



Observatório Dietrich Schiel

André Luiz da Silva

Saete Linhares Queiroz

**OBSERVATÓRIO
DIETRICH SCHIEL
Roteiro Didático 5**

André Luiz da Silva

Salete Linhares Queiroz

Universidade de São Paulo
Centro de Divulgação Científica e Cultural
São Carlos (SP)
2021

Autores:

André Luiz da Silva

Salete Linhares Queiroz

Diagramação:

José Braz Mania

Fotografias/capa:

Acervo CDCC e ODS

Silva, André Luiz da; Queiroz, Salete Linhares. Observatório Dietrich Schiel: Roteiro Didático 5. São Carlos, SP: USP/CDCC, 2021.

48p.

978-65-993104-5-4

1. Material Didático. 2. Ciências – Estudo e Ensino. 3. Didática. 4. Educação. 5. Astronomia. I. Silva, André Luiz da. II. Queiroz, Salete Linhares.

CDD – 371.32

Catálogo elaborado por Silvelene Pegoraro - CRB-8^a/4613

APRESENTAÇÃO

O Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (CDCC/USP) completou 40 anos em 2020. Desde os seus primórdios, ainda na década de 1980, oferece atividades que permitem a aproximação do público com a Astronomia, realizadas no Observatório Dietrich Schiel, situado na Área 1 do campus da Universidade de São Paulo, na cidade de São Carlos.

No local é possível, com o auxílio de telescópios, observar o céu noturno e diurno, apreciar exposições, manusear instrumentos astronômicos e participar de palestras e minicursos. Os números que traduzem a visita ao Observatório são grandiosos, incluindo milhares de estudantes da Educação Básica de São Carlos e região, além de público espontâneo.

É com o objetivo de divulgar, entre os profissionais que atuam no âmbito da educação formal e não formal, as possibilidades de ações nas suas dependências que o CDCC lança este Roteiro Didático, pertencente a uma série mais ampla. Nele, grupos de educadores que prezam pelo ensino e divulgação da Ciência encontram elementos para guiá-los nas suas decisões frente às abordagens de ensino a adotar antes, durante e após as visitas de seus alunos ao Observatório.



Salete Linhares Queiroz
Diretora do CDCC

HISTÓRICO

O Observatório Dietrich Schiel recebeu esta denominação em 2011, quando completou 25 anos de existência, em homenagem ao Professor Dietrich Schiel, um dos principais responsáveis pelos esforços envidados para a sua criação. A inauguração do prédio ocorreu em 1986, ano da última aparição do cometa Halley, tendo esta, inclusive, motivado as iniciativas que conduziram à sua constituição.

Dentre as referidas iniciativas destaca-se a aquisição do telescópio refrator Grubb 204/3000, cedido ao CDCC pelo Instituto Astronômico e Geofísico, hoje Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da USP. O telescópio havia sido doado pelo astrônomo belga Leon Cap ao Observatório de São Paulo, em 1939, e incorporado ao IAG, em 1941.

Ao longo dos anos, é evidente a consolidação das atividades do Observatório, que se iniciaram com uma programação que abarcava apenas os finais de semana e hoje ocorre diariamente, com atendimento ao público espontâneo e às escolas, por meio de visitas agendadas. O apoio financeiro que permitiu a ampliação do acervo e das instalações é oriundo de várias fontes e tem sido perene. De fato, um ano após o seu estabelecimento, já foi possível contar com o suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao projeto “Astronomia para a Comunidade”.

Em 2005, a Fundação Vitae e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) ofereceram recursos para a criação do espaço expositivo externo denominado Jardim do Céu na Terra. Posteriormente, em 2009, via Edital MCT/CNPq/SECIS nº 63/2008, ocorreu o fomento ao projeto “De Galileu a Hubble, um Olhar para o Universo, com o Objetivo de Ampliar a Capacidade do Observatório na Popularização da Astronomia”. Nessa mesma linha, porém

relacionado ao Edital MCT/CNPq/SECIS nº 85/2013, verifica-se o apoio ao projeto “Ampliação, Reformulação e Aprimoramento dos Recursos de Divulgação Científica do Observatório Dietrich Schiel”.

No âmbito da própria Universidade, podem ser citados o Edital 2012 da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária da (PRCEU), Programa Preservação de Acervos e Patrimônio Cultural da USP, que permitiu a troca da cúpula do Observatório, e o 6º Edital Santander/USP/FUSP, de 2021, que forneceu recursos para a restauração do telescópio Grubb.

A coordenação do Observatório tem sido exercida, desde 1986 até o momento, pelo Professor Valter Luiz Líbero, com exceção do período de 2011 a 2017, quando este atuou na direção do CDCC, tendo sido substituído pela Professora Cibelle Celestino Silva.

INTRODUÇÃO

O Observatório atende em seus programas de visitação dois segmentos de público: o escolar, em dias de semana em visitas previamente agendadas, e o chamado espontâneo, que visita o espaço às sextas, sábados e domingos, com dispensa de agendamento ou inscrições prévias. A visita ao Observatório, delineada neste documento, é direcionada para o primeiro segmento. Todavia, os espaços expositivos e dispositivos aqui descritos são igualmente acessíveis ao público espontâneo, que também conta com a mediação de monitores.

Por meio de procedimento, descrito em página própria no site do CDCC, é possível agendar uma visita para uma turma com até 45 pessoas, incluindo-se nesse número os responsáveis pela visita, os alunos e eventuais acompanhantes. O número representa a lotação do auditório, onde a turma é recebida.

OBJETIVOS

Os objetivos que permeiam as atividades oferecidas vão ao encontro da **complementação do ensino formal nos temas pertinentes à Astronomia e áreas afins**, assim como do fomento à **compreensão acerca da construção do conhecimento científico, sua natureza e influência na vida cotidiana**.

Para tanto, fatores estéticos e afetivos são colocados em jogo. Com efeito, através das lentes de um telescópio, a imagem dos corpos celestes convida o público a sentir de forma vívida a sua presença, apesar das inimagináveis distâncias que deles nos separam; o conhecimento de suas distâncias e dimensões desperta a consciência da imensidão do Universo, consciência essa que pode se conectar às experiências pessoais de cada visitante de formas muito peculiares, desafiando ou confirmando suas visões religiosas, despertando a

curiosidade pelo ambiente cósmico, acendendo (ou reacendendo) vocações, entre outras.

Não menos sedutor é o puro prazer da contemplação das imagens astronômicas, atualmente em um tal nível de sofisticação de processamento que as elevou à categoria de arte, conferindo aos painéis expositivos e aos *slides* das apresentações e outros recursos midiáticos visualizados nas visitas um poderoso apelo estético que exerce forte atração nos visitantes.

No que tange à complementação do ensino formal e à compreensão acerca da construção do conhecimento científico, em algumas pessoas, despertadas pela abordagem das temáticas, ocorre a necessidade de compreender como a Ciência trabalha para produzir explicações sobre o funcionamento do mundo natural, traduzida na formulação de perguntas: como saber que o Universo está em expansão? Como calcular a distância até o Sol? Por que os planetas são redondos? A Terra terá um fim? Por que Plutão não é mais planeta? O que são buracos negros?

O atendimento aos objetivos traçados é também alcançado nos minicursos e oficinas oferecidos. Nesses momentos é enfatizada a relação do conhecimento científico com a vida dos visitantes, o contexto histórico de um conceito particular e os impactos para a sociedade que determinada descoberta ocasionou. Ademais, é na rica interação pessoal e cotidiana com o público que se pode chamar a atenção para notícias, veiculadas na imprensa, ou algum produto ou personagem das redes sociais que provocaram interesse repentino, e relacionar esses eventos com os conceitos abordados em algum dos espaços expositivos.

ROTEIRO

Há muitos assuntos que podem ser tratados em uma visita ao Observatório, tornando inviável a abordagem integral de todos eles em uma única incursão. A maior parte do presente roteiro será dedicada ao objetivo de fornecer detalhes relevantes sobre cada um dos espaços expositivos e recursos colocados à disposição do público. Com isso, pretende-se oferecer subsídios aos responsáveis pelas turmas de visitantes, de forma que estes possam utilizar o espaço como um instrumento para tornar ainda mais marcantes as vivências que os professores levam aos estudantes. Também se servirão das descrições dadas aqui os visitantes espontâneos que chegam ao Observatório. Para esses, o roteiro se apresenta como um pequeno “guia de viagem”, estimulando a curiosidade e ajudando o explorador-visitante a tirar o máximo proveito da sua viagem de descobertas.

A visita monitorada ao Observatório, que é aquela oferecida ao segmento de público escolar, é prevista para ter duração máxima de duas horas e se compõe de três partes. A ordem dessas etapas segue, normalmente, a que aparece na descrição abaixo, embora possa ser alterada, principalmente em função das condições atmosféricas do dia da visita.

Parte 1 - Minipalestra: a turma que chega para a visita é acolhida pelo recepcionista e nesse momento tem acesso aos banheiros e bebedouros. Há turmas que optam por fazer um lanche logo na chegada, pois não raro são recebidas visitas de estudantes que passaram horas em viagem até o Observatório. Após esse contato inicial com as instalações, o recepcionista conduz a turma ao auditório e, a partir desse momento, é a vez dos monitores oferecerem uma minipalestra, com duração de cerca de 30 minutos, cujo tema é escolhido previamente no momento do agendamento pelo professor ou responsável pela

visita. Normalmente são disponibilizados temas que correspondem às grandes áreas da Astronomia: estações do ano, fases da Lua, Sistema Solar, constelações e reconhecimento do céu, o Sol e outras estrelas, a Via Láctea e outras galáxias, origem e evolução do Universo e noções de Astronáutica.

Antes do início da minipalestra os membros da equipe se apresentam e descrevem a estrutura da visita. Além de fornecer breves informações sobre o local, é nessa oportunidade que os monitores podem travar um primeiro contato e intuir sobre as características da turma que vão atender. A depender de questões como disciplina, interesse e atuação dos acompanhantes, procede-se neste momento às adaptações que se fizerem necessárias para o bom andamento da visita. Como exemplo, terminada a minipalestra, os monitores podem julgar necessária a divisão da turma e que os dois grupos irão se revezar nas etapas posteriores, cada grupo conduzido por um membro da equipe.

Parte 2 – Espaços Expositivos e Dispositivos Didáticos: após a minipalestra, os visitantes são levados para conhecer e interagir com os espaços expositivos e com dispositivos didáticos espalhados pelo prédio e imediações que complementam ou adicionam conhecimentos, sendo a escolha também feita previamente, no momento do agendamento da visita.

Parte 3 - Observação com Telescópios: se a visita é diurna, a observação normalmente se limita ao Sol. É o momento no qual se mostra o astro-rei de forma segura por meio de um ou mais telescópios especialmente adaptados e quando se faz uma pequena demonstração sobre os perigos de se olhar para ele diretamente ou com instrumentos ópticos, sem a devida adaptação. Uma observação ocasional de um objeto em terra, como uma antena ou outra estrutura distante, permite que os visitantes tenham uma noção de características da observação telescópica, tais como aumento e campo. Eventualmente, se visíveis e a

dependem das condições do equipamento usado, a Lua e um planeta brilhante (Júpiter ou Vênus) podem ser mostrados, mesmo durante o dia. Já a visita noturna contará com alvos de observação que dependerão da noite da visita e podem incluir a Lua, os planetas visíveis, as constelações da estação e os objetos que elas contêm, tais como nebulosas, aglomerados estelares, galáxias ou estrelas duplas.

Vale lembrar que esta etapa da visita é fortemente dependente das condições atmosféricas. Em situação de mal tempo, pode-se apenas fazer uma observação telescópica de algum objeto em terra, mas mesmo essa demonstração requer visibilidade de algumas centenas de metros, ao menos, para ocorrer.

Nas seções seguintes e praticamente até o final deste texto, é feita uma descrição detalhada dos diversos recursos que o Observatório disponibiliza ao público e que compõem as partes (2) e (3) do Roteiro, indicadas anteriormente. Ou seja, serão apresentados os espaços expositivos e os dispositivos didáticos do Observatório, assim como as possibilidades de observação com telescópios no local.

ESPAÇOS EXPOSITIVOS

Os espaços expositivos em questão são denominados de **Jardim do Céu na Terra** e **Raios! Mensageiros do Cosmos**.

Jardim do Céu na Terra (JCT)

O JCT apresenta um conjunto de dispositivos didáticos que se concentram no espaço contíguo ao prédio do Observatório (Figura 1), embora haja um dispositivo - o Sistema Solar em Escala - que se estende por toda Área 1 do campus. O JCT conta com um conjunto de painéis que acompanham cada dispositivo. Os painéis pretendem servir de apoio ao visitante ou transeunte que quiser mais informações sobre um determinado assunto, sem depender de mediação. Como são dispositivos ao ar livre, eles ficam à disposição das pessoas que passam em qualquer dia ou horário. Sendo assim, o espaço foi projetado para permitir certa autonomia por parte do público, embora o atendimento ao público escolar se faça por meio da mediação, assim como há um horário fixo, com monitores à disposição do público espontâneo. Os dispositivos do JCT são frequentemente abordados como atividade



Fonte: Mariana Maia Veronesi

prática nos minicursos e oficinas oferecidos: Rosa dos Ventos; Constelação de Órion 3d; Constelação do Cruzeiro 3d; Paralaxe; Semana de Sete Dias; Totem Lunar; Semiesfera Armilar; Sistema Solar em Escala.

Figura 1 - Vista parcial do JCT, com os totens do Sistema Solar em escala e alguns painéis. Em primeiro plano, o totem da Terra. Entre as barras de metal horizontais há um pequeno modelo em escala da Terra esculpida em cristal: uma esfera com dois milímetros de diâmetro

Rosa dos Ventos

A Rosa dos Ventos é um dispositivo usado para orientação. Encontrada frequentemente em mapas, cartas de navegação e monumentos, indica as direções dos pontos cardeais e outras direções intermediárias entre esses pontos. As direções, também chamadas de rumos, normalmente abarcam pelo menos as quatro direções cardeais, sendo que algumas indicam as direções colaterais, subcolaterais ou mesmo subdivisões ainda mais detalhadas. As rosas dos ventos normalmente são orientadas conforme as direções geográficas e não as direções magnéticas. A diferença angular entre o Norte Geográfico e o Norte Magnético é chamada de declinação magnética e a constatação dessa diferença é uma das atividades facilmente realizáveis com a Rosa dos Ventos do Observatório (Figura 2), por meio da utilização de uma bússola. A Rosa dos Ventos do Observatório contém a direção dos pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste) e os colaterais (Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste).

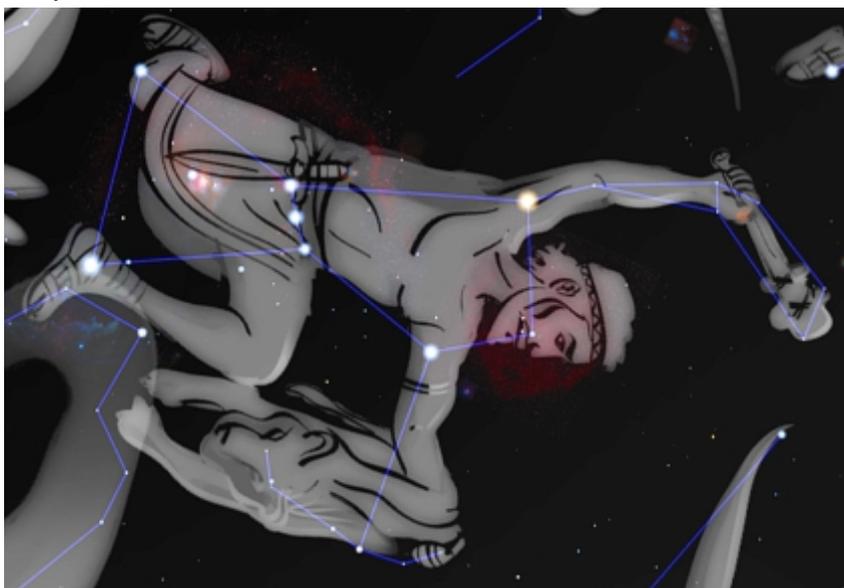
Figura 2 - Rosa dos Ventos do Observatório Dietrich Schiel, com seus oito rumos



Constelação de Órion 3d

Há dois dispositivos irmãos no JCT: são os dispositivos de constelações 3d, cujo objetivo é demonstrar a natureza tridimensional das constelações. Para tanto, lança-se mão de duas constelações bastante conhecidas: a constelação de Órion (Figura 3), abordada neste tópico, e a constelação do Cruzeiro do Sul, objeto de atenção posterior.

Figura 3 - Constelação de Órion com linhas conectando as estrelas e a representação artística da figura do caçador mitológico. As “Três Marias” são as estrelas que representam o cinturão do caçador



Fonte: André Luiz da Silva, com a utilização do software Stellarium

A constelação de Órion é famosa especialmente por conter as chamadas “Três Marias”, que são estrelas que não têm um brilho particularmente intenso, mas que chamam a atenção no céu por seu alinhamento e por seu espaçamento regular, além de exibirem, todas as três, brilhos bem semelhantes. Na figura mitológica imaginada pelos gregos, elas correspondem ao cinturão do gigante caçador Órion (Figura 3).

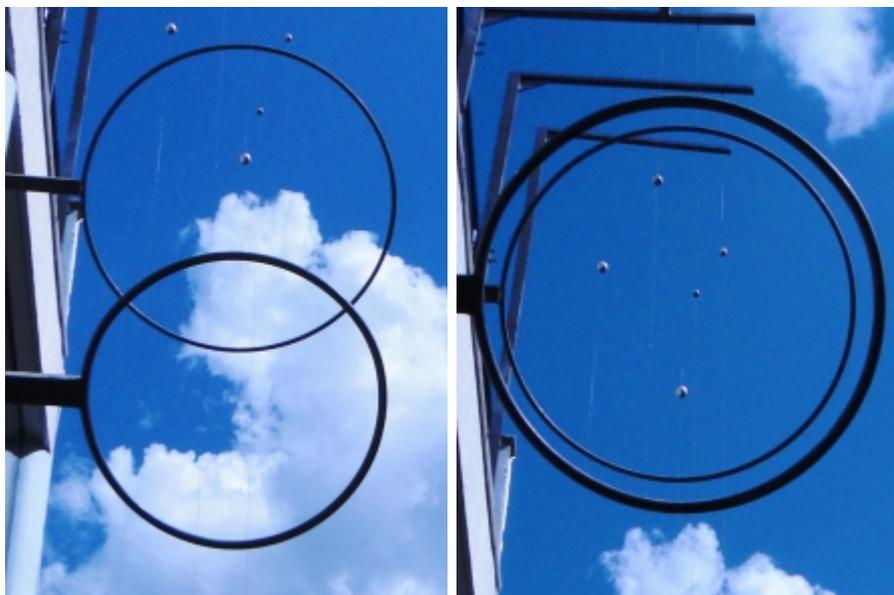
Situando-se no nível do solo, o dispositivo didático da constelação de Órion 3d é construído de tal maneira que esferas metálicas apoiadas em hastes robustas, mas discretas, representem as estrelas mais brilhantes da constelação, incluindo as “Três Marias”. Ocorre que para se ver o alinhamento e espaçamento dessas estrelas do modelo, assim como o aspecto familiar de toda a constelação de Órion, tal como a vemos no céu, é necessário que o visitante se posicione num local específico sinalizado. Saindo desse ponto de perspectiva única, a disposição familiar das estrelas e o alinhamento das “Três Marias” se perde. Esse posicionamento específico corresponde à nossa perspectiva no espaço, de quem observa a constelação real a partir da Terra ou de qualquer ponto do Sistema Solar. Em quase qualquer outra posição (correspondendo ao outro sistema planetário ou outro lugar bem longe do Sistema Solar), não veríamos as estrelas de Órion na mesma disposição que vemos em nosso céu: as “Três Marias” não ficariam alinhadas nem igualmente espaçadas e as outras estrelas tampouco reproduziriam o padrão familiar ao que estamos acostumados a observar da Terra.

Constelação do Cruzeiro do Sul 3d

A constelação do Cruzeiro do Sul-3d, assim como seu dispositivo irmão, a constelação de Órion-3d abordada no tópico anterior, é um dispositivo que procura demonstrar a natureza tridimensional das constelações. Por meio de esferas metálicas de tamanhos variados representando as estrelas e seus respectivos brilhos, mostra-se que, apenas a partir de uma perspectiva única, é possível ver essa distribuição de estrelas da forma como vemos em nosso céu e que, em lugares distantes do espaço, em outros sistemas planetários, as mesmas estrelas exibiriam outras configurações, bem diferentes daquela do nosso familiar Cruzeiro do Sul. Os visitantes são convidados a observar as “estrelas”, isto é, as esferas metálicas do dispositivo, de um lugar qualquer do entorno. Depois são convidados a observar o conjunto a partir de uma perspectiva sinalizada no piso. Nessa perspectiva especí-

al, as esferas são vistas no interior de argolas concêntricas e adquirem a conformação familiar da constelação do Cruzeiro (Figura 4).

Figura 4 - Cruzeiro do Sul 3d. Duas perspectivas das esferas metálicas representativas das estrelas da constelação do Cruzeiro do Sul são vistas nesta imagem: à esquerda, verifica-se o dispositivo de uma perspectiva em que o arranjo familiar da constelação parece deformado; à direita, no ponto apropriado de observação, o dispositivo exhibe a forma da constelação do Cruzeiro, tal como é vista no céu



Fonte: Mariana Maia Verones

Uma experiência adicional é proporcionada pela direção da disposição do conjunto, que está alinhado com o meridiano local e mostra as separações angulares entre as esferas metálicas idênticas às das estrelas do Cruzeiro real. Em outras palavras, há ocasiões em que o Cruzeiro do Sul real coincide quase exatamente com o Cruzeiro do dispositivo.

Semana de Sete Dias

Este item do JCT corresponde a um painel informativo, sem um dispositivo didático ligado a ele. O seu objetivo é mostrar a conexão

histórica e cultural que existe entre os dias da semana e os astros considerados como planetas na Antiguidade. Nessa época, além dos cinco planetas visíveis a olho nu (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), o Sol e a Lua também eram considerados planetas. Isso se deve ao fato da palavra “planeta”, de origem grega (*πλανήτης*, *planétes*), originalmente significar “errante”. A inclusão do Sol e da Lua é justificável, uma vez que eles, assim como os astros considerados atualmente como planetas, não são fixos em relação às constelações, como ocorre com as estrelas vistas à noite. Hoje em dia, porém, o Sol é classificado como estrela e a Lua, como satélite.

Considerando a classificação antiga, a cada planeta foi reservado um dia da semana em várias línguas e culturas (Tabela 1), o que pode ser constatado no referido painel.

Tabela 1 - Correspondência entre alguns astros e os dias da semana. As linhas da tabela correspondem, de cima para baixo, aos dias da semana, de domingo a sábado

Astro	Inglês	Alemão	Espanhol	Francês	Italiano
Sol	Sunday	Sonntag	Domingo	Dimanche	Domenica
Lua	Monday	Montag	Lunes	Lundi	Lunedì
Marte	Tuesday*	Dienstag*	Martes	Mardi	Martedì
Mercúrio	Wednesday	Mittwoch**	Miércoles	Mercredi	Mercoledì
Júpiter	Thursday	Donnerstag	Jueves	Jeudi	Giovedì
Vênus	Friday	Freitag	Viernes	Vendredi	Venerdì
Saturno	Saturday	Samstag	Sábado	Samedi	Sabato

*O equivalente na mitologia nórdica a Marte é o deus Týr, do qual derivaram as palavras equivalentes à terça-feira em inglês e alemão

**Palavra alemã que significa "meio da semana"

Totem Lunar

O Totem Lunar é o nicho do JCT que aborda alguns dos vários aspectos do nosso único satélite natural (Figura 5). O painel aborda o fenô-



Fonte: Acervo - CDCC/USP

Figura 5 - Totem Lunar. O dispositivo representa as quatro fases principais da Lua. De baixo para cima, temos a Lua Nova, a Quarto Crescente, a Cheia e a Quarto Minguante. Conforme o visitante se posicione na placa norte (parte de baixo da foto, em primeiro plano, com um "N") ou na placa sul (vista atrás do totem na foto), poderá perceber a inversão do aspecto das fases quarto crescente ou minguante, de forma análoga a que se vê observando a Lua a partir dos hemisférios terrestres norte e sul

meno das fases lunares e seu mecanismo, descrevendo o aspecto que a Lua assume em cada uma das chamadas fases principais (Nova, Quarto Crescente, Cheia e Quarto Minguante). Os aspectos sofrem uma inversão conforme o hemisfério terrestre a partir do qual são observados. Assim, as fases crescentes frequentemente exibem uma forma de "C" para quem as observa do hemisfério sul da Terra, enquanto que as mesmas fases serão vistas sob a forma de um "D" para os observadores do hemisfério norte da Terra. A razão para a inversão é demonstrada com o uso do Totem Lunar, que é composto de quatro esferas pintadas de tal forma que representem o aspecto de cada uma das fases principais.

O painel associado ao Totem Lunar também aborda a Lua como um importante marcador de tempo em culturas que usam o calendário lunar ou lunissolar, ou que têm a Lua como referência na contagem do tempo, mencionando como exemplos os povos babilônicos e a cultura Tupi-Guarani.

Semiesfera Armilar

A Semiesfera Armilar, assim como as esferas armilares, são dispositivos clássicos para o ensino de aspectos importantes da chamada Astronomia de Posição, que é o ramo da Astronomia que se ocupa das

posições e movimentos dos corpos celestes vistos a partir da superfície da Terra.

As esferas armilares estão presentes numa variedade de contextos: podem ser encontradas como objetos de decoração, peças de acervo em museus; podem ser vistas em filmes de época, brasões e outras alusões ao conhecimento astronômico do passado ou a ele relacionado. Como exemplos, podemos mencionar a presença da esfera armilar no brasão da Universidade de São Paulo, na bandeira portuguesa ou nos filmes da franquia Harry Potter.

A Semiesfera Armilar do Observatório (Figura 6) é herdeira da tradição do ensino de Astronomia de Posição, trazendo alguns elementos importantes para a percepção das estações do ano, além de poder ser usada como um relógio de sol.

Figura 6 - Semiesfera Armilar. Nesta imagem estão alguns elementos importantes do dispositivo se des-tacam: os arcos coloridos (vermelho, amarelo e azul) representando as trajetórias aparentes dos Sol nos solstícios e nos equinócios, o arco preto representando o meridiano local e a haste vertical azul clara que toca o meridiano no ponto visto como o zênite - o mais alto do céu para observador no centro da semiesfera



Fonte: André Luiz da Silva

A palavra “armila” tem origem latina e significa cinto ou bracelete. Assim, a esfera armilar é uma representação da esfera celeste feita com braceletes. A semiesfera é uma variante, construída de forma fixa por facilidade de construção, dando a ideia de que a metade faltante está sob o solo, assim como a metade não visível da Esfera Celeste se encontra abaixo do horizonte. A semiesfera do Observatório adota a referência topocêntrica, o que significa que é o observador que está no centro da semiesfera e não a Terra. Nessa acepção, são encontradas algumas referências ao local onde ela está instalada, tal como a latitude de 22° (haste negra inclinada neste ângulo partindo do centro da semiesfera), o semicírculo representativo do meridiano local (arco que marca a passagem do Sol ao meio-dia verdadeiro e representado pelo arco negro disposto na direção norte-sul) ou os arcos das trajetórias diárias do sol nos equinócios (arco amarelo), no Solstício de Verão (arco vermelho) e no Solstício de Inverno (arco azul) do hemisfério sul. Uma haste de cor azul clara ajuda na visualização do conceito de zênite, o ponto de maior altura na esfera celeste.

Na abordagem deste dispositivo, mais do que realçar esses milenares conceitos de Astronomia Fundamental, são enfatizadas as diferenças da trajetória do Sol ao longo do ano, marcadas pelos arcos coloridos. Ao chamar a atenção para esses deslocamentos aparentes do Sol, pretende-se deixar evidente que o Sol não nasce sempre no Ponto Cardeal Leste nem se põe sempre no Ponto Cardeal Oeste, aliás fazendo isso em apenas dois dias por ano (nos equinócios de outono e primavera). Outra noção importante e evidente pela observação dos elementos da semiesfera é a de que o Sol não fica sempre a pino (no zênite) ao meio-dia, fenômeno que ocorre apenas em um ou dois dias no ano para as localidades nos ou entre os trópicos, respectivamente (as datas de sol a pino dependem na latitude do local).

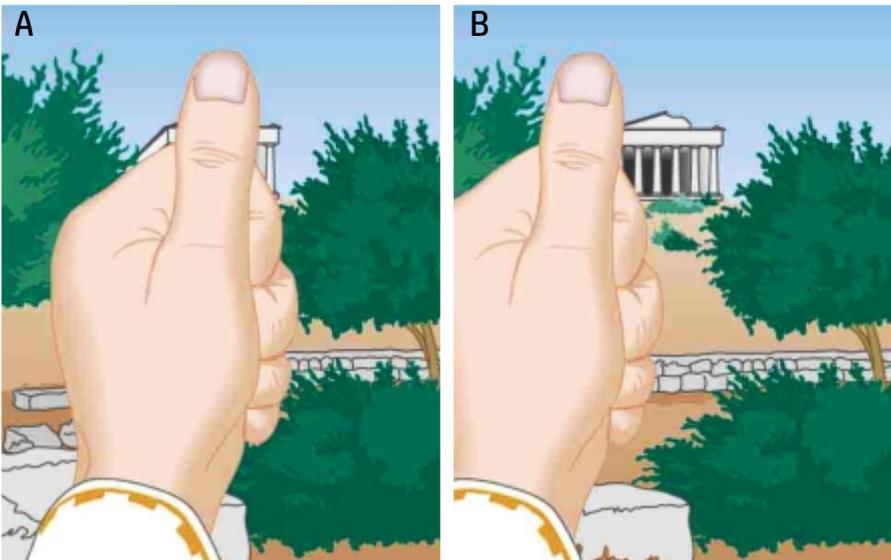
A abordagem costuma terminar com o procedimento de utilização da semiesfera como um enorme relógio de Sol, utilizando a sombra de

um dispositivo auxiliar (uma haste com a figura do Sol em uma extremidade). A figura do Sol é posicionada na região entre os arcos coloridos, de tal forma a fazer sombra no centro da esfera. A hora é obtida contando-se os arcos menores e perpendiculares aos coloridos a partir do Leste.

Paralaxe

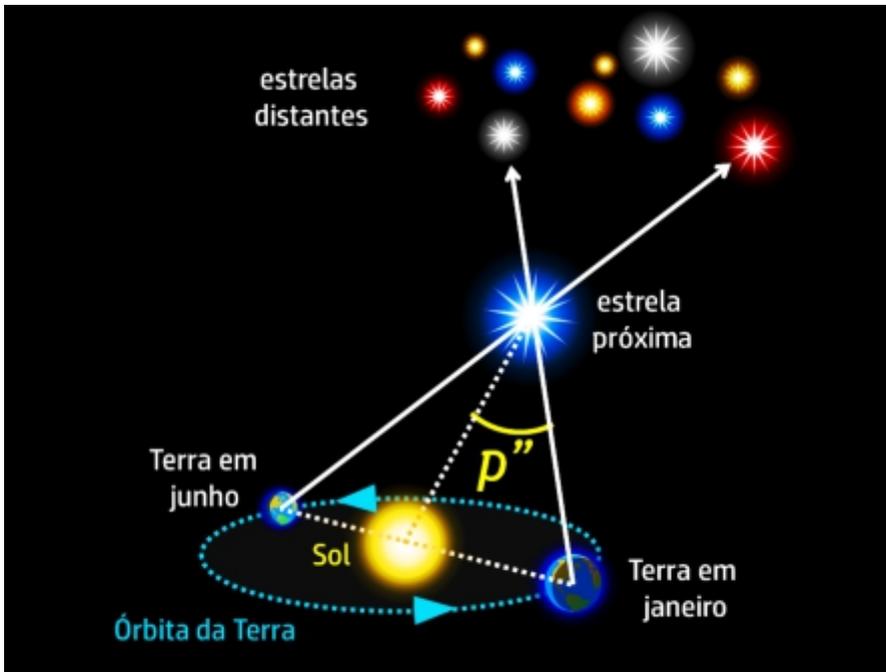
O dispositivo da paralaxe é o espaço do JCT que procura demonstrar de forma simples o funcionamento do principal método de determinação de distâncias em Astronomia. A palavra paralaxe vem do grego (*παράλλαξις*, *parállaxis*) e significa mudança ou alteração. No método de determinação de distâncias, é a mudança de posição aparente que um objeto próximo parece sofrer em relação ao cenário mais distante. Uma forma de experimentar o efeito é seguir o procedimento ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Efeito de paralaxe. As figuras ilustram uma experiência simples que pode ser feita utilizando-se um dedo em frente ao rosto. No quadro à esquerda (A) temos a visão do dedo fixo em frente ao rosto e do cenário de fundo, observados apenas com o olho esquerdo. No quadro à direita (B), por outro lado, temos a visão do dedo na mesma posição, mas agora observado com o olho direito apenas. O deslocamento aparente que o dedo sofre se dá em virtude da mudança de ponto de vista e da proximidade do dedo. Objetos mais distantes exibem um deslocamento aparente menor



A mesma ideia pode ser empregada para a determinação de distâncias em Astronomia. No caso de distâncias estelares, o análogo às observações alternadas de um olho e o outro é o de posições diametralmente opostas da órbita terrestre. Isso está ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - O efeito de paralaxe no contexto astronômico. A figura ilustra o esquema da paralaxe usado na determinação da distância até uma estrela próxima. As estrelas distantes servem como cenário para se avaliar o deslocamento aparente que a estrela azul, próxima, sofre quando alternamos os pontos a partir dos quais ela é observada (Terra em janeiro e em junho). Formalmente, o ângulo de paralaxe é o ângulo p , indicado. Na figura, as estrelas são representadas com “pontas” para distingui-las do Sol. No entanto, convém lembrar que o Sol é uma estrela como aquelas que vemos no céu noturno. As “pontas” que normalmente associamos às estrelas são apenas um efeito criado pelo fenômeno de difração que a luz proveniente de objetos luminosos não extensos sofre quando entra em nossos olhos



Fonte: André Luiz da Silva

O dispositivo foi criado para que fosse possível ao visitante reproduzir a mesma situação ilustrada na Figura 8. Uma pessoa pode fazer o papel da Terra e outra, o papel da estrela próxima. A paisagem fará o papel das estrelas distantes. Quem está no papel da Terra pode fazer a

mudança de posição orbital e verificar a paralaxe de quem está no papel da estrela próxima. Uma foto do dispositivo é mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Foto atual do dispositivo da paralaxe com o painel e os elementos de solo indicando quatro posições da Terra em sua órbita ao redor do Sol. A Terra, o Sol e a órbita estão fora de escala nessa representação



Fonte: André Luiz da Silva

Sistema Solar em Escala

O Sistema Solar em escala é um dispositivo que começa no JCT, mas se utiliza de quase toda a extensão da Área 1 do campus da USP, em São Carlos. A razão para esse dispositivo ser tão extenso é a de que procura representar com fidelidade, tanto os tamanhos do Sol e dos planetas quanto as distâncias destes ao Sol na mesma escala, simultaneamente. Normalmente, outras representações do Sistema Solar ora mostram os principais astros em escala de tamanho entre si, ora mostram as suas órbitas em escala.

Outro fato que se demonstra com o Sistema Solar em escala é o de que a distribuição das distâncias dos planetas ao Sol está longe de ser

uma distribuição homogênea. Em outras palavras, os planetas não são igualmente espaçados. Os quatro planetas mais próximos ao Sol (os terrestres ou rochosos), situam-se bem mais próximos ao Sol que os outros planetas (os jovianos ou gigantes). Pode-se perceber essa notável diferença tomando a distância da Terra ao Sol como uma unidade, a chamada de Unidade Astronômica (ua). Os quatro primeiros planetas ficam a distâncias aproximadas de 0,4, 0,7, 1 e 1,5 ua. Na prática, isso faz com que na escala escolhida para o dispositivo, os cinco primeiros totens (representativos do Sol e dos planetas terrestres) fiquem próximos ao prédio do Observatório (Figura 10), enquanto os demais ficam mais distantes e espalhados por quase toda a extensão do campus. Novamente, em unidades astronômicas aproximadas, temos: 5, 10, 20 e 30 para os planetas Júpiter, Saturno, Urano e Netuno, respectivamente.



Para que se possa ter uma ideia de distâncias em metros, no dispositivo, basta saber que a escala escolhida para o Sistema Solar em Escala do Observatório foi a de 1:6.000.000.000, ou seja, cada metro no dispositivo representa seis milhões de quilômetros no Sistema Solar real. Nessa escala, a

Figura 10 - Totens do Sistema Solar próximos ao prédio do Observatório. O totem de Mercúrio é visto em primeiro plano. Outros dois aparecem na foto, que são os de Vênus (à esquerda) e de Marte, ao fundo. O totem da Terra fica um pouco mais afastado que o de Vênus, mas foi ocultado parcialmente pelo totem de Mercúrio e pela folhagem das árvores

unidade astronômica (a distância entre a Terra e o Sol) corresponde a 25 metros. Com isso, a distância do totem do Sol até o totem representativo de Netuno, o mais distante dos planetas, é de 750 metros.

No passeio em que os visitantes são convidados a fazer para a exploração do Sistema Solar, cada totem é pensado como uma parada, ou estação, na qual o “explorador” pode conhecer as informações mais relevantes sobre o astro que o totem representa. Cada totem contém um modelo tridimensional do astro que representa. No caso do totem representativo do Sol há uma esfera de 20 cm produzida em impressora 3D. Os outros totens contêm modelos esculpido em cristais cujas dimensões também respeitam a escala, inclusive no detalhamento de anéis planetários, no caso dos planetas jovianos (Figura 11).

Figura 11 - Detalhe do cristal do totem de Saturno. À esquerda, vemos o nicho onde está inserido o cristal, no totem de Saturno; à direita, vemos o modelo do planeta no cristal, esculpido a laser. A esfera representativa do planeta tem cerca de dois centímetros nesse modelo. Os anéis e suas divisões também seguem a mesma proporção dos anéis do planeta Saturno real



Fonte: André Luiz da Silva

Uma informação interessante que está implícita no modelo e que normalmente comenta-se com o público quando é feita a mediação desse dispositivo é a distância a que deveríamos colocar uma pequena esfera representativa da estrela mais próxima além do Sol. Essa pequena esfera estaria em um eventual décimo totem do conjunto, com o qual teríamos uma noção acurada do próximo nível de distâncias astronômicas, bem além daquelas que medimos no Sistema Solar: as distâncias estelares. Esse hipotético totem representaria a estrela anã vermelha conhecida como *Proxima Centauri*. Seguindo a mesma escala do dispositivo, onde deveria ser colocado o totem de *Proxima Centauri*? A cerca de 6.800 quilômetros do totem do Sol. Caso deseje-se conservar o dispositivo hipoteticamente estendido no continente americano, pode-se procurar uma localidade do sul do México, ou ainda, no estado norte-americano da Flórida. Essa seria a distância, na escala do dispositivo, correspondente aos cerca de quatro anos-luz que separam o Sol de *Proxima Centauri*.

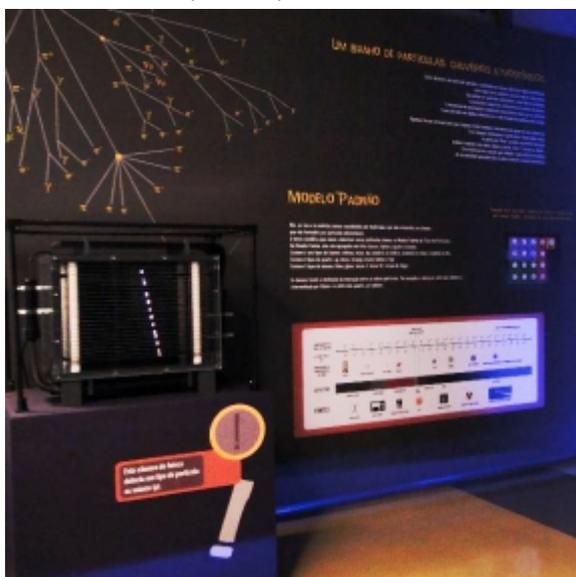
Cabe destacar que, nesse caso, fala-se apenas da estrela mais próxima do Sistema Solar. Para as estrelas mais distantes visíveis a olho nu, nem mesmo a circunferência da Terra seria suficiente para representar essas dimensões, mesmo numa escala tão reduzida quanto a desse dispositivo. Como exemplo, é possível mencionar o das estrelas mais luminosas que conhecemos - com cerca de 10 mil luminosidades solares. Algumas dessas estrelas podem ser vistas no limite da visibilidade do olho humano sem instrumentos. Nessas circunstâncias, elas estão a distâncias da ordem de cinco mil anos-luz. Na escala do dispositivo, essa distância corresponderia a cerca de oito milhões de quilômetros. Em outras palavras, um totem imaginário que representasse essa estrela extremamente luminosa e distante precisaria ser colocado a mais de 20 vezes a distância da Terra à Lua.

Raios! Mensageiros do Cosmos

Inaugurada no final de junho de 2019, a Exposição *Raios! Mensageiros do Cosmos*, é o mais novo espaço expositivo do Observatório. A instalação do espaço se deu a partir de projeto temático em parceria com o Instituto de Física de São Carlos da USP, com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

A exposição ocupa boa parte do segundo pavimento do prédio, andar onde se localizam a Sala de Instrumentação (área técnica não acessível ao público), a Sala Solar e os dioramas do Topocentrismo e Geocentrismo, abordados posteriormente neste Roteiro Didático.

Para tratar do assunto principal da exposição - as astropartículas - são explorados três eixos principais: os raios cósmicos, os aspectos astrofísicos ligados às astropartículas e a história da pesquisa nesse campo no Brasil e no mundo. O eixo temático dos raios cósmicos engloba conceitos relacionados à Física de Partículas, sua detecção e os esforços que estão sendo feitos para concretização do conjunto de telescópios do Cherenkov Telescope Array (CTA), projeto multinacional que conta com colaboração brasileira. Nesse eixo, há dois equipamentos em destaque. O primeiro é a câmara de faíscas (Figura 12), um



detector de múons, que são partículas elementares criadas na alta atmosfera quando os raios cósmicos se

Figura 12 - Câmara de faíscas em seu nicho. À esquerda da foto está a câmara de faíscas. No momento da captura da foto, uma faísca indicadora da passagem de um múon foi gerada (reta pontilhada diagonal, descendo para o canto inferior direito da câmara). Em cima e ao lado do aparelho estão painéis que explicam e ilustram aspectos ligados à Física dos Raios Cósmicos

chocam com átomos e moléculas ali existentes. A câmara indica a trajetória descrita pelo múon ao passar por ela e faz isso por meio de uma faísca gerada a partir de um intenso campo elétrico. A faísca segue o rastro deixado pelo múon ao atravessar a atmosfera de gás hélio mantida dentro da câmara.

Também em destaque nesse eixo temático são os óculos de realidade virtual (Figura 13), cuja função é proporcionar uma experiência de imersão aos visitantes. Com os óculos, é possível assistir a um vídeo, produzido para esse formato, para conhecer um campo de telescópios do projeto CTA no deserto do Atacama, no Chile, com vários telescópios de tamanho variado, sendo que os maiores têm espelhos com 23 metros de diâmetro. Uma captura do vídeo é mostrada na Figura 13.

Figura 13 - Óculos de realidade virtual. À esquerda da figura consta uma captura de um *frame* do vídeo exibido nos óculos de realidade virtual; à direita está o nicho do aparelho na exposição e respectivos painéis informativos



Fontes: canal do Youtube do Cherenkov Telescope Array Observatory (à esquerda) e André Luiz da Silva (à direita)

O eixo temático dos raios cósmicos conta com um espaço especial dedicado às crianças, o espaço *kids*, que procura explicar, por meio de vídeos produzidos especialmente para o público infantil, os raios cósmicos e o projeto CTA (Figura 14).



Fonte: André Luiz da Silva

Figura 14 - Espaço *kids*. O espaço conta com um televisor com tela sensível ao toque que permite às crianças escolherem os vídeos. Na parte de cima da foto pode-se ver uma concha acústica que amplifica o som do vídeo para as pessoas que se encontram abaixo dela. Dessa forma, as crianças podem assistir aos vídeos com um volume de som que não incomoda os demais visitantes da exposição, assim como os sons produzidos pelos visitantes que estão fora do espaço *kids* é minimizado embaixo da concha

No eixo temático da Astrofísica, painéis e vídeos ilustram o presente entendimento sobre a origem dos raios cósmicos. Os visitantes, assim como ocorre com o espaço *kids*, contam com um televisor com tela sensível ao toque que permite a seleção dos vídeos sobre o assunto (Figura 15).

Figura 15 - O nicho da Astrofísica da Exposição Raios! Mensageiros do Cosmos. Destaque para os painéis e a iluminação especial com LEDs que conferem ao ambiente uma atmosfera futurista, à direita está o televisor que possui tela sensível ao toque



Fonte: Natália Palivanas

O eixo temático da história está ilustrado na Figura 16. São três linhas do tempo que esse espaço contém. A primeira explora a vida de César Lattes, eminente físico brasileiro que teve papel importante não apenas na pesquisa de raios cósmicos, mas na Física e na Ciência brasileiras. O pesquisador é homenageado na plataforma que leva o seu nome, uma base de dados de currículos acadêmicos utilizada amplamente em todo o Brasil, baseada no site do CNPq, órgão que o físico brasileiro ajudou a fundar.

Figura 16 - Linhas do tempo da exposição Raios! Mensageiros do Cosmos



Fonte: André Luiz da Silva

A segunda linha do tempo conta a história da pesquisa sobre raios cósmicos no mundo e, por fim, a terceira e última linha fala sobre a pesquisa no Brasil e na USP.

DISPOSITIVOS DIDÁTICOS INTERNOS

Este tópico descreve os dispositivos didáticos internos do Observatório, com exceção daqueles que compõem os dois espaços expositivos, os quais já foram mencionados anteriormente. O acesso aos dispositivos didáticos internos se dá, portanto, apenas quando o prédio está aberto ao público. São eles: Lunário; Telúrio; Painel de Conexões Cósmicas; Diorama do Topocentrismo; Diorama do Geocentrismo; Parede Meridiana; Sala Solar.

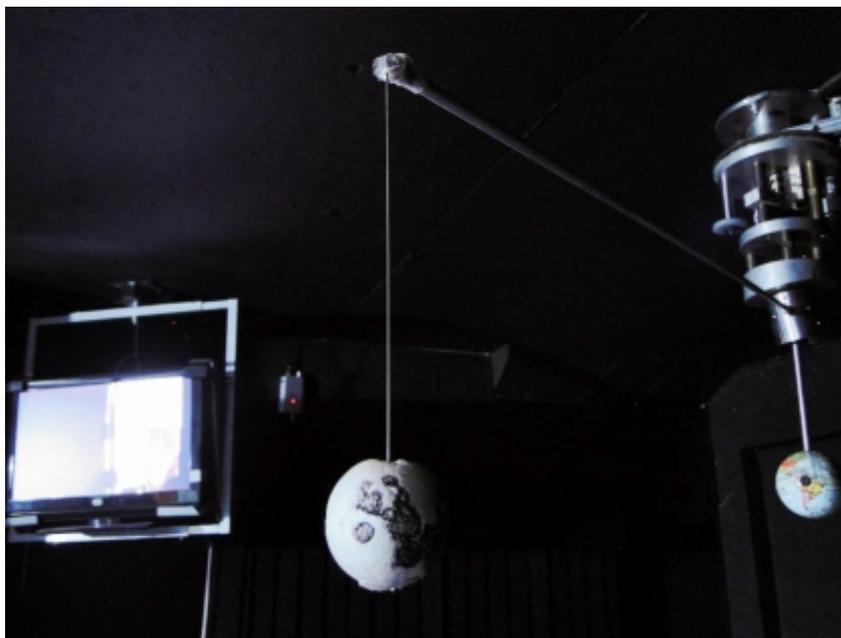
Lunário

O Lunário é o equipamento que integra o conjunto de dispositivos chamados de dioramas, que podem ser definidos de forma geral como arranjos tridimensionais de objetos ou cenas, com finalidades didáticas, artísticas, expositivas ou recreativas. No caso dos dioramas do Observatório, são dispositivos didáticos que são também modelos dos próprios fenômenos a que são destinados a explicar. O Sistema Solar em escala, do JCT, já abordado, pode ser incluído nessa categoria. Os outros dioramas do acervo são o Telúrio e os dioramas do Topocentrismo e do Geocentrismo.

Lunário é o dispositivo por excelência para o entendimento das fases da Lua e de aspectos básicos sobre os Eclipses Solares e Lunares. Localizado em ambiente reservado, com o teto e paredes pintadas de preto ao seu redor, o Lunário possui uma parte central motorizada na qual se acoplam um modelo da Terra e outro da Lua. Ambos os modelos são iluminados por uma lâmpada representativa do Sol a alguns metros. No modelo da Terra, que é um pequeno globo terrestre, foi inserida uma câmera cuja imagem é transmitida para um televisor próximo. A imagem transmitida representa o ponto de vista do observador na Terra, enquanto que os visitantes têm a perspectiva de quem observa o sistema Terra-Lua-Sol a partir do espaço (Figura 17). Os movimentos do conjunto são controlados por um pequeno painel que

pode ser acionado pelo monitor que opera o equipamento enquanto faz a mediação. Em virtude da delicadeza dos botões e dos motores do sistema, o Lunário é acionado apenas por membros da equipe do Observatório.

Figura 17 - Lunário. Em primeiro plano na foto está o modelo da Lua, com as regiões escuras representando os chamados mares lunares. À direita, está o modelo da Terra. Note a câmera, colocada na região equatorial e na parte do globo terrestre correspondente ao norte do Brasil. A imagem fornecida pela câmera é transmitida para o televisor que pode ser visto à esquerda. O conjunto é iluminado por uma lâmpada a alguns metros que não aparece na foto. As paredes e o teto foram pintados de preto para aumentar o contraste entre o modelo lunar e o fundo na imagem transmitida obtida pela câmera

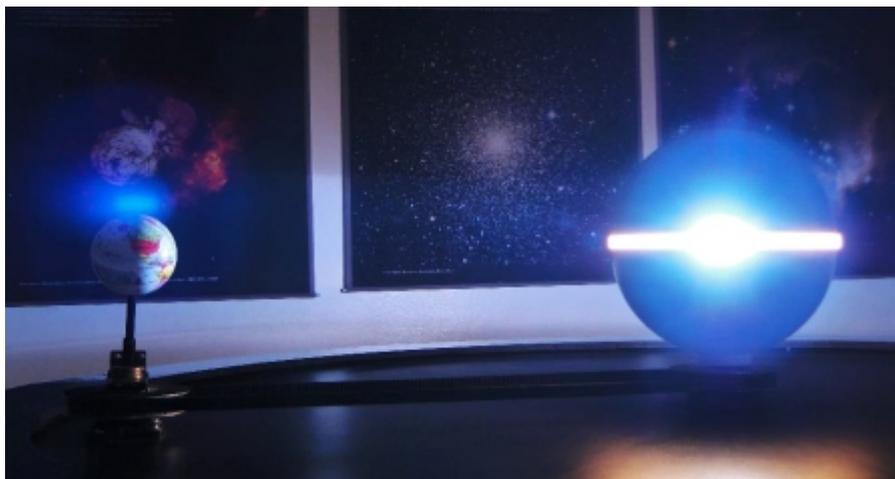


Fonte: Natália Palivanas

Telúrio

Integrante do subconjunto dos dispositivos denominados dioramas, como mencionado anteriormente, o Telúrio é um modelo do sistema Terra-Sol (Figura 18). O principal objetivo didático desse dispositivo é mostrar o mecanismo das estações do ano. Dessa forma, a Lua foi

Figura 18 - Telúrio. O globo representativo do Sol com a lente equatorial pode ser visto à direita na foto. À esquerda, está o globo terrestre iluminado. Note que a iluminação abrange ambos os hemisférios de forma mais ou menos equilibrada, correspondendo à representação de uma época próxima a um equinócio. A correia de borracha que une as bases dos modelos do Sol e da Terra pode ser vista na foto: uma solução mecanicamente simples para que o eixo de rotação do globo terrestre mantenha-se numa direção fixa enquanto gira ao redor do globo solar



Fonte: Natália Palivanas

intencionalmente retirada do modelo. Adicionalmente, o mecanismo gerador dos dias e das noites também pode ser demonstrado. A concepção do dispositivo é bastante simples. Trata-se de uma mesa cujo tampo representa o plano da órbita da Terra ao redor do Sol. Um modelo do Sol com uma fonte de luz interna e uma lente equatorial procura reproduzir a incidência paralela de luz em um globo representativo da Terra. O Telúrio proporciona a visão heliocêntrica das estações e, para isso, o modelo do Sol foi colocado no centro da mesa, com o pequeno globo terrestre girando ao redor dele.

A translação ou revolução do modelo da Terra ao redor do globo representativo do Sol se faz a partir do giro do tampo da mesa. Uma correia ligando a base do globo solar à base do globo terrestre garante que o eixo de rotação do globo terrestre – devidamente inclinado – permaneça apontando sempre para a mesma direção, como ocorre de forma aproximada, com o eixo de rotação real da Terra.

O giro do globo terrestre iluminado permite demonstrar de forma muito clara a diferença entre solstícios de inverno e de verão para cada hemisfério terrestre. A ocorrência dos equinócios e o fato da mesa ser redonda e seu diâmetro representar o diâmetro da órbita terrestre também permite mostrar facilmente que as estações não ocorrem em virtude de um maior ou menor afastamento da Terra ao Sol, concepção incorreta que é muito difundida entre os estudantes e visitantes.

Painel de Conexões Cósmicas

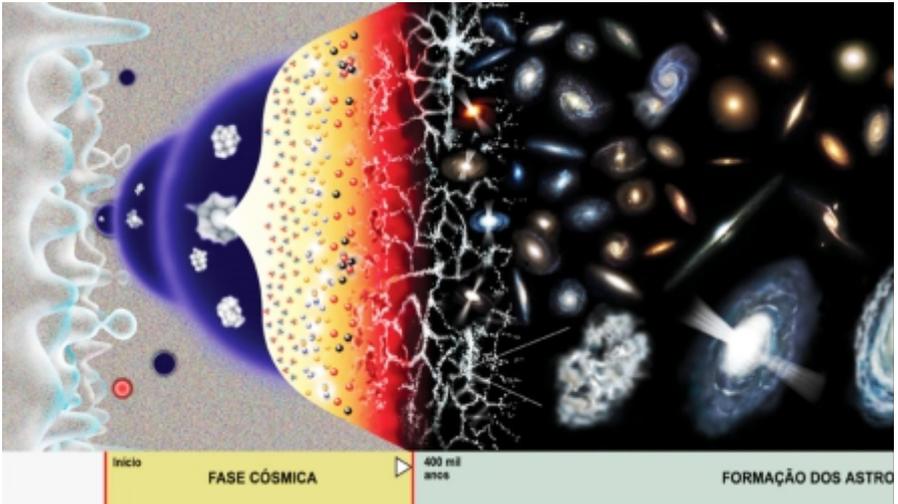
O Painel de Conexões Cósmicas é uma linha do tempo da concepção científica do Universo englobando não só a Cosmologia, que é o estudo do Universo como um todo, mas também a Astrofísica Extragaláctica, a Astrofísica Estelar, a Cosmogonia do Sistema Solar e a Biologia. O painel não existe apenas no Observatório, mas se encontra em várias exposições em Centros de Ciências e polos de divulgação de Astronomia pelo Brasil. O painel foi pintado pelo artista plástico Paulo Roberto Santiago, a partir das concepções do Professor Augusto Daminieli, do IAG da USP. É um painel com notável extensão horizontal, razão pela qual ele é mostrado em três figuras (Figuras 19 a 21).

A mediação do painel normalmente é feita explicando-se as várias etapas nele ilustradas, as quais são descritas em linhas gerais a seguir, tomando como base as Figuras 19 a 21. Na descrição, é utilizada a mesma progressão temporal do painel, isto é, sempre da esquerda para a direita.

Começando com a Figura 19, que mostra, à esquerda, um pequeno trecho com uma representação do que existiria antes do início. O início é marcado pelo momento da criação do Universo, momento conhecido como *Big Bang*. No atual estágio de desenvolvimento da Cosmologia e da Física, a representação do que havia antes do *Big Bang* é meramente especulativa.

A “Fase Cósmica”, logo a seguir, se inicia com o próprio *Big Bang*, que

Figura 19 - Painel de Conexões Cósmicas, parte 1. Esta figura mostra as etapas correspondentes a antes do *Big Bang*, passando pela “Fase Cósmica” e indo até quase a metade da “Formação dos Astros e dos Átomos Pesados”. A descrição das etapas se encontra no texto



Fonte: Augusto Damineli/Paulo Roberto Santiago

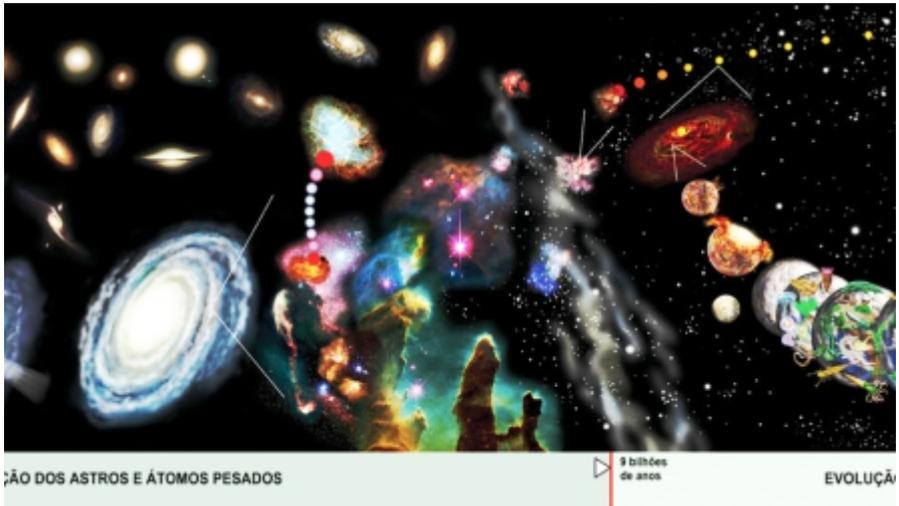
é entendido como o nascimento do Universo, momento caracterizado pelas mais extremas densidades e temperaturas, condições que impuseram a unificação das forças fundamentais da Natureza. Essa etapa do painel também retrata um período de rápida expansão do Universo, conhecida como Inflação (note a abertura em forma de funil ou do sinal de chave, aberta para a direita). A Inflação foi seguida de uma diminuição de temperatura que permitiu a formação das partículas elementares, como quarks e léptons, seguida pela nucleossíntese primordial, processo conhecido por ter formado os primeiros elementos químicos: basicamente, o hidrogênio e o hélio. Essa etapa termina no instante correspondente a 400 mil anos após o *Big Bang*, com a liberação da Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas (extensão vertical vermelha). Essa radiação permeia o universo em todas as direções e foi descoberta em 1965, sendo uma das principais evidências a favor da Teoria do *Big Bang*. Na Radiação Cósmica de Fundo em Micro-ondas observa-se a ocorrência de sutis irregularidades. Essas

irregularidades posteriormente favoreceram o aparecimento de grandes estruturas: galáxias, aglomerados, superaglomerados e filamentos, cuja evolução é tratada na etapa seguinte do painel.

A etapa que se segue foi denominada de “Formação dos Astros e dos Átomos Pesados”. Essa etapa pode ser vista na metade direita da Figura 19. Ela abarca não só a formação e evolução das grandes estruturas mencionadas, mas também o início da formação de elementos químicos mais pesados que o hidrogênio e o hélio. A origem desses elementos se dá por meio da nucleossíntese estelar. No interior das estrelas e nos eventos que marcam as suas mortes há a síntese e o progressivo enriquecimento do meio interestelar por elementos químicos mais pesados que o hélio. Alguns, como o carbono e o oxigênio, ganham o espaço por meio de lentas expansões de atmosferas de estrelas de pouca massa, semelhantes ao Sol; outros elementos - os mais pesados - são sintetizados nos interiores de estrelas de grande massa ou durante o breve intervalo em que ocorrem violentas explosões estelares, tais como supernovas, hipernovas e kilonovas. As próprias explosões são mecanismos de síntese de elementos mais pesados que o bismuto-209, que é o mais pesado dos núcleos atômicos não radioativos. As explosões são os mecanismos pelos quais esses elementos químicos pesados ganham o espaço interestelar, sejam eles criados nas próprias explosões ou nos interiores dessas estrelas ao longo de suas vidas. Essa etapa do painel prossegue até dois terços da largura da Figura 20, onde termina no tempo de nove bilhões de anos após o *Big Bang*.

A partir do instante de nove bilhões de anos, na posição correspondente ao terço restante da largura da Figura 20, se inicia a fase seguinte, denominada “Evolução da Vida e da Terra”. O início da etapa é marcado no painel por um evento cosmicamente irrelevante, mas que é um marco de suma importância para os que residem no planeta Terra: o nascimento do Sol e do Sistema Solar. A etapa é ilustrada com a forma-

Figura 20 - O Painel de Conexões Cósmicas, parte 2. Esta figura mostra a metade final da etapa de “Formação dos Astros e Átomos Pesados” e o início da etapa intitulada “Evolução da Vida e da Terra”. A descrição das etapas se encontra no texto

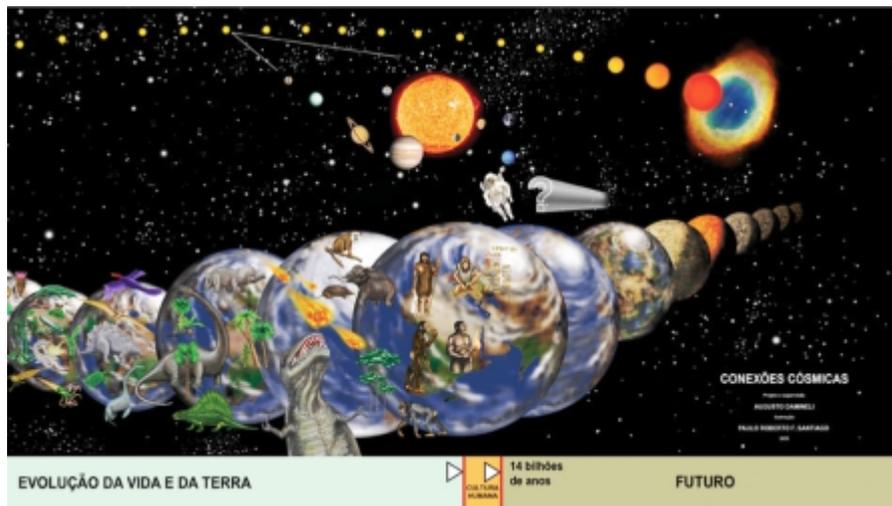


Fonte: Augusto Damineli/Paulo Roberto Santiago

ção da Terra e com o nascimento catastrófico da Lua, seguida pela formação da vida e pela sua conseqüente evolução, que prossegue pela Figura 21 até metade da sua largura, onde se inicia a pequena etapa seguinte.

A etapa seguinte do painel, um pequeno trecho mais ou menos na metade da Figura 21, é chamado “Cultura Humana”. Esse pequeno intervalo corresponde ao surgimento do *Homo Sapiens*, ilustra a invenção e disseminação da escrita bem como a chegada da era espacial que se vivencia hoje em dia. A partir desse ponto, o painel prossegue fazendo conjecturas baseadas nas modernas teorias de evolução estelar sobre o futuro do Sol e as conseqüências para a Terra, até o inevitável fim da nossa estrela, bilhões de anos no futuro. Com a morte do Sol, morre também todo o Sistema Solar, mas não necessariamente a vida que há nele, pois em circunstâncias favoráveis, a Humanidade poderá criar meios para sair do Sistema Solar agonizante e encontrar outras moradas Galáxia afora, tanto para si quanto para as outras

Figura 21 - Painel de Conexões Cóslicas, parte 3. Esta figura mostra o final da etapa de "Evolução da Vida e da Terra", a pequena etapa denominada "Cultura Humana" e o final do painel com a etapa "Futuro". A descrição das etapas se encontra no texto



Fonte: Augusto Damineli/Paulo Roberto Santiago

espécies que levará consigo nesse êxodo.

A discussão do painel pode levantar uma série de questões tanto por parte dos mediadores quanto pelo público e que evocam muitos outros campos além da Astronomia: desde questões teológicas ou religiosas, como a possível existência de um Criador, passando pelas de ordem biológica e ecológica, como as evidências da Teoria da Evolução e a importância da preservação do meio ambiente planetário, além das ligadas à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como o papel fundamental da Ciência e da Tecnologia na sobrevivência futura da espécie humana e da preservação da vida.

Diorama do Topocentrismo

O Diorama do Topocentrismo (Figura 22) e seu dispositivo irmão, o Diorama do Geocentrismo, abordado no item seguinte, correspondem às primeiras concepções da Humanidade sobre a sua posição e importância na disposição geral do Universo. A palavra grega $\tau\acute{o}\pi\omicron\varsigma$ (*tópos*)

significa lugar ou espaço. É a concepção de que o lugar onde está o observador coincide com o centro da Esfera Celeste e por conseguinte, está no centro do Universo.

Ainda que a visão científica há muito tenha descartado essa concepção cosmológica, é a impressão que se tem ao contemplar um firmamento estrelado com horizonte desobstruído: o céu como um grande domo, correspondente à metade visível da Esfera Celeste; o chão, até o horizonte, como um grande plano que se estende até tocar o firmamento. Tão vívida é essa sensação que ainda é possível utilizá-la para efeito de localização dos astros e acompanhamento dos movimentos do Sol, das estrelas e dos planetas. Se aproveitam desse ponto de vista o Diorama do Topocentrismo e outros dispositivos similares, como a Semiesfera Armilar e a Parede Meridiana, que será abordada em seguida. O topocentrismo figura, ainda que implicitamente, nas coordenadas celestes que são utilizadas rotineiramente na operação dos telescópios.

Além da perspectiva histórica da evolução das ideias sobre nosso lugar no Universo, o Diorama do Topocentrismo pode ser encarado



como uma versão simplificada da Semiesfera Armilar. Com ênfase no plano do horizonte e no plano do Meridiano

Figura 22 - Diorama do Topocentrismo. Conforme a descrição no texto, o diorama é composto do globo terrestre inclinado segundo a latitude local. Embaixo dele está uma representação dos planos do Meridiano e o do Horizonte

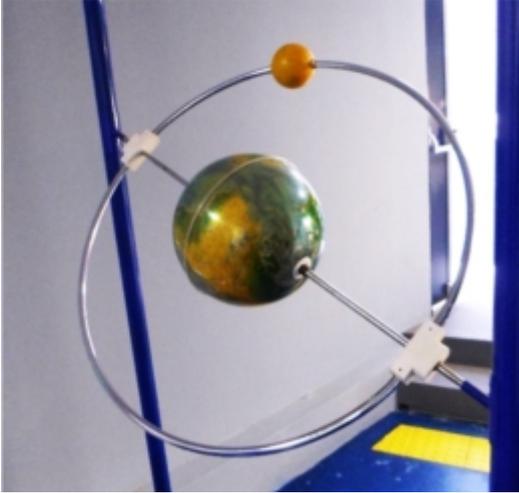
Local, o dispositivo permite destacar com mais clareza as diferentes posições do Sol ao meio-dia ao longo do ano. Como ocorre com o Diorama do Geocentrismo, a inclinação da Terra no dispositivo é tal que o topo do globo terrestre corresponde à latitude local.

Diorama do Geocentrismo

Um passo adiante na evolução das concepções cosmológicas da Humanidade foi a percepção de que a Terra não é plana e sim redonda. Observações simples como a forma como os navios desapareciam no horizonte, o aparecimento ou desaparecimento de constelações à medida que se desloca para o Sul ou para o Norte, além da sombra circular da Terra, projetada na Lua por ocasião de um eclipse lunar, eram consideradas evidências da esfericidade da Terra já na Grécia Antiga. A circunferência da Terra chegou a ser medida com notável precisão ainda no século II a. C. pelo astrônomo grego-egípcio Eratóstenes de Cirene (276-194 a.C.).

Associado com a nítida impressão que existe de que o Sol e outros astros giram ao nosso redor, o modelo geocêntrico, isto é, aquele em que a Terra, do grego ($\gamma\eta$, *ge*), ocupa o centro do Universo, foi o mais aceito pela cultura grega e posteriormente por toda a cultura ocidental até a Renascença. Essa grande extensão temporal se explica sobretudo pela influência do filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) e pela reinterpretação das suas ideias por São Tomás de Aquino (1225-1274), levando à incorporação das concepções cosmológicas aristotélicas à doutrina da Igreja Católica. O edifício da cosmologia aristotélica só começou a ruir com os trabalhos de Nicolau Copérnico (1473-1543), Johannes Kepler (1571-1630) e Galileu Galilei (1564-1642), no final do século XVI e começo do XVII.

O Diorama do Geocentrismo (Figura 23) permite abordar essa evolução do conhecimento humano, mas também é uma forma de visualização do movimento anual do Sol no sentido Norte-Sul, também



Fonte: André Luiz da Silva

Figura 23 - Diorama do Geocentrismo. Nesse diorama está o globo terrestre inclinado na latitude local. O arco ao redor da Terra é o suporte para o movimento de translação do Sol ao redor da Terra e para o seu movimento pendular norte-sul do Sol (veja texto). O Sol é representado no modelo pela pequena esfera amarela e pode deslizar sobre esse arco, observando os limites de $23,5^\circ$ ao norte e ao sul do Equador

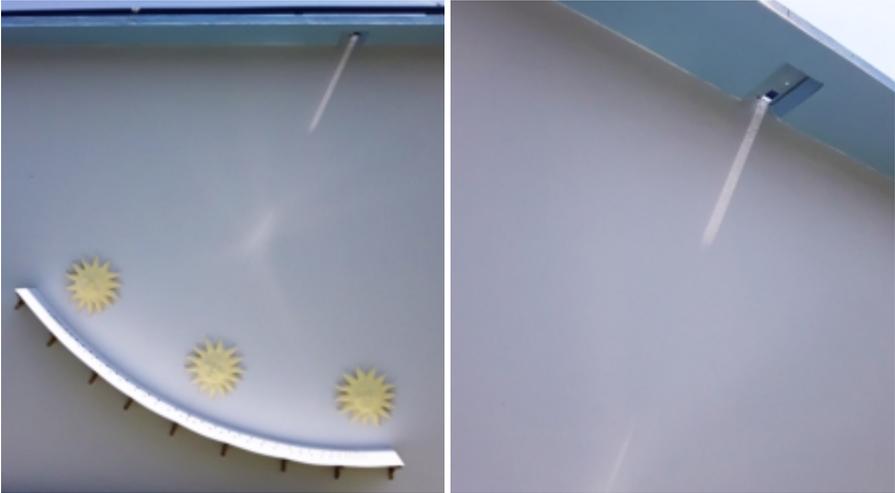
chamado de movimento pendular do Sol. O dispositivo é basicamente um globo terrestre inclinado segundo a latitude de São Carlos (aproximadamente 22° Sul), de forma que essa latitude seja vista no topo do globo. Ao redor do globo terrestre há um anel móvel com uma pequena esfera representativa do Sol que desliza por ele, como uma conta em um colar. Da perspectiva geocêntrica, o Sol gira ao redor da Terra diariamente, proporcionando os dias e as noites, mas o movimento oscilatório que ele faz ao longo desse anel - o movimento pendular do Sol - permite reproduzir os equinócios e solstícios.

Parede Meridiana

A Parede Meridiana é um dispositivo concebido para tornar evidente o movimento pendular anual do Sol. Ao meio-dia local, um orifício na laje projeta um pequeno filete de luz numa plataforma curva (Figura 24). Nesse momento importante do dia, o Sol passa pelo Meridiano Local, plano materializado, no dispositivo, pela parede orientada no sentido Norte-Sul e que dá nome ao espaço. A plataforma curva é revestida com um painel com os dias do ano correspondentes a cada posição de incidência do filete luminoso ao meio-dia. Mesmo sem a

presença do Sol ou em horários que não correspondem à passagem meridiana, é fácil deduzir a posição do Sol ao meio-dia observando-se o dia no painel e ligando-se imaginariamente essa posição na plataforma com o orifício na laje.

Figura 24 - Parede Meridiana. Na foto da esquerda está a plataforma curva com as figuras estilizadas do Sol mostrando as posições do feixe luminoso ao meio-dia no Solstício de Inverno (à esquerda), nos equinócios (centro) e no Solstício de Verão (à direita). Na foto da direita está a pequena abertura na laje, através da qual um feixe de luz passa e se projeta na plataforma curva ao meio-dia local



Fonte: André Luiz da Silva

A variação ao longo do ano é impressionante. Desde alturas próximas ao zênite (altura de 90° ou sol a pino) no verão até quase meia altura do horizonte ao zênite (cerca de $44,5^\circ$). Isso significa que o Sol do meio-dia não lança quase nenhuma sombra em hastes verticais em dias próximos ao Solstício de Verão, mas lança sombras de tamanhos equivalentes aos dessas hastes nessa mesma hora, em dias próximos ao Solstício de Inverno.

Ao lado do dispositivo, um painel explicativo dá mais informações sobre o assunto, além de tratar sobre a figura que o Sol parece traçar no céu ao longo do ano (o analema), quando se toma por base a sua posição sempre ao meio-dia no horário oficial, chamado de tempo solar

médio. A diferença entre o tempo marcado por relógios de sol e o tempo solar médio é regida pela chamada Equação do Tempo, também abordada no painel da Parede Meridiana.

Sala Solar

A Sala Solar é o espaço do Observatório dedicado à observação do Sol e ao contato com aspectos importantes da Astrofísica e da Física Solar. Para essa finalidade, a Sala Solar conta com alguns equipamentos descritos a seguir.

A Sala dispõe de um telescópio fixo, com 20 cm de diâmetro e distância focal de dois metros, na configuração newtoniana. O telescópio recebe um feixe luminoso proveniente do Sol através de uma abertura na laje, por meio de um aparato que fica no piso superior e é usado para acompanhamento do Sol - o heliostato (Figura 25). O telescópio permite a projeção da imagem do Sol numa tela na parede oposta, mas também pode ser usado em conjunto com o espectroscó-

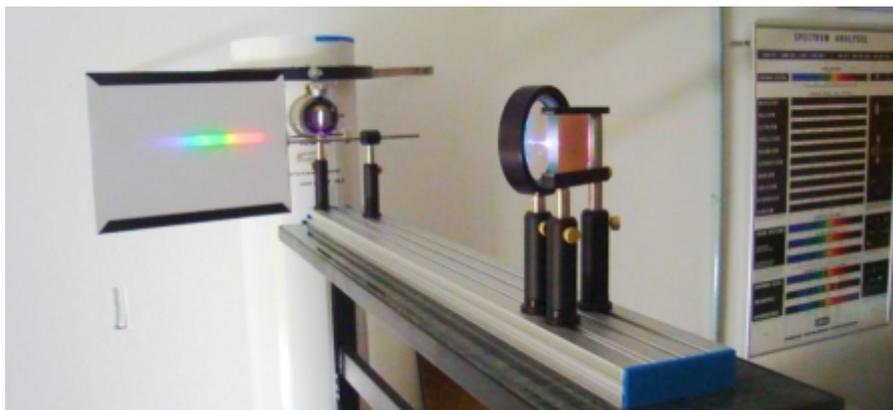
Figura 25 - Telescópio dedicado ao Sol e o heliostato. Na foto da esquerda está o telescópio newtoniano fixo; à direita, está o heliostato, que fica na laje da Sala Solar com a "chaminé" acima do telescópio da foto à esquerda. O sistema de espelhos planos do heliostato não só envia um feixe de luz solar para o telescópio como também consegue acompanhar o movimento aparente do Sol pelo céu



pio para mostrar o espectro solar (Figura 26). O espectro é a decomposição da luz branca do Sol em suas cores constituintes. Além da faixa multicolorida, chamada de espectro contínuo, observam-se linhas escuras sobrepostas ao espectro contínuo: são as linhas de Fraunhofer. As linhas de Fraunhofer e o espectro contínuo compõem o chamado espectro de absorção do Sol. A partir das linhas e suas respectivas posições no espectro é possível deduzir-se os elementos químicos presentes na atmosfera solar.

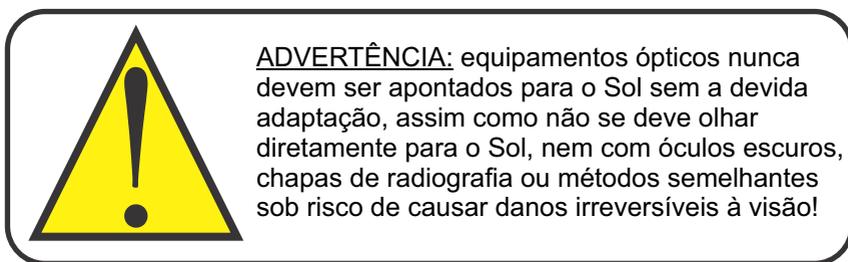
Além desses equipamentos, que são diretamente ligados à observação do Sol ou de seu espectro, a Sala Solar conta com um painel que dispõe de vários tipos de lâmpadas buscando ilustrar os diferentes tipos de espectro. Os espectros da luz de cada lâmpada podem ser visualizados por meio de um espectroscópio simples de uso individual. Os espectros mostrados são os espectros contínuos (faixa multicolorida e brilhante) e os espectros de emissão (linhas brilhantes em fundo escuro). Os espectros contínuos são observados a partir da emissão de lâmpadas de filamento, enquanto que os espectros de emissão são observados nas emissões de lâmpadas de vapor de hélio, mercúrio, sódio, entre outras.

Figura 26 - Espectroscópio da Sala Solar. O feixe luminoso proveniente do telescópio fixo ao fundo é enviado para uma lente e uma rede de difração (em primeiro plano). A luz decomposta é projetada num anteparo (faixa multicolorida): é o espectro solar. Não é possível ver na foto, mas um exame mais detalhado permite a observação de linhas escuras sobrepostas à faixa multicolorida, permitindo a constatação de elementos químicos presentes na atmosfera solar



Embora seja aberta eventualmente ao público escolar, dada a ampla variedade de conceitos envolvidos, a Sala Solar é mais usada com o público espontâneo, nos chamados Domingos Solares que ocorrem no segundo e no último domingo de cada mês, em horários alternados, pela manhã ou à tarde. Nessas ocasiões, além dos equipamentos da Sala Solar, o telescópio refrator Grubb e telescópios auxiliares (veja seção “Observação com Telescópios” adiante) também são apontados para o Sol, fazendo-se as adaptações necessárias para tornar seguro esse tipo de observação, conforme ilustra a Figura 27.

Figura 27 - Advertência tendo em vista a observação segura do Sol



OBSERVAÇÃO COM TELESCÓPIOS

A observação com telescópios foi a primeira atividade oferecida pelo Observatório, logo após a sua criação. Inicialmente feita exclusivamente com o refrator Grubb 204/3000 (Figura 28), ao acervo foram sendo incorporados outros equipamentos, que auxiliam e complementam as observações, ainda que o refrator Grubb, pela sua imponência, seja o mais almejado pelo público que visita o Observatório.

Apesar do amplo espectro de atividades oferecidas, o contato frequente com o público revela que a observação do céu noturno é a atividade que os frequentadores mais associam ao Observatório. Para o público espontâneo ela costuma ser oferecida às sextas, sábados e domingos à noite, enquanto que o público escolar é contemplado às terças, quartas e quintas-feiras, podendo ser tanto noturna quanto



Fonte: Natália Palivanas/CDCC/USP

Figura 28 - Telescópio refrator Grubb e alguns dos telescópios auxiliares. Ao centro, o instrumento maior é o refrator Grubb 204/3000. À esquerda dele, dois instrumentos são vistos na foto: um refrator Zeiss Telememor 63/840 e o refletor dobsoniano 204/1130 (telescópio com tubo em forma de caixotes). Do lado direito, outro refletor, o Sky-Watcher 150/1200. Os números separados por barra significam o diâmetro da objetiva e a distância focal em milímetros, respectivamente

diurna. Tanto no caso do público escolar quanto no do público espontâneo, as observações do céu noturno abarcam um leque amplo de possibilidades ou alvos de observação. Podem ser observados a Lua, os planetas e os chamados objetos de céu profundo, que são os astros que estão a distâncias maiores que aqueles que se encontram no Sistema Solar.

A Lua possui o conhecido ciclo de duração semelhante ao mês e pode ser observada na maior parte do tempo, excetuando-se as ocasiões em que é Nova ou quando nasce demasiado tarde, escapando do horário de atendimento do Observatório. A proximidade com a Terra deixa ver detalhes impressionantes na superfície lunar, mesmo com baixos aumentos. É possivelmente a visão mais impressionante que se pode obter através do olhar pela ocular de um telescópio.

Os planetas seguem um calendário próprio, apresentando janelas de observação impostas pela combinação de seus respectivos movimentos de translação (ou revolução) com o da Terra. Um exemplo bastante ilustrativo é o do planeta Marte, que se mostra em sua fase de melhor observação a cada dois anos e 50 dias, ocasião em que é

organizada uma semana de observações abertas ao público, a Semana Marciana. Os gigantes Júpiter e Saturno impressionam. Júpiter impressiona pelos detalhes que se consegue ver na sua superfície e pelo seu sempre presente séquito de luas galileanas. Já Saturno exhibe seu inconfundível sistema de anéis.

Os objetos de céu profundo completam o leque de objetos observáveis. Dado que são fixos às constelações, diferentemente dos outros astros mencionados, a observação deles é sazonal, de forma que o frequentador do Observatório pode vir participar da atividade a cada estação e verá através das lentes os objetos próprios a cada época do ano. Apenas para mencionar alguns poucos exemplos, temos a Nebulosa de Órion e o aglomerado das Plêiades no Verão; o aglomerado da Caixinha de Joias e a Nebulosa Eta Carinae no Outono; os aglomerados Ptolomeu e Omega Centauri no Inverno; a Galáxia de Andrômeda e o aglomerado 47 Tucanae na Primavera.

A observação do céu noturno a olho nu também tem o seu lugar. Equipados com apontadores laser de alta potência, os membros da equipe mostram as principais constelações e as estrelas mais brilhantes do céu noturno. O reconhecimento do céu é permeado de referências culturais e históricas que falam dos medos, anseios e aventuras dos nossos ancestrais, eternizados por figuras imaginárias estampadas na Esfera Celeste.

CONCLUSÃO

Ao longo destas páginas, foi mostrada a riqueza de possibilidades que o Observatório oferece. Todo esse acervo, bem como as pessoas que fazem a sua manutenção, que o mediam e que o aperfeiçoam, estão à disposição do público, que é a razão de ser de todo esse espaço. Há grandiosos observatórios e centros de pesquisa mundo afora que primam por desvendar os segredos do Universo. Eles desbravam as fronteiras do conhecimento humano e nessa tarefa tão desafiadora, no limite da capacidade tecnológica e do intelecto humano, por vezes não há espaço para uma interface com o público leigo. O Observatório Dietrich Schiel, como um instrumento das ações de extensão da USP por meio do CDCC, existe para fazer essa ponte, para compartilhar com o público as descobertas de grandes instituições e de grandes cientistas. No Observatório, os segredos do Universo também são desvelados, mas para cada visitante, cada aluno, cada professor ou interessado que o visita. A intenção é proporcionar a cada visitante a experiência única da descoberta. Ao olhar através da ocular de um telescópio, interagir com um espaço expositivo ou conversar com um membro da equipe, o visitante experimenta um pouco desse gosto de ser descobridor e espera-se que essa vivência provoque uma mudança positiva e duradoura. Dessa forma, o propósito é que este Roteiro funcione como um convite a você, professor, aluno ou interessado, de qualquer lugar, idade ou área do conhecimento, para vir visitar e aproveitar os recursos aqui descritos, que estão à sua disposição.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Professor Valter Luiz Líbero as sugestões apresentadas para o aperfeiçoamento do texto e a dedicação dispensada em sua leitura e análise.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURAL. Observatório Dietrich Schiel: Parte I. Disponível em: <https://youtu.be/vYeaSucbL6M>
Acesso em 18 de setembro de 2021.

CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURAL. Observatório Dietrich Schiel: Parte 2. Disponível em: <https://youtu.be/33j3iCogric>
Acesso em 18 de setembro de 2021.

CENTRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E CULTURAL. São Carlos: Universidade de São Paulo, c2021. Disponível em: <https://cdcc.usp.br>
Acesso em 18 de setembro de 2021.

CHAISSON, E.; MCMILLAN, S. **Astronomy today**. San Francisco: Pearson, 2014.

CHERENKOV TELESCOPE ARRAY OBSERVATORY. CTA-South Array in 3D. Disponível em: <https://youtu.be/X1t1JbCKqxQ>
Acesso em 18 de setembro de 2021.

LANDULFO, A.; MATSAS, G; VANZELLA, D. **Buracos negros: rompendo os limites da ficção**. São Paulo: Editora UNESP, 2021.

PICAZZIO, E (Coord). **O céu que nos envolve: introdução à astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Odysseus Editora, 2011.



CENTRO DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA E CULTURAL



OBSERVATÓRIO DIETRICH SCHIEL

USP CAEG CONSÓRCIOS ACADÊMICOS
PARA A EXCELÊNCIA DO
ENSINO DE GRADUAÇÃO

ISBN: 978-65-993104-5-4



Centro de Divulgação Científica e Cultural
Rua Nove de Julho, 1227 - Centro
13560-042 São Carlos - SP
Telefone: 16 3373 9772 | www.cdcc.usp.br