, este tenha uma interação deliberadamente limitada, para garantir

um uso por um curto período de tempo. Se no entanto, houvesse uma maior preocupação em fornecer indícios visuais das forças e vetores atuantes em um objeto em movimento circular uniforme, haveria oportunidade de aprofundamento do assunto como ocorre na atividade do Perimeter Institute.

5

Análise de Produtos Existentes

Com o objetivo de aumentar o repertório e buscar referências de produtos com a temática de astronomia, foi realizado um levantamento de brinquedos e produtos educacionais disponíveis no mercado. Com isso foi possível perceber quais os temas, fenômenos e tipo de representação utilizada nestes produtos. A possibilidade de interação do usuário com o produto também foi observada.

5.1 Objetos de estudo

Tendo em vista a constatação de que as lojas nacionais de produtos educacionais com foco no ensino de astronomia ofereciam majoritariamente produtos importados, o levantamento desse tipo de produto foi feito diretamente no site dos principais fabricantes e varejistas estrangeiros, que além de apresentarem informações e manuais de uso de alguns dos produtos, ofereciam também referências de brinquedos e jogos voltados à outras áreas das ciências para efeitos de comparação. As principais lojas estudadas foram a Amazon (EUA), Toys'R'Us (EUA), Science4you (Portugal), além de fabricantes como Thames & Hudson e National Geographic.

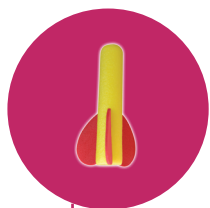
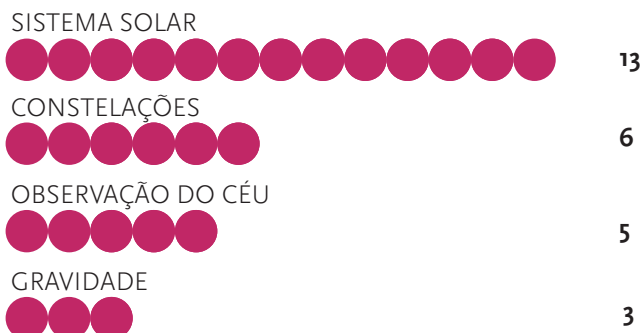


Figura 13
Tema abordado
com o uso
de foguetes e
projeteis

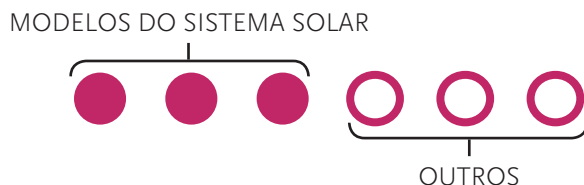
Principais temas recorrentes nos produtos



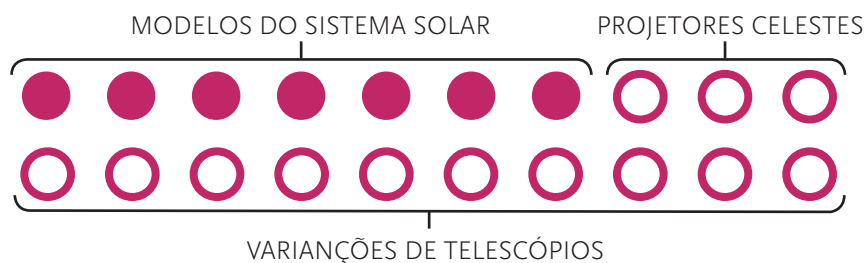
O tipo de brinquedo mais frequentemente encontrado é o de modelos do sistema solar. Enquanto grande parte deles é apenas um brinquedo expositivo, como um enfeite, alguns produtos possuem motores que dão movimento aos planetas.

Não foi observada, no entanto, preocupação alguma em evidenciar informações sobre aspectos como a real escala dos planetas e suas distâncias em relação ao sol ou o trajeto elíptico dos planetas ao redor do sol (que é circular em todos os brinquedos motorizados). O nível de interação requerido nesses brinquedos limita-se à sua montagem, e no caso daqueles em que é necessário pintá-los, as sugestões referem-se apenas à aparência de cada corpo celeste há uma oportunidade perdida de trabalhar a relação das cores dos planetas com suas características físicas caracterizando, por exemplo, se se trata de um planeta rochoso, gasoso, se há possibilidade de ter água em estado líquido, se a coloração evidencia a presença de materiais em sua composição.

Brinquedos de astronomia fabricados pela Thames & Hudson



Os 20 primeiros produtos para astronomia encontrados na busca na amazon.com



A loja Toys'R'Us apresentou um sistema de busca inconsistente: ao pesquisar por palavras chaves como “astronomy”, “toys” e “kits”, os resultados levavam a uma série de brinquedos relacionados a Star Wars. Além disso, apenas constavam dois brinquedos de modelos do sistema solar já vistos nos outros fabricantes e dois globos terrestres e que, conforme mencionado, apenas solicitam a montagem e pintura de seus componentes, sem oferecer outras informações ou estímulos a outras brincadeiras ou associações.

Fonte: <https://www.amazon.com/Thames-Kosmos-DIY-Solar-System/dp/BooIRAWCOM>

DIY Solar Yarn (produzido pela Thames & Hudson) é um dos produtos que levantam questionamentos sobre quando é justificada a necessidade de um conjunto de objetos ser colocado em uma embalagem para serem vendidos. O produto contém bexigas, lã, cola e tinta para serem transformados em modelos de planetas por crianças, usando apenas itens comumente encontrados em papelarias e mercados sem oferecer nenhum complemento ou justificativa que auxilie seu uso.



Figura 14
Modelo de Saturno
que pode ser
montado em
kit vendido pela
Thames & Hudson

6 Encaminhamentos do projeto

Assim como levantado na pesquisa sobre conteúdos de astronomia usados em sala de aula, buscou-se permitir que os temas de um equipamento pudessem ser tratados em diferentes profundidades, de acordo com os objetivos e interesses dos visitantes do museu. Mais do que tudo é importante ressaltar a busca por experiências que estimulem a compreensão dos fenômenos, a curiosidade, a apreensão de conteúdos a partir da criação de analogias, procurando-se criar situações em que o visitante é convidado a interagir com os equipamentos e espaço expositivo.

Levou-se em conta a variedade de tipos de interação que podem ocorrer entre os visitantes, os equipamentos e monitores/instrutores. Sendo, quando possível abranger mais de um tipo do espectro de uma interação visitante-equipamento e uma em conjunto com diversos visitantes e monitores.

A partir dos dados levantados sobre as falhas na educação escolar foram selecionados dois tópicos entre os assuntos básicos: as dimensões e as distâncias entre os planetas e corpos celestes dos sistema solar; e as causas das fases da lua. A seleção destes temas se deu pela percepção de que interpretações equivocadas de fenômenos podem acarretar em um aprendizado incorreto, e podem

Principais tópicos em astronomia que alunos apresentaram desconhecimento ou conceitos alternativos

forma esférica da Terra

posicionamento dos seres humanos em sua superfície

ciclo de dia e noite

caracterização do Sol como uma estrela

Características físicas e dimensões das estrelas

causa das estações do ano

formação das fases da lua

fenômenos de eclipses lunares e solares

força gravitacional

Leis de Kepler

características das órbitas dos planetas

a persistência de uma visão geocêntrica do Universo

existência de estrelas entre os planetas do Sistema Solar

Os temas escolhidos para serem abordados estão marcados em azul

desencadear uma série de outras interpretações equivocadas.

Um terceiro tema foi adicionado, a espectroscopia, devido a sua conexão com diversos subtemas relevantes sobre descobertas mais recentes da área, tais como: instrumento de identificação dos elementos químicos, análise dos movimentos dos corpos celestes e etc.

A duas ideias apresentadas neste capítulo ainda encontram-se em estado inicial de conceituação, enquanto que uma terceira, sobre a distância entre a Terra e a Lua, foi desenvolvida até o estágio de prototipação e será detalhada no capítulo 7.

6.2 Geração de ideias: Espectroscopia

Objetivo

Trabalhar conceitos introdutórios de espectroscopia a partir da característica prática desta técnica de obter dados à partir da decomposição das ondas eletromagnéticas, incluindo a luz visível, e interpretar informações a partir da luz emitida ou refletida por corpos celestes

Explorar uma abordagem multissensorial, utilizando a sonificação dos dados extraídos da luz de planetas para auxiliar na sua compreensão

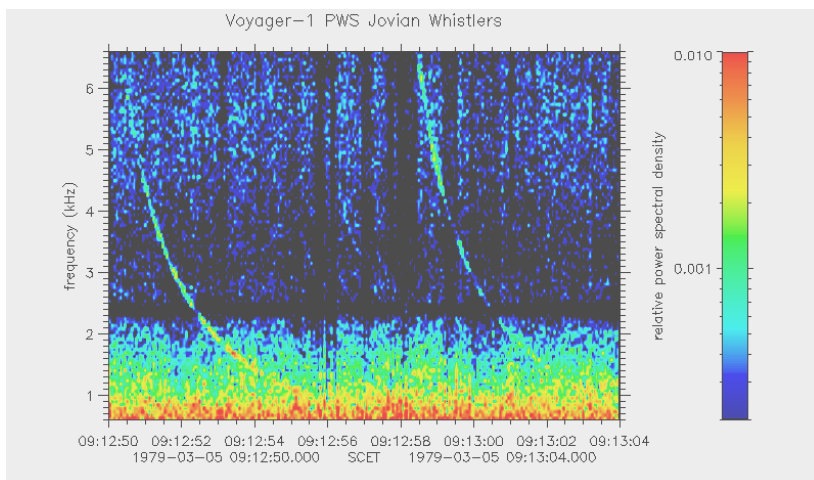


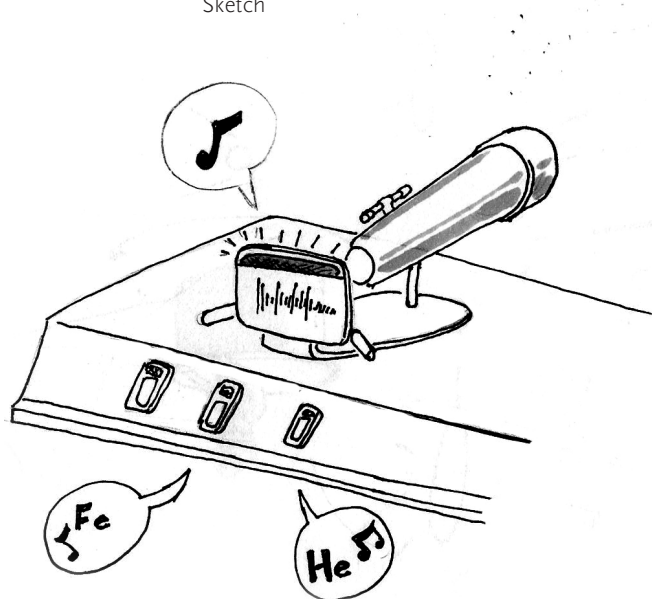
Figura 15
Por meio da conversão dos dados em sons, gráficos complexos, com este contendo radiação de Jupiter, podem ficar mais facilmente acessíveis
fonte: <http://www-pw.physics.uiowa.edu/space-audio/sounds/JupiterWhistlers/jwhist-png.html>
Audio disponível em: <http://www-pw.physics.uiowa.edu/space-audio/sounds/JupiterWhistlers/jwhist.wav>

Sonificação é uso de sons não verbais para transmitir informações e tornar dados perceptíveis. (Hermann, 2011)

Por meio da espectroscopia, pode-se, por exemplo, identificar elementos químicos que compõem a atmosfera de um planeta a partir da decomposição e identificação das faixas de frequência que caracterizam cada elemento.

Para esta proposta, buscou-se construir um posto de observação de planetas conforme ilustração abaixo:

Figura 16
Sketch



1

Modelos de planetas estão espalhados pelo teto e parede do local

2

O telescópio pode ser rotacionado e ter sua lente apontada para um dos planetas.

3

Nesse momento a tela mostra uma simulação do espectro observado na atmosfera do planeta

4

A caixa de som emite a sonorificação da frequência do espectro

6

Os visitantes podem tentar descobrir qual dos elementos presentes na bancada também se encontram no planeta ao comparar se há sons similares da duas fontes de som.

5

Pequenos aparelhos móveis distribuídos pela bancada emitem a sonorificação do espectro de elementos individuais, como o do Hélio e do Ferro.

6.2 Geração de ideias: Fases da Lua

Problemas abordados

Desconhecimento sobre as reais causas das fases da Lua; explicações incorretas sobre o tema permanecem no repertório das pessoas

Baixos conhecimentos em geometria

Segundo a Professora Elysandra do IAG, grande maioria das pessoas associa a mudança de fases da Lua com a projeção da sombra da Terra sobre sua superfície. Isso, no entanto, trata-se de um eclipse lunar, e ocorre em frequência muito menor do que a das fases da Lua.

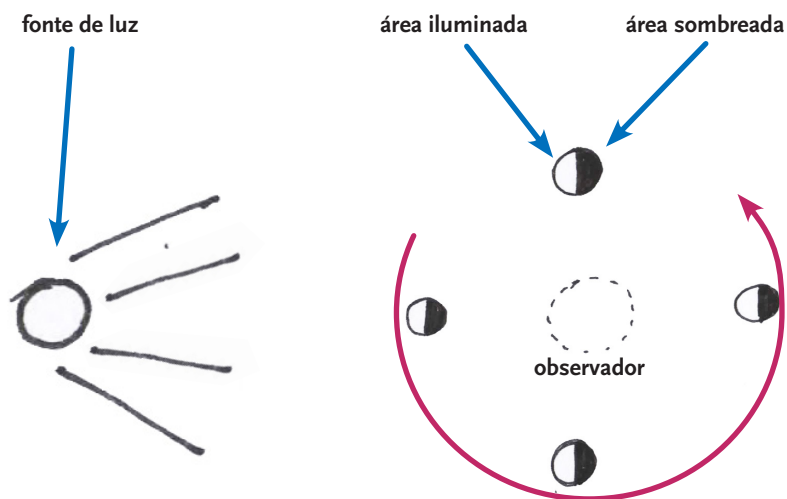
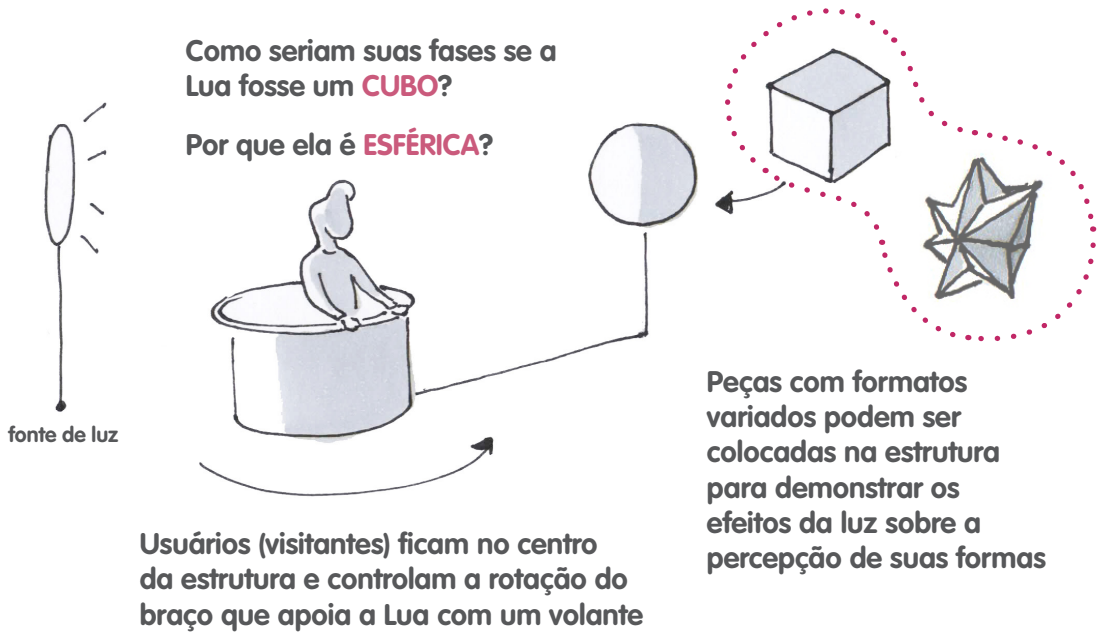


Figura 17
Ilustração
esquemática

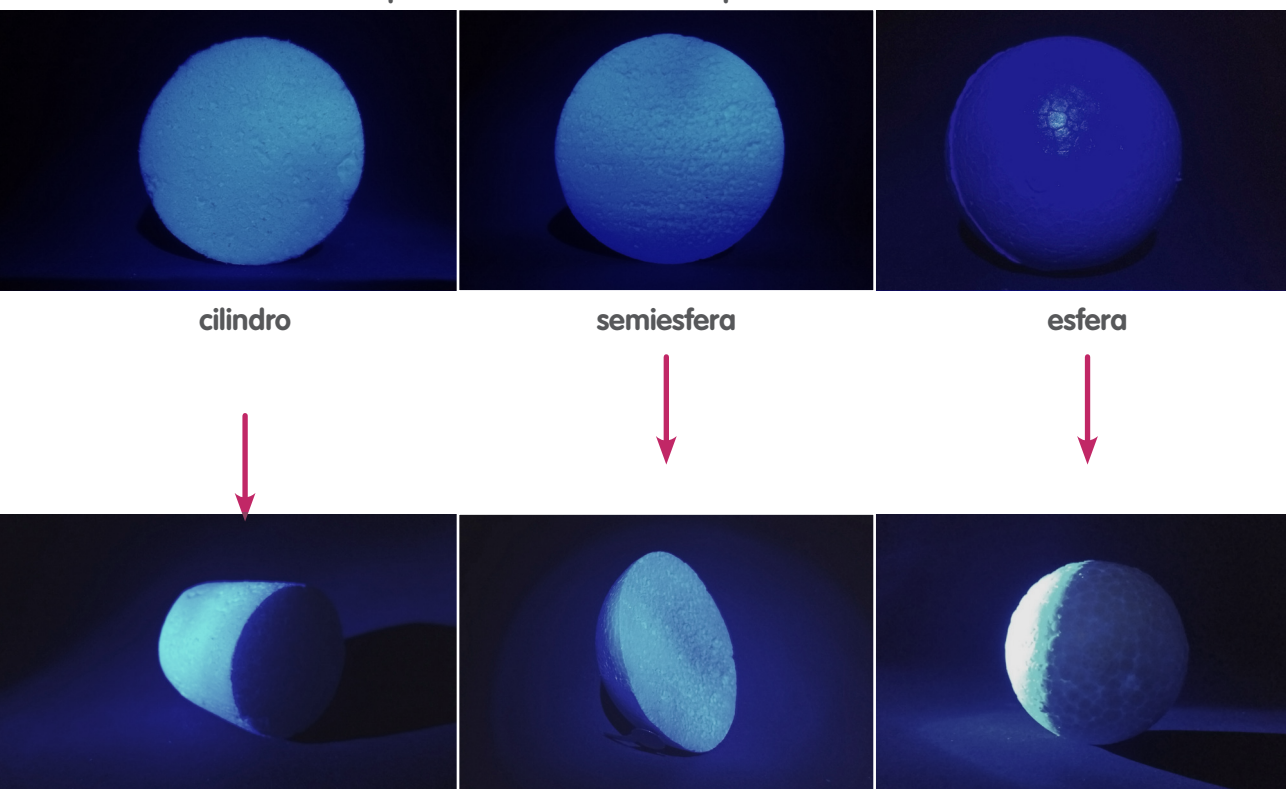
A figura acima ilustra como um observador que possui um objeto esférico orbitando ao seu redor e iluminado por uma única fonte de luz, fixa em relação observador, verá diferentes porções da superfície do objeto iluminadas ao longo de seu período. O mesmo ocorre com a variação de porção da superfície da Lua que podemos ao longo ciclo lunar, e é o que permite inferir que seu formato é esférico.

Figura 18
Sketches

Com o objetivo de tornar esse assunto mais claro, foi elaborada uma proposta de instalação que consistiria num estrutura rotativa onde esse fenômeno pudesse ser vivenciado:



Três objetos diferentes podem parecer iguais de dependendo do modo com que são observados



Ao alterar seu posicionamento ou o da fonte de luz mais informações sobre suas formas são reveladas

Os objetos da imagem acima foram criados para exemplificar o tipo de discussão que se pretende conseguir ao permitir que a Lua seja substituída na estrutura e diversas outras formas geométricas possam ter estudadas.

Um segundo passo que complementaria essa atividade incluiria objetos montados pelos visitantes antes de entrarem na estrutura a partir de blocos de montar, como peças de Lego. Deste modo poderiam exercitar sua capacidade de imaginação e experimentação.

Figura 19
Objetos criados com isopor para testar os efeitos da luz sobre a percepção de suas formas

7 Experimento: A Distância entre a Terra e a Lua

As imagens usadas em livros para ilustrar as relações entre o Sol, os planetas e seus satélites predominantemente recorrem ao uso de escalas irreais e distorcidas para que os objetos representados caibam de maneira legível numa página. Cabe ressaltar que os modelos, sejam eles matemáticos, icônicos, funcionais apresentam apenas algumas

das variáveis para representar a realidade. São portanto representações parciais da realidade e como mencionado pelo professor Juan da Escola Catamarã, ocorrem algumas incertezas. Detalhes como diferença de tamanho entre os planetas rochosos e gasosos, e principalmente entre as estrelas também não são abordados de maneira precisa e deixados à imaginação de quem lê, o que também pode influenciar na percepção dos conceitos de massa, densidade e força gravitacional e sua relação com as variáveis de distância.

Trabalhar com escalas que respeitem as proporções dos planetas requer muito espaço. No projeto *To Scale*, de Wylie Overstreet, uma

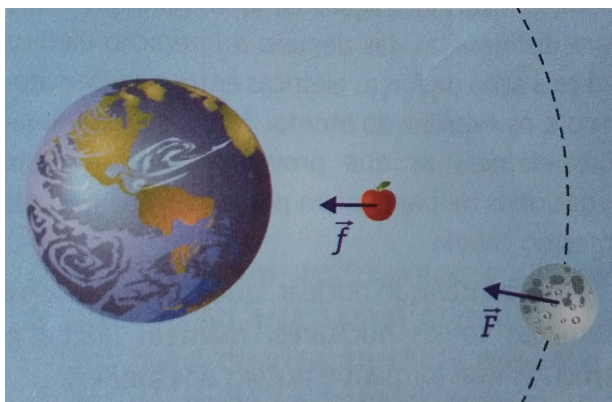


Figura 20
Representação Terra e Lua em livro didático usado com os alunos de ensino médio na E.E. José Maria
Fonte: Gonçalves Filho, 2002

maquete do sistema solar foi gerada no deserto, tendo como ponto de referência a Terra para estipular as dimensões e distâncias dos corpos celestes. Esta instalação, em que a Terra era do tamanho de uma bola de gude de 2 cm de diâmetro, se estendeu num raio de 5,6 km, no órbita do planeta mais distante, Netuno.

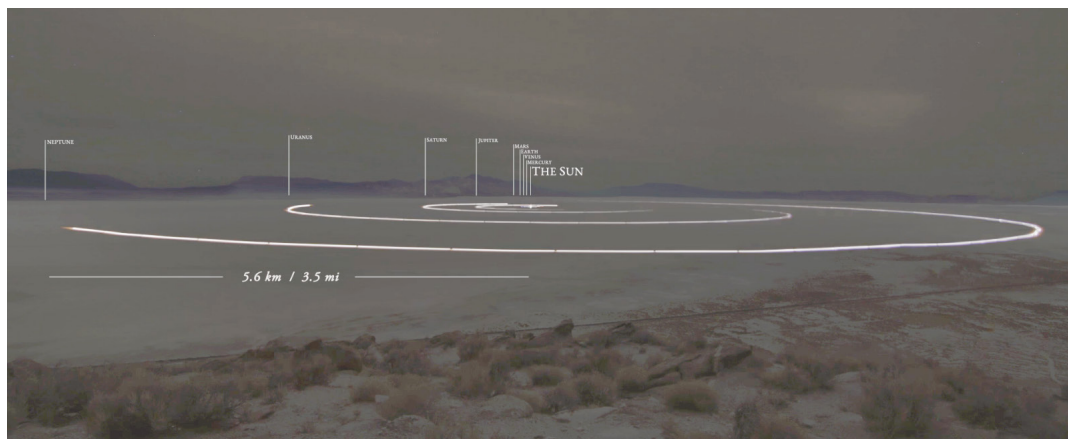


Figura 21
Cena do vídeo
To Scale (2015)

Esta instalação serviu como modelo de inspiração para criação de dinâmicas que tratassem o assunto das proporções de astros no Sistema Solar e desenho de suas órbitas. Para garantir um maior grau de familiaridade com dimensões de astros do sistema solar, surgiu a ideia de produzir o planeta Terra e a Lua numa escala aproximada de 1:850, que ocuparia um espaço de 4,5 metros, compatível com áreas expositivas dos museus. Nessa instalação, os visitantes agiriam ativamente manipulando as peças e revelando relações entre elas, tendo os monitores como complemento e auxílio

Tipo de relação projetada
entre os elementos da
instalação e usuários



7.1 Desenvolvimento

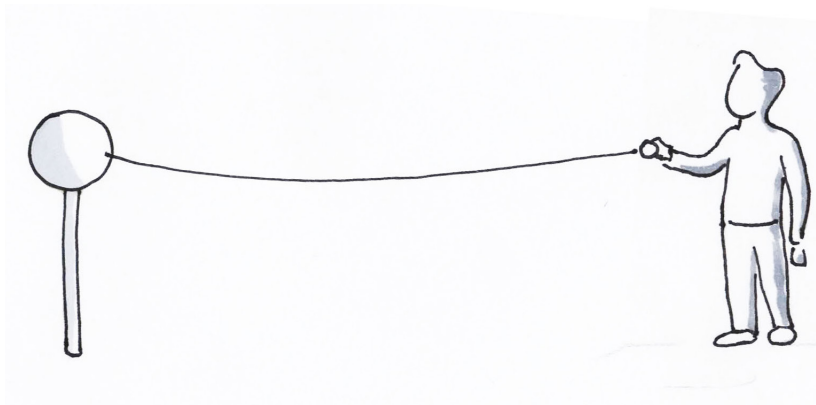


Figura 22
Sketch: criança puxando a lua para descobrir sua distância da Terra

Para os primeiros estudos foram usados os seguintes materiais: 1 bola de PS expandido (isopor) oca de 15 cm de diâmetro; 1 bola de PS pequena de 4 cm de diâmetro, uma trena metálica de 5 m. Dentro da bola maior, que representa a Terra, foi colocada uma trena, com a ponta presa à bola menor, representando a Lua.



Figura 23
Modelo de estudo com isopor e fita métrica
Foto do autor

A interação projetada parte do questionamento “Sabendo-se que a Lua gira em torno da Terra, e que, proporcionalmente, se a Terra tem este tamanho e a Lua tem este tamanho, a que distância você acha que uma está da outra?”, e pedirá que o usuário visitante do museu posicione a esfera da Lua a distância que acredita ser. Ao

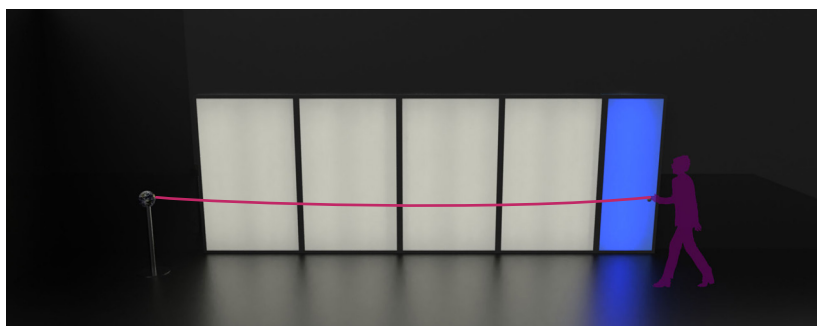
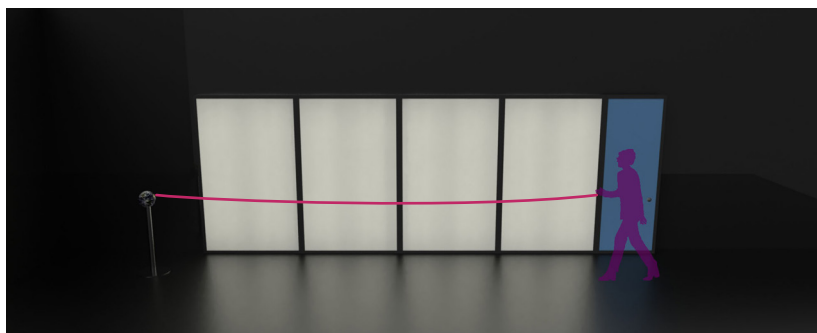
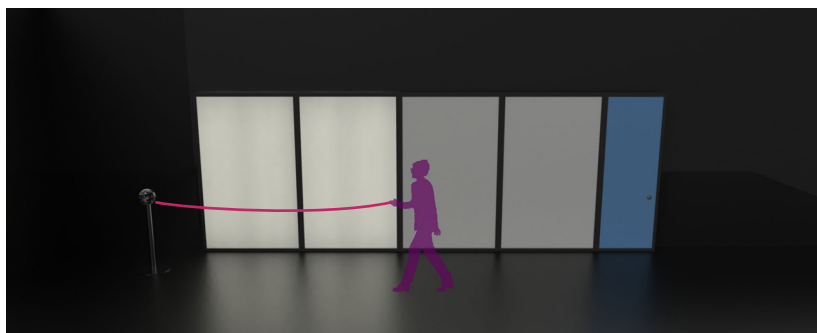


Figura 24
Ilustração digital de
estudo com painel
retroiluminado
acendendo de acordo
com o comprimento
da corda

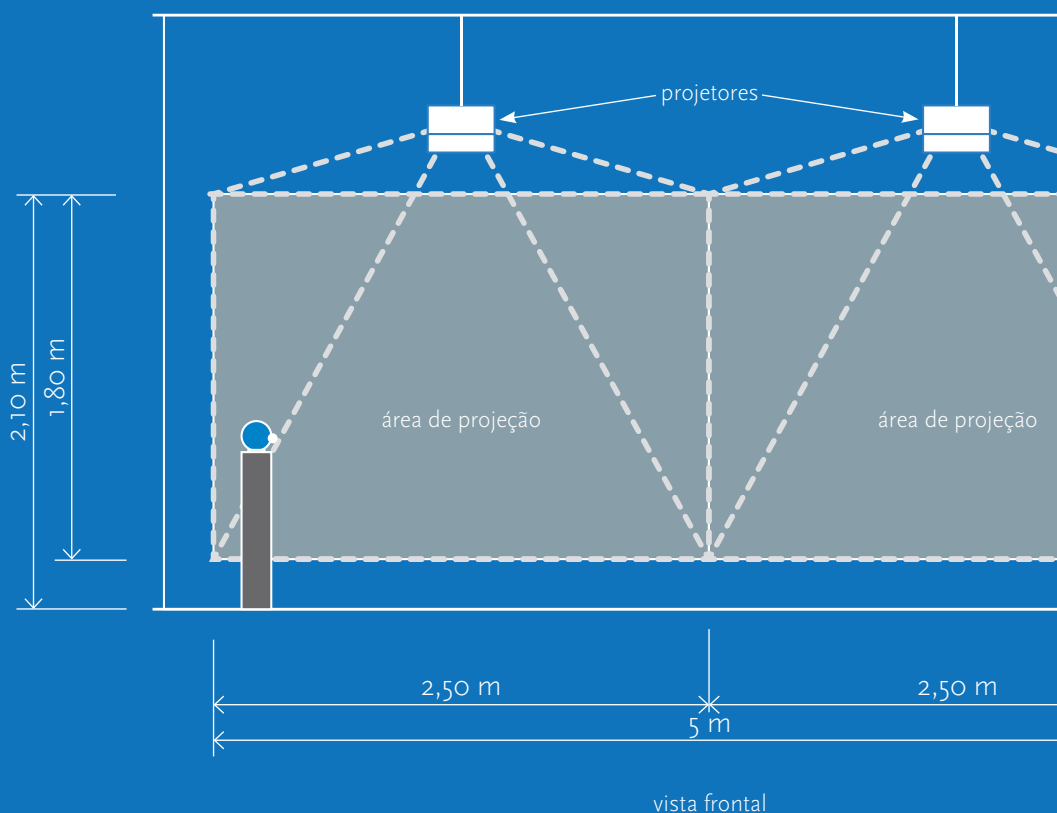
invés de uma trena, uma corda conectando as duas esferas seria responsável por ativar painéis na parede adjacente, revelando informações conforme a pessoa se afasta da Terra. Os primeiros estudos previam painéis retroiluminados, que seriam acessos conforme a corda ligando as esferas fosse puxada.

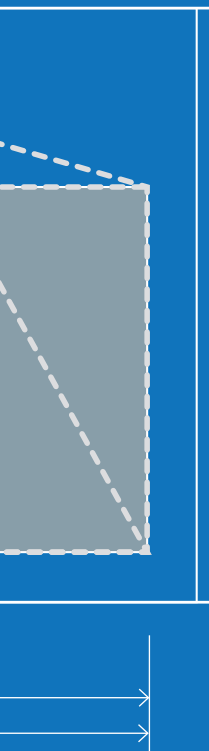
Essa ideia desenvolveu para o uso de uma projeção na parede adjacente, mostrando informações e indicações para a pessoa continuar se movendo até a distância final. A projeção necessitaria de acionamento eletrônico, ainda reagindo ao movimento de uma corda.

A relação dos elementos desenvolvidos para compor a instalação, assim como suas dimensões geral estão detalhados nas próximas páginas.

7.2 Elementos da instalação

A disposição dos objetos necessários para a composição do ambiente da instalação segue as medidas abaixo:



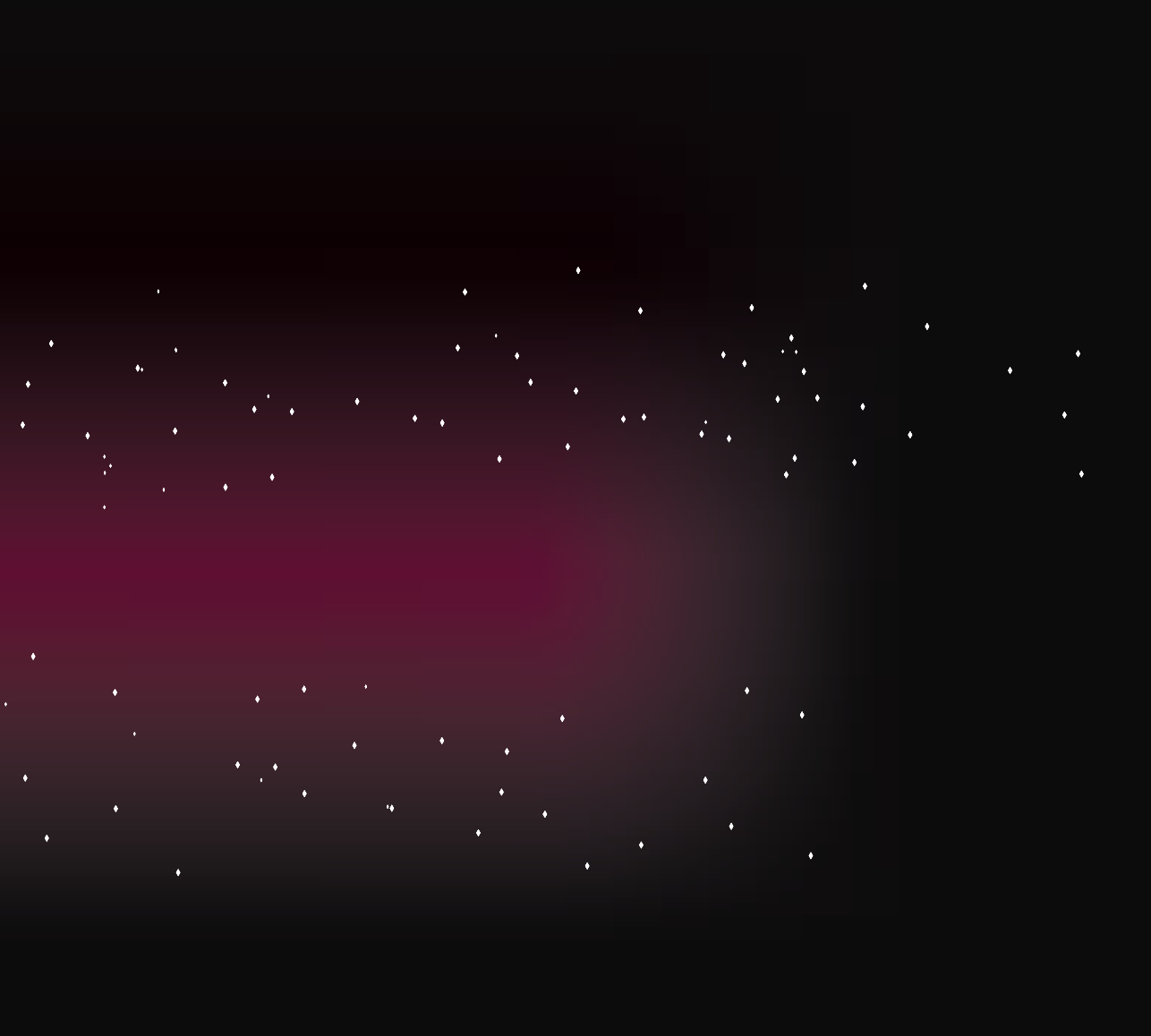


VOCÊ SABE QUAL A DISTÂNCIA ENTRE A TERRA E A LUA?



7.3 Interface

Ao lado dos objetos físicos da Terra e da Lua, foi desenvolvida uma interface a ser exibida via projetores numa parede de 5 m. Essa interface tem por objetivo compor um ambiente que colabore com a imersão no assunto da astronomia por meio de uma representação ilustrativa do espaço. Sua principal função, além disso, é convidar os usuários a manipular os objetos da instalação através da chamada:



“Você sabe qual a distância entre a Terra e a Lua?”. Além disso deve guiá-los e manter-lhes a atenção durante a experiência.

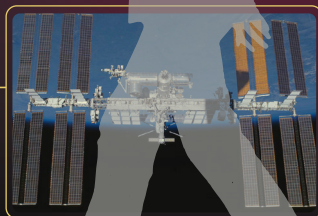
Figura 25
Tela inicial
da interface
convidando a ação
de um usuário

VOCÊ SABE QUAL A DISTÂNCIA ENTRE A TERRA E A LUA?

A LUA FICA MAIS ADIANTE...
VOCÊ ACABOU DE PASSAR PELA
ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Ela se movimenta numa órbita entre
330 e 435 km distante da superfície da Terra
Na escala deste modelo, essa distância não
ultrapassa 0,5 centímetro

CONTINUE PUXANDO



A primeira mudança na interface ocorre quando a Lua é puxada em torno de 5 cm. Essa distância foi obtida durante os testes com os modelos, sendo menor que as distâncias com que os usuários posicionavam o objeto de início, e que refletia suas concepções incertas sobre o assunto.

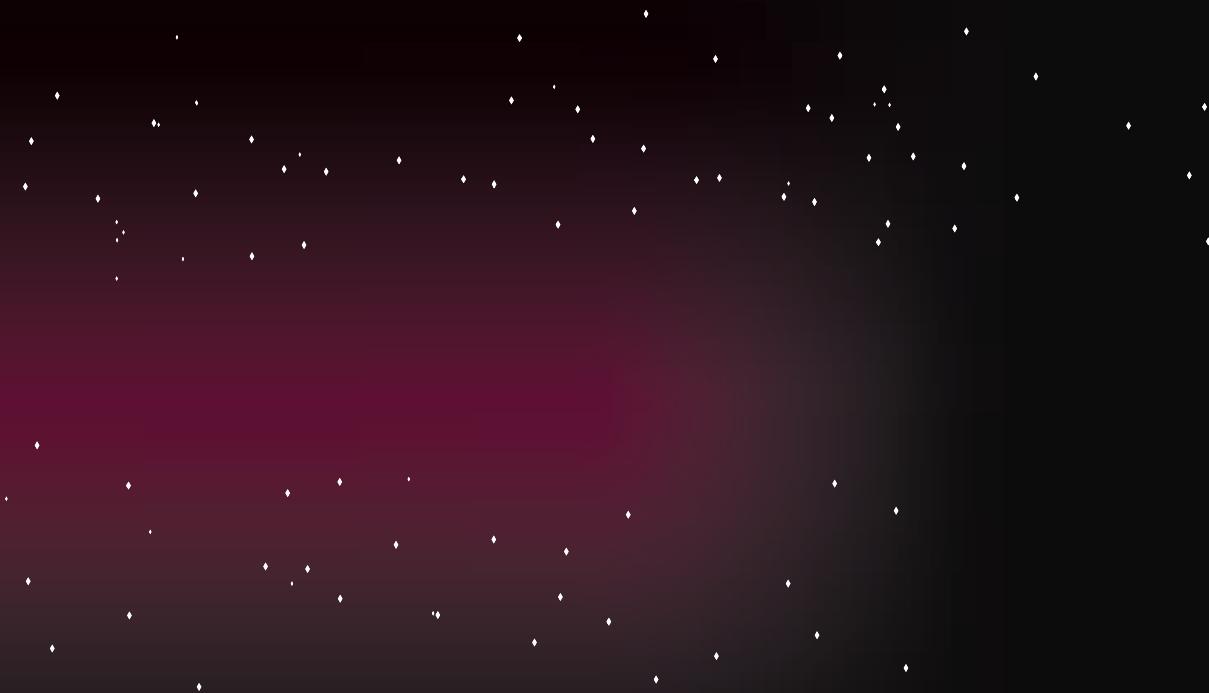


Figura 26
Tela programa da
interação em uso
Imagem da Estação
Espacial: [https://
www.nasa.gov/image-
feature/international-
space-station-18](https://www.nasa.gov/image-feature/international-space-station-18)

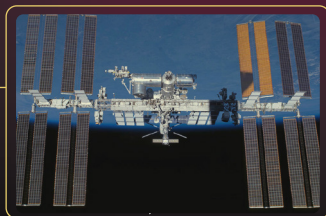
VOCÊ SABE QUAL A DISTÂNCIA ENTRE A TERRA E A LUA?

A LUA FICA MAIS ADIANTE...
VOCÊ ACABOU DE PASSAR PELA
ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL

Ela se movimenta numa órbita entre
330 e 435 km distante da superfície da Terra.
Na escala deste modelo, essa distância não
ultrapassa 0,5 centímetro.

CONTINUE
A CADA ANO, A LUA SE AFASTA
3,8 CM DA TERRA

O caminho é longo, mas nesse escala você
pode chegar lá bem rápido.



Durante o percurso que o usuário percorre ao longo da experiência, indicações na interface pedem que o usuário continue se movendo até que chego na distância final. Curiosidades e informações são exibidas durante o trajeto, elas servem tanto o usuário que manipula a lua, quanto aos outros que o assistem.

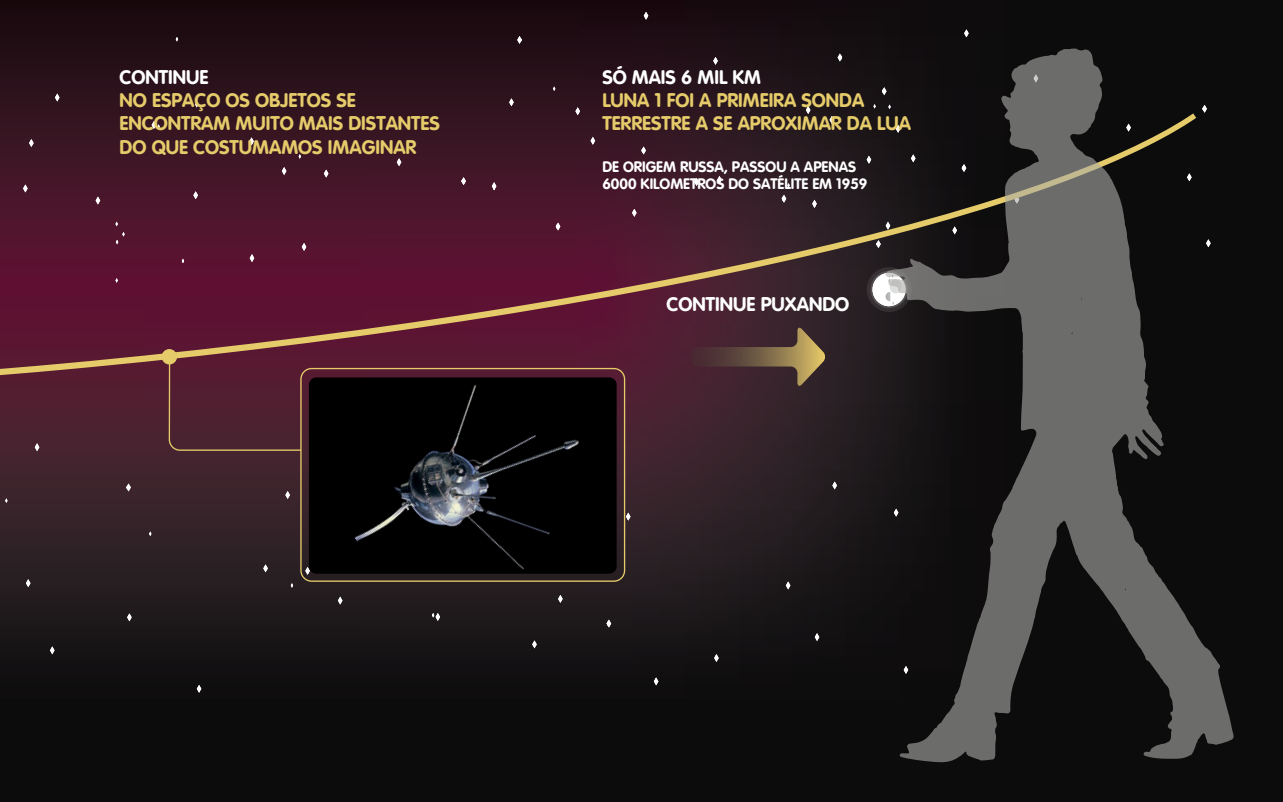


Figura 27
Tela programa da
interação em uso

**VOCÊ SABE QUAL A DISTÂNCIA
ENTRE A TERRA E A LUA?**

384

É a distância média



No final do percurso a a resposta ao questionamento inicial é revelada

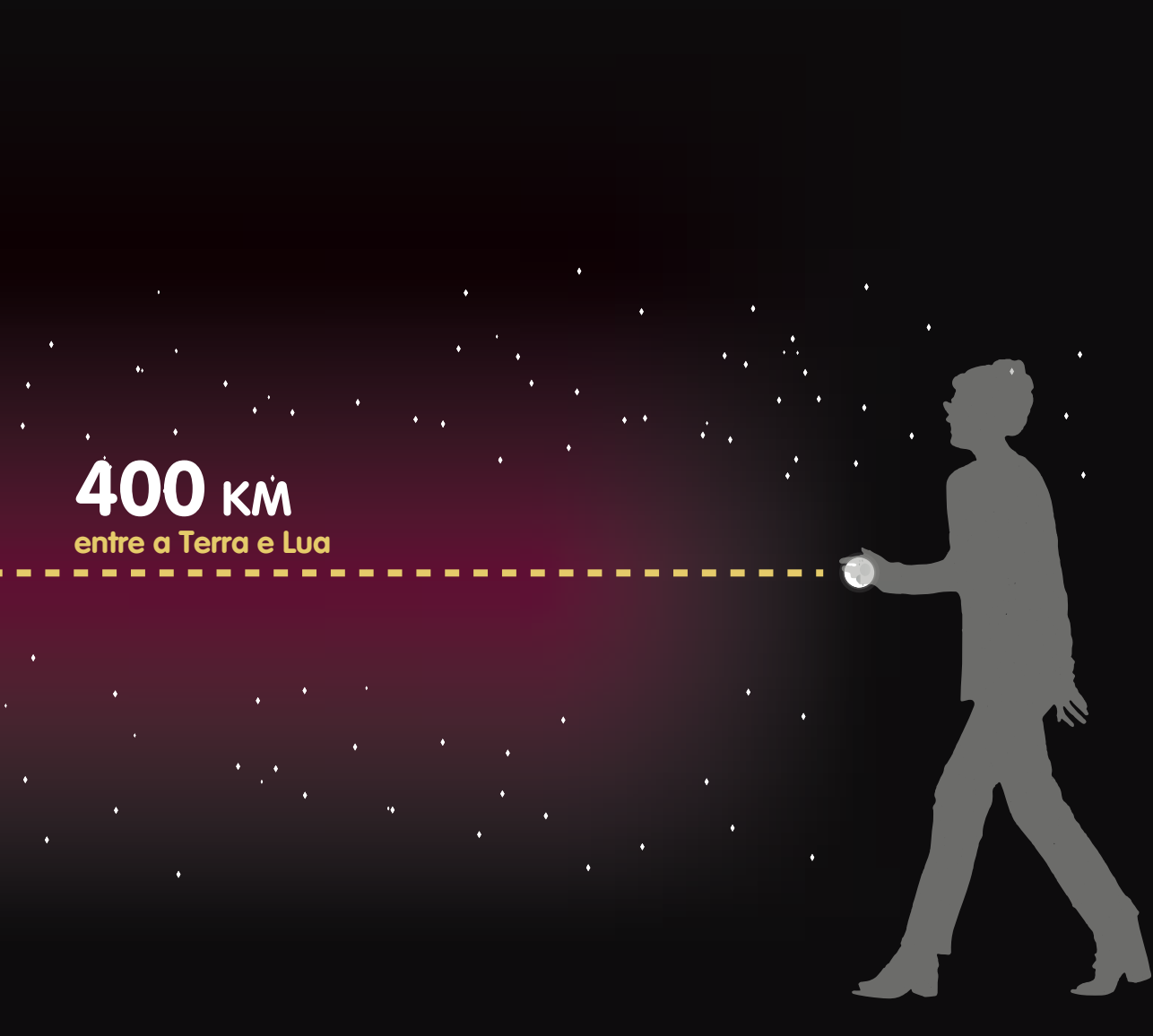


Figura 28
Tela programa da
interação em uso

7.4 Terra: Componentes



Figura 29

Vista explodida dos componentes

7.5 Terra: construção do modelo

O Terra possui a forma de uma esfera levemente achatada nos pólos, Porém, na escala adotada a diferença entre o diâmetro polar e equatorial seria em torno de 0,6 milímetro, medida que foi desconsiderada para a construção do modelo.

O uso de texturas representando a variação da topografia terrestre também se mostrou ineficaz nessa escala.

Para o modelo da Terra optou-se pela montagem de uma esfera em dividida em duas partes através de resina e fibra de vidro, que permitiria a usinagem da peça e inserção de componentes internos ao longo do processo

Molde

Foi necessário fazer um bloco de gesso para posterior usinagem do molde na fresadora CNC a partir de um arquivo de CAD previamente modelado.

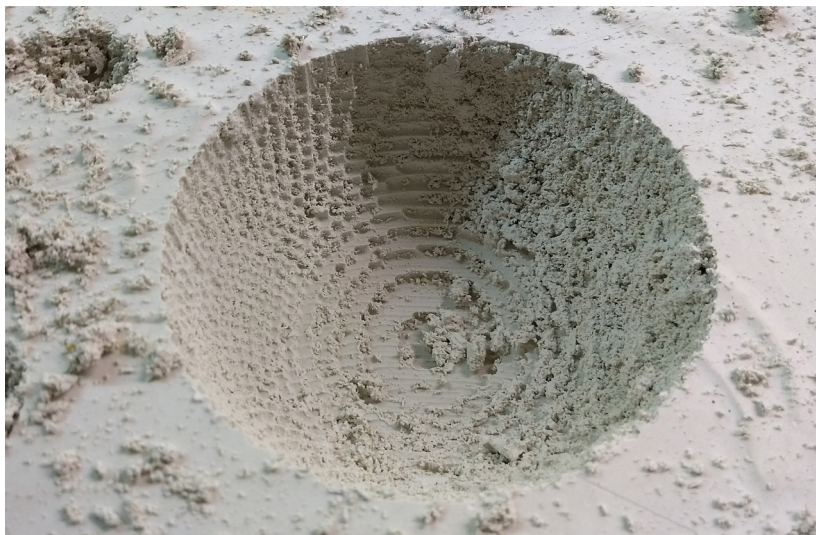


Foto do autor

Figura 30
Molde durante
processo de
usinagem



Figura 31
Molde após
preparação

O molde de gesso requer acabamento manual com uma tela de nylon umedecida para alisar a as marcas deixadas pela fresa. Antes de iniciar a confecção da peça, aplica-se goma-laca para impermeabilizar o molde seguida de uma substância lubrificante para desmoldar. Para as primeiras peças foi usado vaselina.

Para a confecção da peça, aplica-se camadas alternadas de resina, previamente preparada com catalisador próprio, e pedaços de tecido de fibra de vidro. Após o tempo de cura, a peça pode ser retirada do molde e os excessos removidos.

A primeiras peças, no entanto, não saíram com o acabamento desejado. Supõe-se que devido às condições climáticas mais catalisador deveria ter sido usado na resina, que não curou totalmente e ficou parcialmente presa ao molde.

Uma segunda tentativa foi feita usando outro tipo de resina na camada exterior, chamada gel coat. Foi usado pigmento azul esperando já obter um acabamento finalizado dessa maneira. No entanto o mesmo problema anterior ocorreu.

Optou-se fazer ajustes na peças defeituosas aplicando massa plástica e lixando a superfície externa, seguido de pintura para o acabamento final.

Foto do autor



Figura 32
Peça começa a tomar
forma com camadas
de fibra e resina



Figura 33
Corte da peça

Figura 34
Molde com
resquícios de resina



Insertos

Para fixar os componentes estruturais e eletrônicos usados dentro do modelo da Terra, foram projetados quatro apoios de alumínio com furos para que pudessem ser parafusados.

Pequenas chapas de alumínio foram cortadas e conformadas manualmente para se alinharem com o formato da esfera. Um disco de madeira, com as mesmas dimensões da estrutura final prevista, foi usado para posicionar as peças metálicas, permitindo a aplicação de mais camadas de resina e fibra de vidro que os incorporaram à semiesfera.

Figura 35
Aplicação de massa
plástica para reparo
da superfície
de resina

Foto do autor

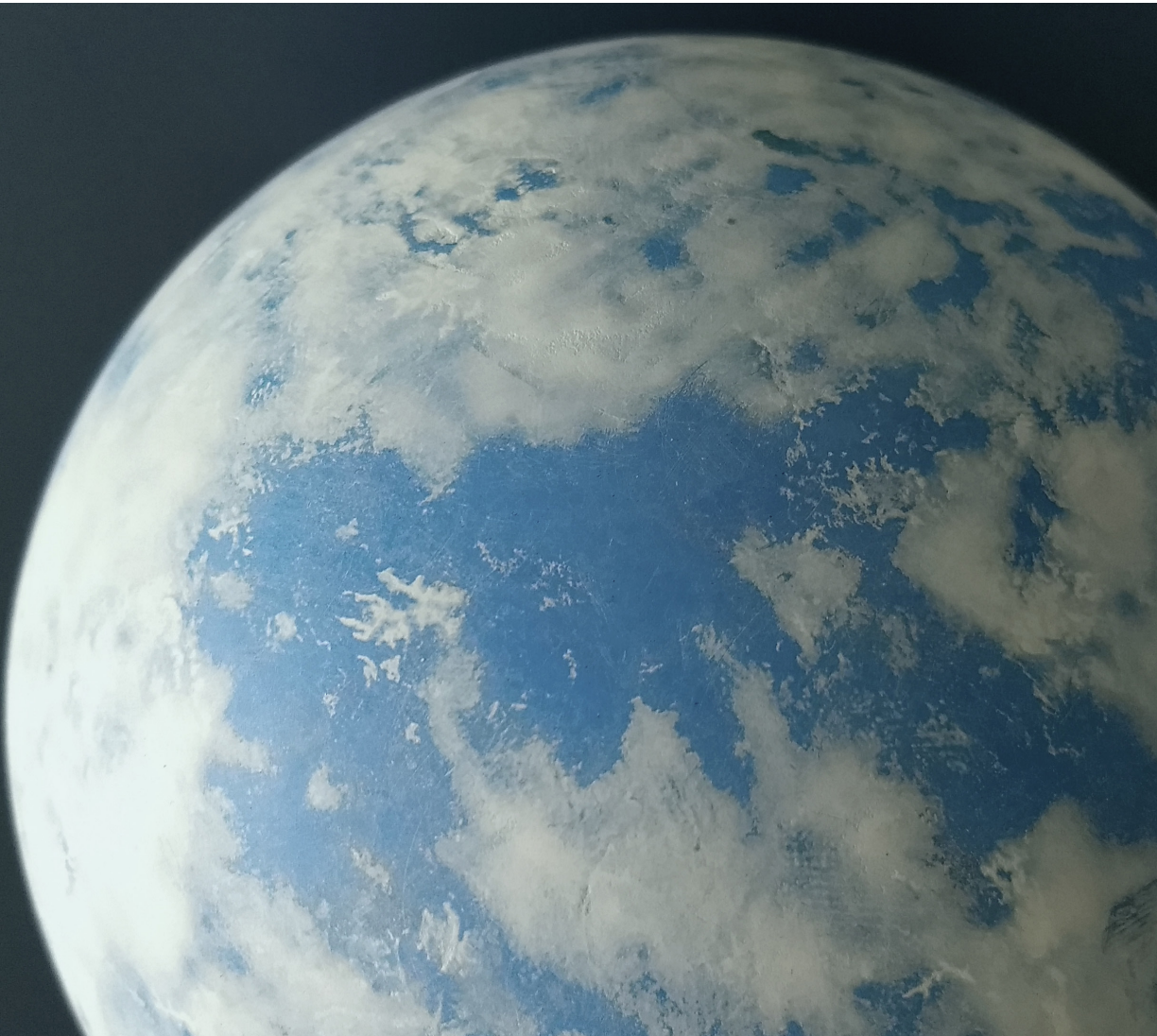




Figura 36
Preparação das peças



Figura 37
Posicionamento das
peças para aplicação
de resina



Figura 38
Após cura da resina,
a guia de MDF pode
ser retirada

Lua: construção do modelo

Figura 39
Metade da Lua
impressa após
aplicação de base
primer



Optou-se pelo uso da borracha de silicone para diminuir os riscos de farramentos tendo em vista que o modelo da Lua será preso a uma corda com mola.

Com base no modelo do usuário Dexter_New_Materials disponibilizado no site Thingiverse, feito a partir de dados topográficos da Lua da NASA, foi feita uma impressão em PLA na escala escolhida e posterior reprodução, através de moldes, em silicone.

Infelizmente a textura das crateras lunares perdeu a definição nesse processo e ficou pouco perceptível.

Um fio de arame foi adicionado dentro da peça para permitir que uma corda fosse amarrada de maneira discreta.

Foto do autor

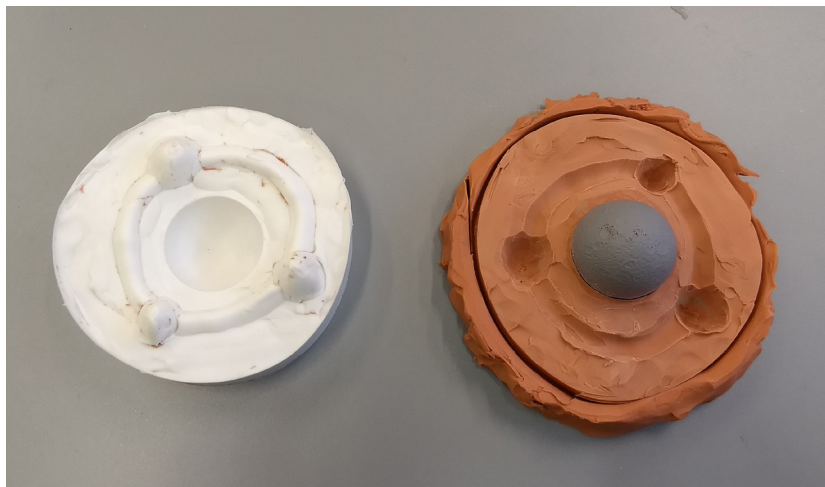


Figura 40
Moldes usados
no processo

Componentes eletrônicos

Foto do autor

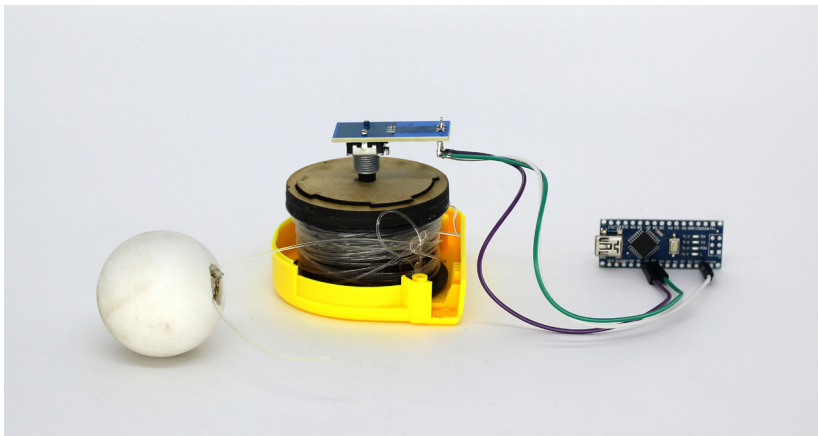


Figura 41
Componentes eletrônicos conectados ao carretel por meio de engrenagens de MDF

Um dos grandes desafios desse projeto foi elaborar um sistema que captasse a posição relativa entre os modelos da Terra e da Lua, permitindo o uso de recursos gráficos responsivos.

A solução encontrada foi medir o comprimento da corda entre os objetos através do número de rotações do carretel. Isso foi possível através de um encoder rotativo, uma peça com eixo de giro livre para os dois sentidos, capaz de registrar a variação de rotação a cada 15 graus.

Estabelecendo os parâmetros entre o giro do encoder, o diâmetro do carretel e o comprimento da corda foi possível elaborar uma interface interativa em linguagem Processing, escolhida também por sua acessibilidade e código aberto.

O Arduino Nano é um componente eletrônico de baixo custo e código aberto e que se mostrou ideal para a confecção do protótipo. Suas limitações de processamento gráfico, no entanto, fazem necessário um computador externo para rodar o programa com a interface. Para uma aplicação mais prática, sem a necessidade do computador, um Raspberry Pi, semelhante em conceito ao Arduino, mas que se assemelha mais a um computador compacto, poderia exercer de captar os dados do encoder e gerar as imagens diretamente para o projetor sem intermediários.

Mecanismo

Para manter unidas a Lua e a Terra, a corda necessitou de um sistema que a tornasse retrátil e única opção que funcionou para uma corda de 4,5 metros foi a mola de uma trena, aproveitando inclusive a caixa e carretel para o protótipo.

A força exercida por essa mola, entretanto, é muito forte e poderia causar acidentes caso a Lua fosse largada com mola contraída. Sem encontrar alternativas ou maneiras de ajustar a mola existente alguns testes para reduzir a velocidade da corda foram conduzidos.

Foram testados diversos mordedores como o da figura XX, com o objetivo de manter livre o movimento de puxar a corda e reduzir a velocidade no momento de retração. Variando comprimento (de 1 a 3 cm), ângulo (de 3 a 15 graus) e material (acrílico e MDF) todos eles funcionaram muito bem para parar totalmente a corda, nunca reduzindo parcialmente a velocidade.

Outros testes com EVA de alta densidade e borracha foram feitos, mas a corda desgastou esses materiais após pouco repetições. Apenas um fio de nylon de 0,4 mm foi testado, no entanto uma corda trançada de fibras seria mais indicado por motivos segurança, uma vez que resiste mais à quebra.

Foto do autor

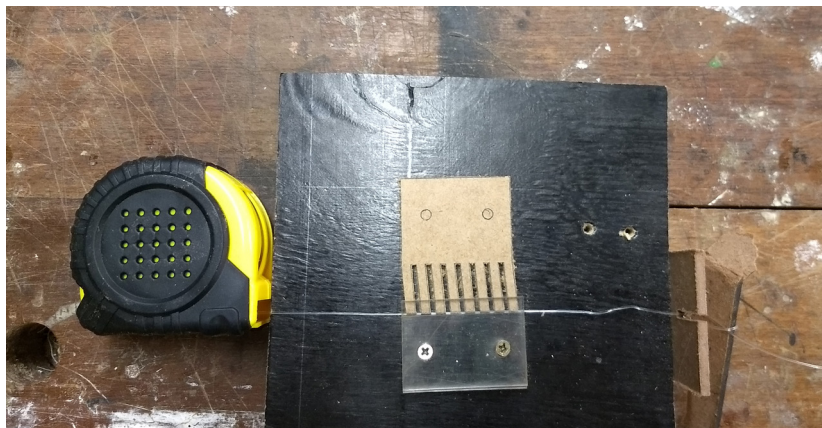


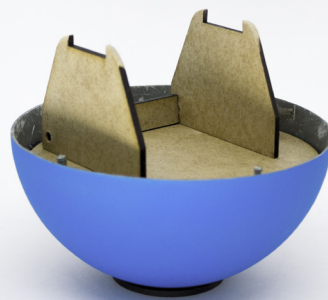
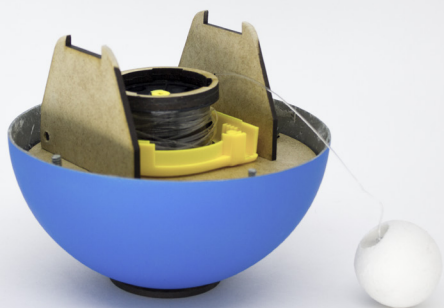
Figura 42
Modelo funcional
usado para testar
as variações de
mordedores

Considerações sobre o processo

Ao considerar o ambiente e condições de uso contínuo que as peças estariam sujeitas num museu, a escolha da resina com fibra de vidro se justifica por sua durabilidade. As falhas e resultados abaixo do esperado poderiam ser superados ao aprimorar os uso da técnica.

No entanto, acho importante ressaltar que se tratam de materiais tóxicos e que requerem muito cuidado no manuseio. Além disso são poluentes, não podendo ser reciclados e não são biodegradáveis. Visto que os processos de prototipagem envolvem muita tentativa e erro, e consequentemente muitos dejetos, gostaria de ter explorado alternativas de materiais menos nocivos.

O tempo de trabalho necessário para a prototipagem dificultou a organização do tempo para a experimentação com as outras ideias de instalação.

1**2****3****4**

Processo de montagem

1. Suporte interno para os componentes é fixado por parafusos e porcas na metade inferior da esfera

2. Paredes de MDF sustentação do encoder são encaixadas no suporte

3. Conjunto contendo carretel, fio e modelo da Lua é posicionado e colado sobre o suporte



Fotos do autor

4. Conjunto com encoder (colado sobre uma placa de MDF) e demais eletrônicos é conectado à transmissão junto ao carretel e às paredes

5. Fechamento com a metade superior da esfera

Figuras 43 a 47
Montagem do
protótipo

7.6 Testes com usuários

Os primeiros testes para validação desse projeto foram feitos com o modelo inicial com esferas de isopor de modo a verificar as dimensões dos objetos em relação à manipulação e visibilidade, dada a distância de 4,5 metros entre eles no final da interação. Outros pequenos testes foram feitos à medidas que os componentes finalizados tomaram forma.

Um teste envolvendo o modelo em seu estado funcional e estético final foi feito com um grupo de 10 pessoas de 22 a 29 anos. Cinco dessas pessoas usaram o equipamento sem a presença de outras pessoas, além do aplicador, enquanto as outras puderam manipular o objeto na presença dos outros.

Apenas um projetor estava disponível para uso, sendo a imagem projetada com metade do tamanho ideal, comprometendo feedback mais precisos quanto à usabilidade da interface, uma vez que as informações ficaram ilegíveis a medida em que os usuários afastavam a peça da Lua da Terra.

Essa falha teve de ser compensada verbalmente e as imagens da interface mostradas aos usuários depois da experiência.

O experimento atendeu a um de seus principais objetivos que era surpreender seus usuários e provocar questionamentos durante e após o uso.

As reações foram similares entre aqueles que o testaram isoladamente e os que viram o experimento pela primeira vez como platéia de outro usuário. Entre questionamento sobre planetas e sobre a gravidade, perguntaram:

“Mas a Lua é desse tamanho?”

“E o Sol, onde fica?”

“Por que tem vezes que a Lua parece maior no céu?”

Não houve críticas negativas quanto à estética da interface, apenas sugestões de houvesse mais informações para aproveitar a área disponível.

O material escolhido para a Lua, feita de borracha de silicone, passou a sensação de fragilidade para a maioria dos participantes do teste por ser muito macia e maleável. Um dos participantes relatou pensar que era feita de isopor antes de tocá-la devido à sua cor e textura de crateras, que não foi reconhecida.



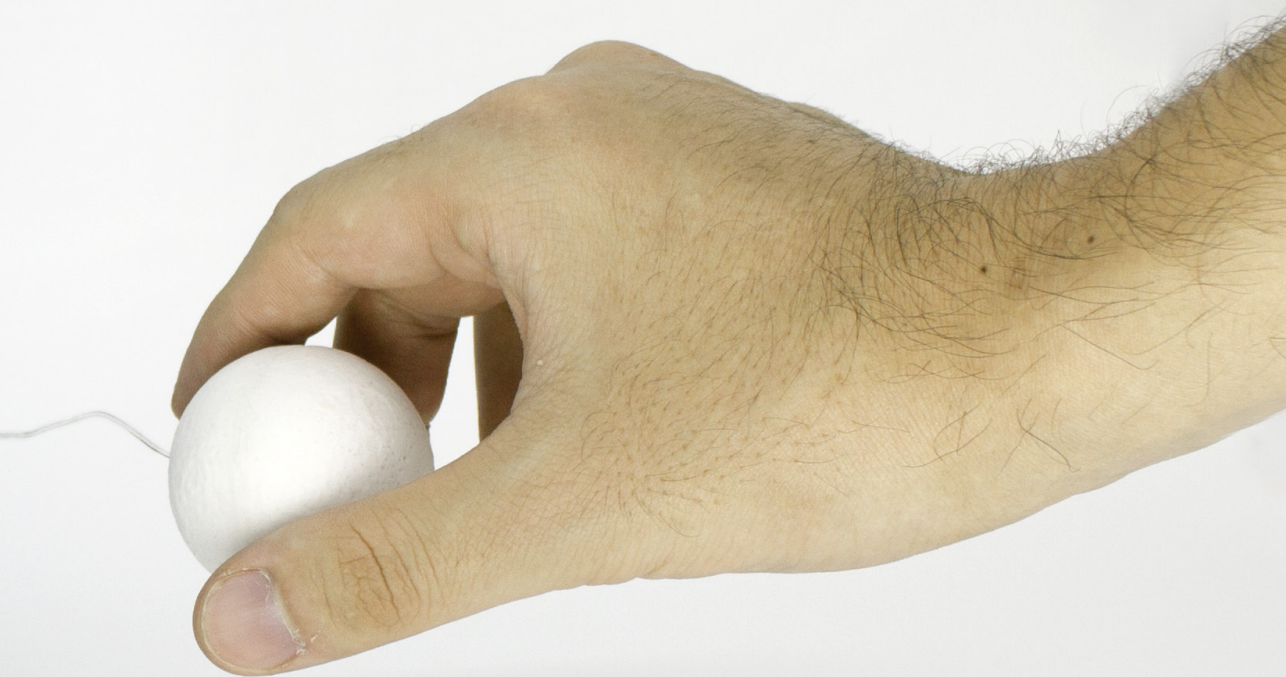


Figura 48
Protótipo com
escala humana
para referência
Foto do autor

8 Considerações finais

Por meio deste trabalho foi possível compreender diversos fatores que tem contribuído para deficiências no ensino de astronomia, e também dos assuntos correlacionados. Entre eles estão as dificuldades estruturais das escolas públicas, que resultam em professores sobrecarregados e alunos negligenciados; a falta de espaço dessa ciência nas aulas que se reflete inclusive nos livros didáticos, que dão pouca importância para apresentação de informações necessárias para a compreensão da magnitude das ideias e pesquisas que sustentam a astronomia.

A pesquisa sobre os museus de ciência de São Paulo revelou a importância desses espaços como alternativas às práticas enrijecidas das escolas para com os alunos, e o potencial subaproveitado do modo com que são trabalhados os tópicos de astronomia que motivaram a solução desse trabalho

Além de possibilitar esse contato com a as ciências e práticas de ensino, foi possível explorar técnicas de prototipagem inerentes aos processo de design que exigiram maior aproximação com os processos de fabricação digital, eletrônica e programação.

Infelizmente, também por questões de tempo, não foi possível realizar testes com usuários de outras faixas etárias, incluindo

nisso o público alvo dos museus de ciência, que são os estudantes no ensino fundamental. Apesar disso, os resultados positivos com adultos mostram que o projeto se adequa ao posicionamento mais inclusivo e abrangente dos museus.

9 Bibliografia

BEICHNER, Robert. An Introduction to Physics Education Research. North Carolina State University, Raleigh, NC.

DAVIDOVICH, Luis. Informação verbal. Palestra ‘ Explorando as sutilezas do mundo quântico’ para o ICTP-SAIFR/UNESP, São Paulo, 12 Out. 2016.

DIAS, Claudio André C. M.; SANTA RITA, Josué R. Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio. Vértices, v. 9, n. 1/3, Rio de Janeiro, Jan./Dez. 2007

FIGUEREDO, Elysandra. Introdução à Astronomia. Slides de aula (PDF), IAG-USP, 2015

GROSS, David. Informação verbal. Palestra ‘General Relativity - The enduring legacy of Einstein’ para o ICTP-SAIFR/UNESP, São Paulo, 12/10/2016.

CONÇALVES FILHO, Aurelio. Física para o ensino médio: volume único. Editora Scipione, São Paulo, 2002.

HERMANN, Thomas; Hunt, Andy; Neuhoff, John G. (Eds.). The Sonification Handbook. Logos Verlag, Berlim , Alemanha, 2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC), Base nacional curricular comum. Disponível em: < <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>

images/BNCCpublicacao.pdf>. Acesso em nov. 2017

PERIMETER Institute. Perimeter Explorations: The challenge of quantum reality. Perimeter Institute for Theoretical Physics, 2013.

PERIMETER Institute. Perimeter Explorations: The mystery of dark matter - teacher's guide . Perimeter Institute for Theoretical Physics, 2013.

PICAZZIO, Enos (Org.). O céu que nos envolve. Odysseus, 2011.

SCASS - Sharjah Center for Astronomy and Space Sciences [Vladi edit]. HuettingerExhibits. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5KmcTVcVM1s&t=110s>>. Acesso em nov. 2017.

SOLER, Daniel Rutkowski. Astronomia no currículo do Estado de S. Paulo e nos PCN. Tese, Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2012.

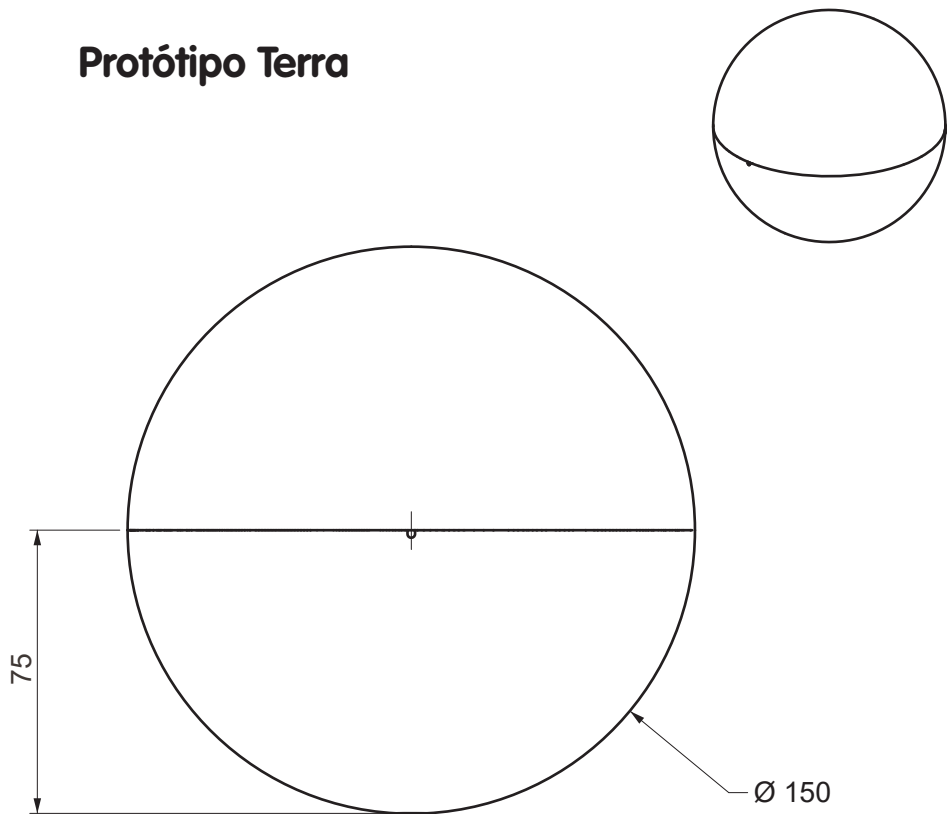
SOUSA, David A. How the brain works. Sage, 2006.

TO SCALE: The Solar System. Wilye Overstreet. EUA: 2015.

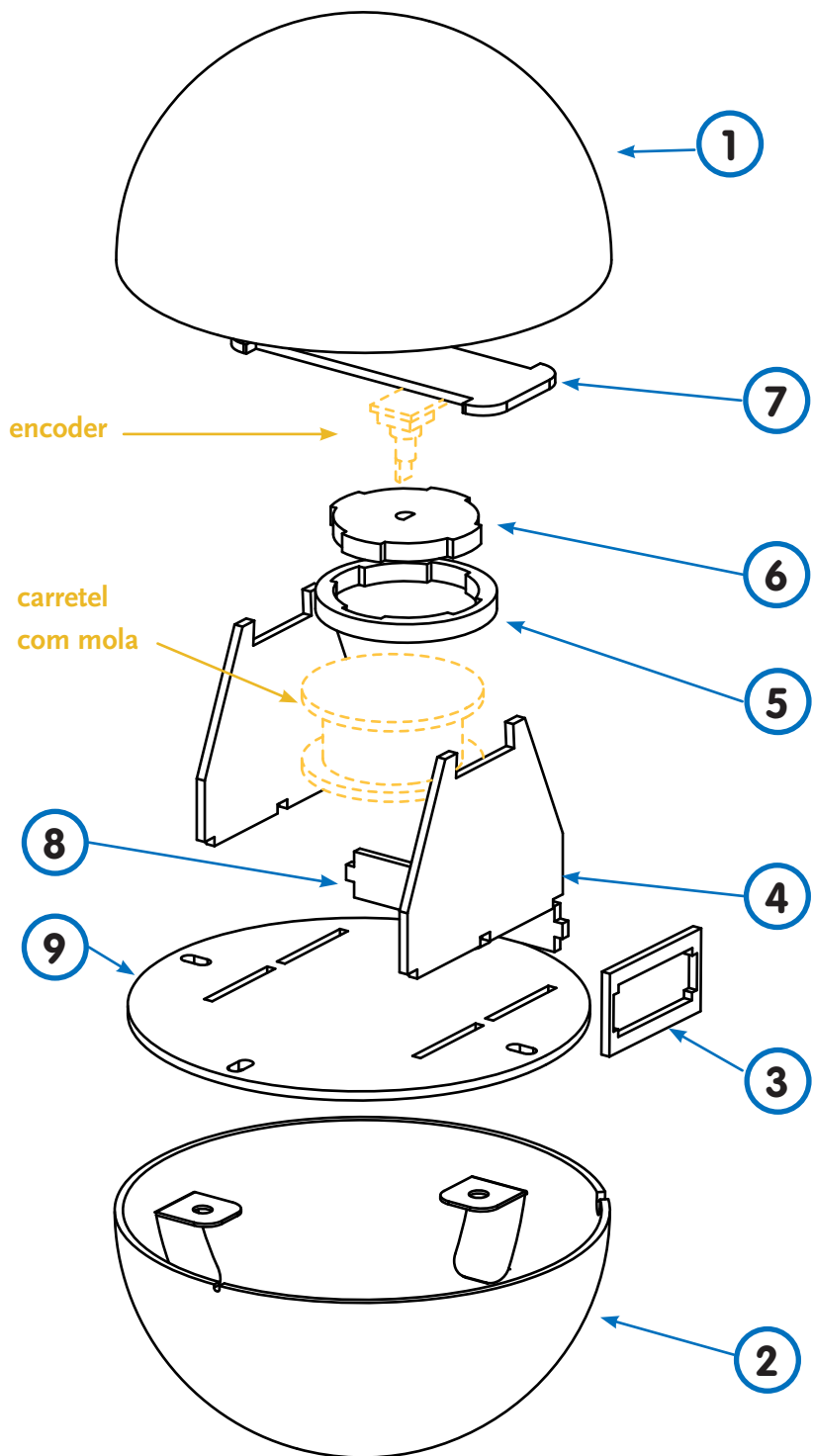
Disponível em: <<https://vimeo.com/139407849>>. Acesso em nov. 2017.

10 Anexo Desenhos Técnicos

Protótipo Terra

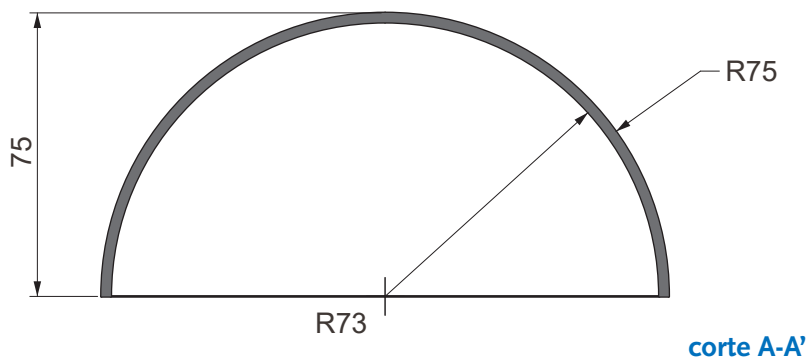
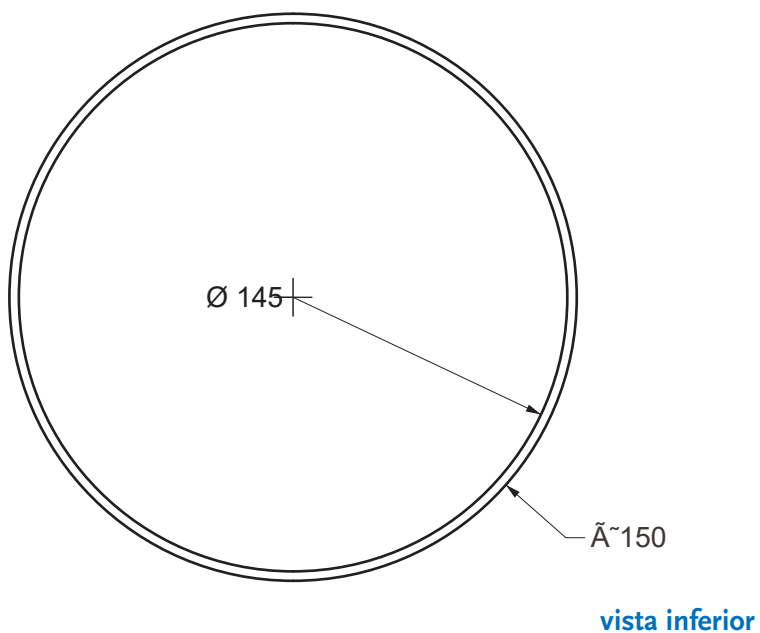
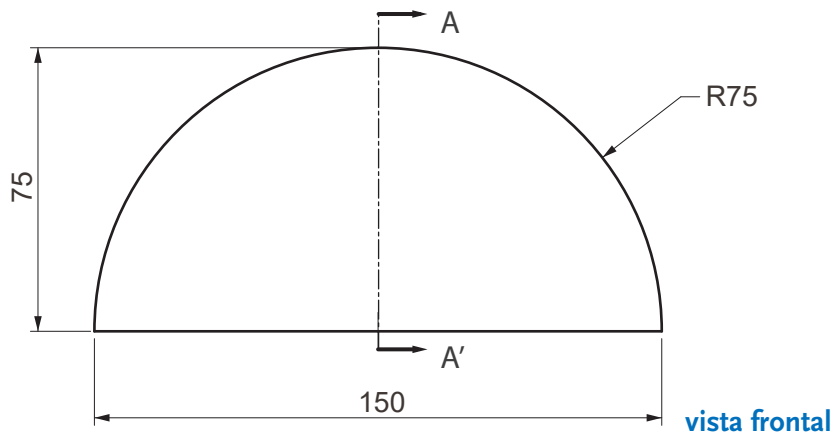


| PEÇA | MATERIAL | QUANTIDADE |
|------|------------------------------|------------|
| T1 | PS, fibrade vidro | 1 |
| T1 | PS, fibra de vidro, alumínio | 1 |
| T3 | MDF | 1 |
| T4 | MDF | 2 |
| T5 | MDF | 1 |
| T6 | MDF | 1 |
| T7 | MDF | 1 |
| T8 | MDF | 1 |
| T9 | MDF | 1 |



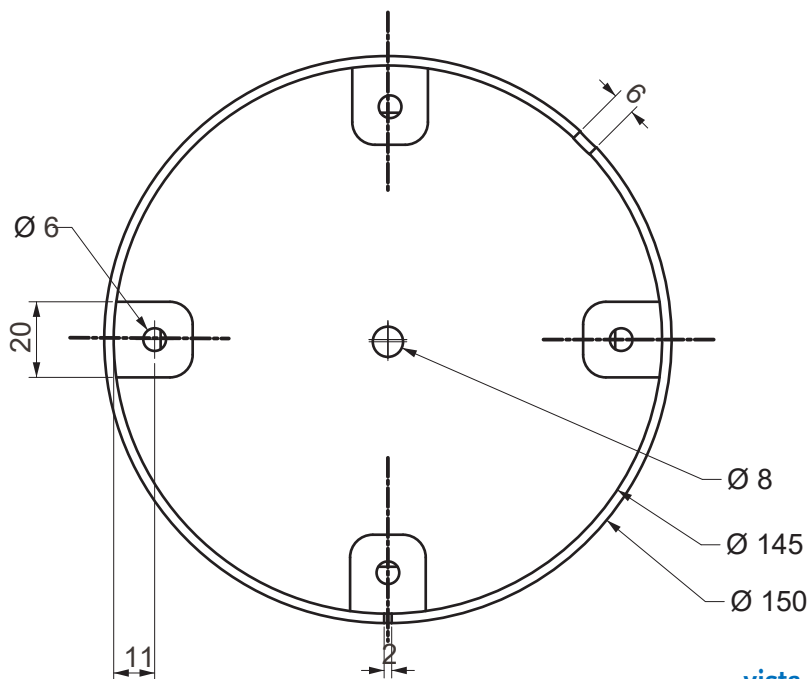


ESC 1:2

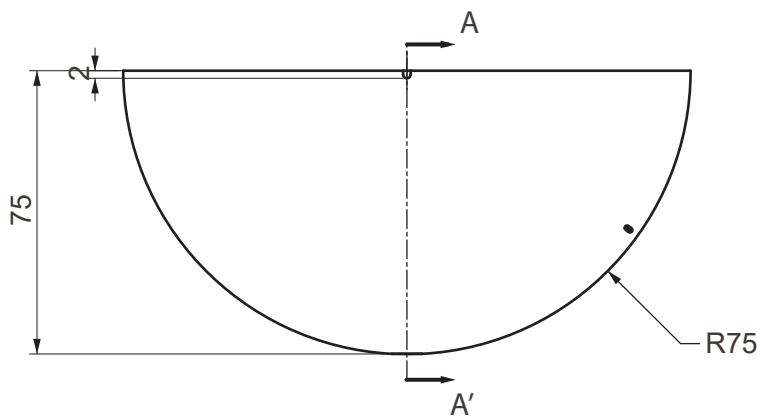


T2

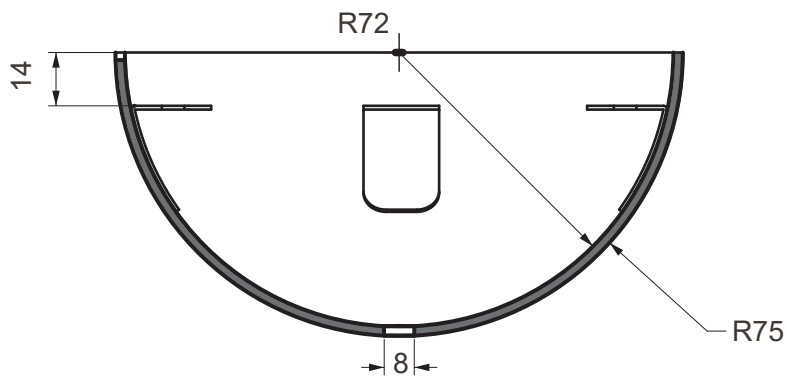
ESC 1:2



vista superior



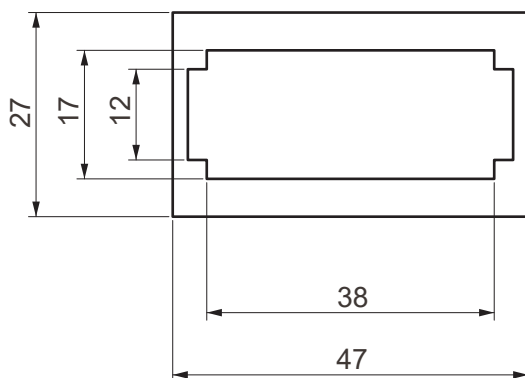
vista frontal



corte A-A'

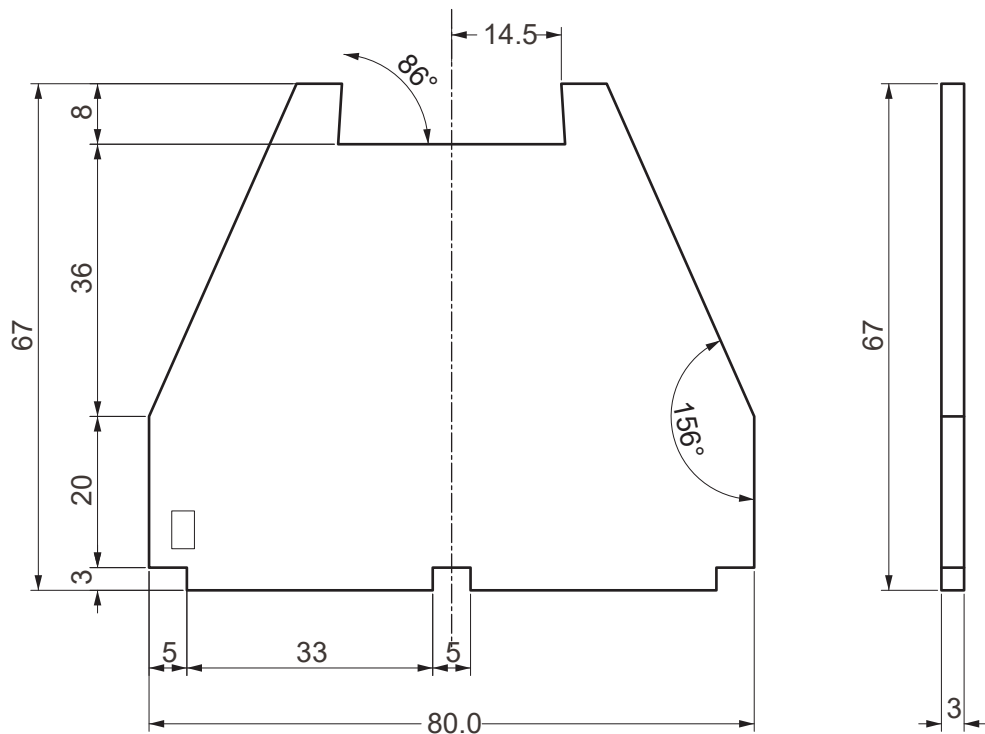
T3

ESC 1:1



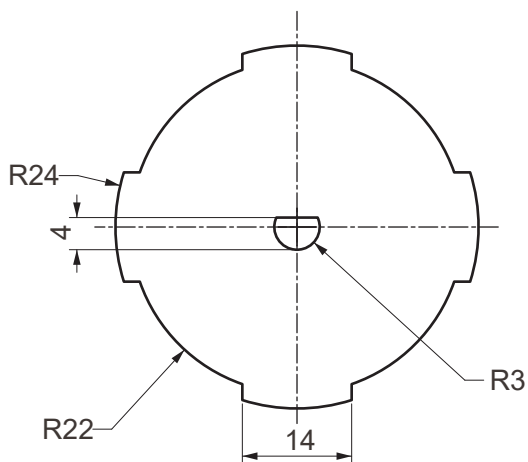
T4

ESC 1:1



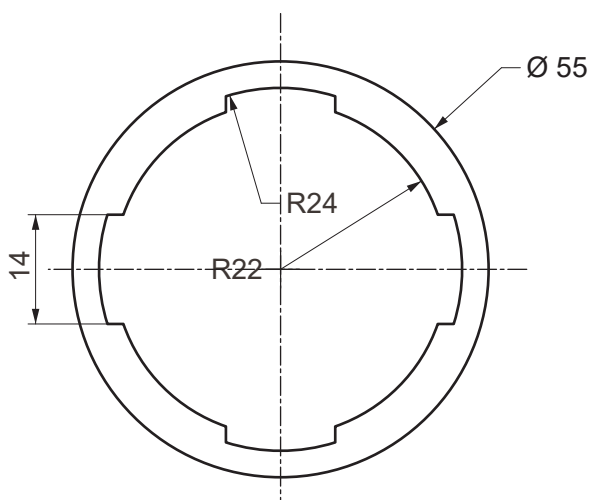
T5

ESC 1:1



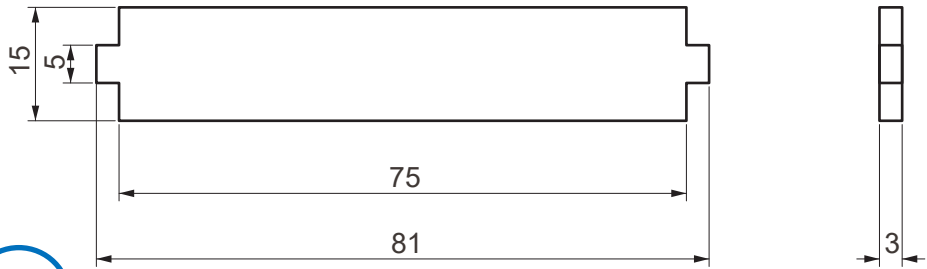
T6

ESC 1:1



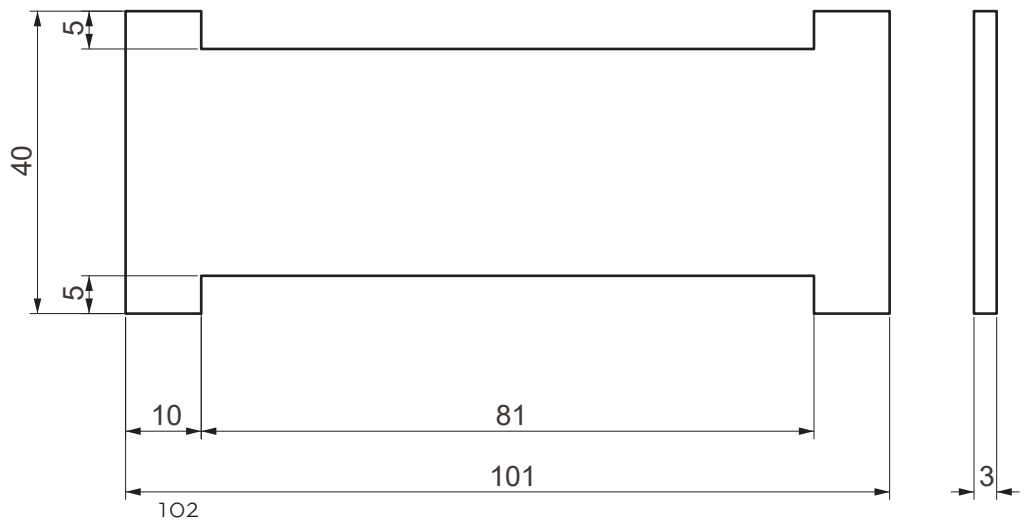
T7

ESC 1:1



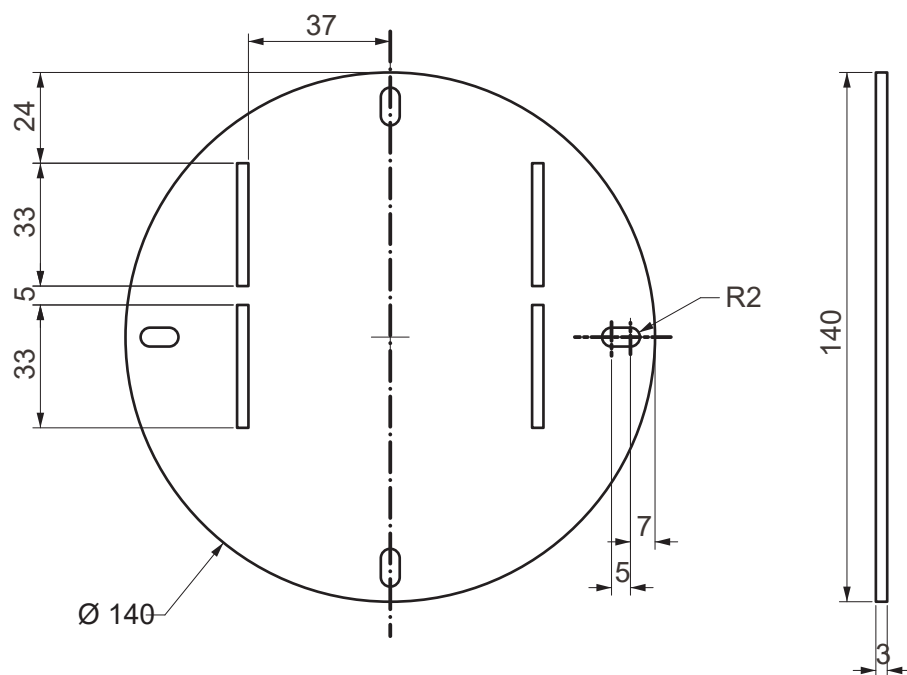
T8

ESC 1:1





ESC 1:1



Protótipo Lua

| PEÇA | MATERIAL | QUANTIDADE |
|------|---------------------------|------------|
| Lua | Borracha de silicone, aço | 1 |

ESC 1:1

