



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS – MAST / MCTI

Antonio Ricardo da Silva

LUNETAS EQUATORIAIS DO FOTOHELIOGRAFO Ciência, História e Educação.

PPACT

Rio de Janeiro / Brasil

2026

Antonio Ricardo da Silva

Luneta equatorial do fotoheliografo

Ciência, História e Educação.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, do Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST/MCTI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Douglas Falcão Silva

Antonio Ricardo da Silva

**Luneta equatorial do fotoheliografo
Ciência, História e Educação.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Preservação
de Acervos em Ciência e Tecnologia – PPACT

Aprovado em: ____ / ____ / 2026

Prof. Dr. Douglas Falcão Silva
Museu de Astronomia e Ciências Afins

Prof. Dr. Marildo G. Pereira
Universidade Estadual de Feira de Santana

Profa. Dra. Heloisa M. Gesteira
Museu de Astronomia e Ciências Afins

Serviço de Biblioteca e Informação Científica (SEBIC)
Biblioteca Henrique Morize
Catalogação na Fonte

- S586 Silva, Antonio Ricardo da.
Luneta Equatorial do Fotoheliografo: história, ciência e educação / Antonio Ricardo da Silva. - Rio de Janeiro, 2026.
162 f. : il. (algumas *color.*)
- Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervo em Ciência e Tecnologia, Museu de Astronomia e Ciências Afins.
Orientador: Prof. Dr. Douglas Falcão.
Referências: f. 145-152.
1. Luneta equatorial fotoheliografo. 2. Instrumentos astronômicos.
3. Astronomia – História - Brasil. 4. Observatório Nacional (Brasil).
I. Silva, Douglas Falcão, orient. II. Museu de Astronomia e Ciências Afins. III. Título.

CDU 520.2

Resumo

Silva, Antonio Ricardo da. Luneta Equatorial do Fotoheliografo – Ciência, História e Educação. Rio de Janeiro, 2026. Dissertação (Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia) – Museu de Astronomia e Ciências Afins. 2026

Esta pesquisa analisa a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo, oriundo do Observatório Nacional (ON) e atualmente pertencente ao acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). O instrumento adquirido possivelmente entre 1905 e 1910, configura-se como um item centenário de elevada relevância histórica. O estudo investiga o objeto sob as perspectivas técnica e científica, traçando sua trajetória institucional e de sua fabricação. Além da análise historiográfica, discute-se a importância da utilização de instrumentos científicos históricos como ferramentas mediadoras no processo de divulgação científica realizado pelo MAST. A metodologia fundamentou-se em pesquisa documental e bibliográfica de caráter exploratório, com coleta de dados nos arquivos do Observatório Nacional, Biblioteca Nacional e no acervo do *Carl Zeiss Group*. A análise demonstra que a reintegração de instrumentos históricos em atividades educativas potencializa a compreensão pública sobre o fazer científico, transformando o patrimônio instrumental em um recurso dinâmico para a alfabetização científica. Conclui-se que a Luneta, ao ser contextualizada em sua dimensão histórica e educativa, deixa de ser um objeto estático para se tornar um elemento fundamental na preservação da memória e na popularização da astronomia no Brasil.

Palavras Chaves: História da Astronomia, Luneta Equatorial do fotoheliografo, Preservação, Divulgação científica.

Abstract

Silva, Antonio Ricardo da. Equatorial Telescope of the Photoheliographer – Science, History, and Education. Rio de Janeiro, 2026. Dissertation (Professional Master's Degree in Preservation of Science and Technology Collections) – Museum of Astronomy and Related Sciences. 2026

This research analyzes the Equatorial Telescope of the Photoheliographer, originating from the National Observatory (ON) and currently belonging to the collection of the Museum of Astronomy and Related Sciences (MAST). The instrument, possibly acquired between 1905 and 1910, is a centennial item of high historical relevance. The study investigates the object from technical and scientific perspectives, tracing its institutional trajectory and its manufacture. In addition to the historiographical analysis, the importance of using historical scientific instruments as mediating tools in the scientific dissemination process carried out by MAST is discussed. The methodology was based on exploratory documentary and bibliographic research, with data collection from the archives of the National Observatory, the National Library, and the Carl Zeiss Group collection. The analysis demonstrates that the reintegration of historical instruments into educational activities enhances public understanding of scientific practice, transforming instrumental heritage into a dynamic resource for scientific literacy. It can be concluded that the telescope, when contextualized within its historical and educational dimension, ceases to be a static object and becomes a fundamental element in preserving memory and popularizing astronomy in Brazil.

Keywords: History of Astronomy, Equatorial telescope of the photoheliographer, Preservation, Scientific dissemination.

À Claudia e Isabel,
a minha mãe, Hilda, e a meus irmãos Lula e Paulo,
que me permitiram ir muito além.

Agradecimentos

Agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Douglas Falcão pelo auxílio ao longo deste processo de aprendizado e pela amizade de tantos anos.

Agradeço especial a professora Heloisa M. Gesteira, pelo auxílio ao longo deste processo de aprendizado e ao professor Marildo G. Perreira pelos apontamentos realizados no processo de qualificação.

Agradeço a todos os professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Preservação do Acervo de Ciência e Tecnologia do Museu de Astronomia e Ciências Afins.

Agradecimento especial aos profissionais, que por diversas vezes ao longo destes dois anos, me auxiliaram nos mais diversos momentos, a equipe de bibliotecários do Museu de Astronomia e Ciências Afins, Sra. Cristiane Oliveira, Sr. Alan Escapuleto; a equipe do arquivo do Museu de Astronomia e Ciências Afins: Assis da Silva Gonçalves e Everaldo Pereira Frade.

A equipe de bibliotecários do Observatório Nacional, Sra. Katia Teixeira dos Santos e o Sr. Renaldo Nicacio da Silva Junior, pelo apoio e acesso aos documentos e obras raras do Observatório Nacional.

Agradecimento aos funcionários do Observatório Nacional que acolheram a ideia da pesquisa e me auxiliaram em diversos momentos: Prof. Dr. Carlos Henrique Veiga e Prof. Dra. Josina Nascimento.

Agradecimentos a Sra. Dominique Schimied, da Carl Zeiss AG na seção de documentação do instrumento e aos funcionários do departamento de patentes alemão.

Agradecimento especial a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), que com seu conjunto de profissionais me auxiliou nos vários momentos de dúvida e indecisão. Ao prof. Dr. Antonio Augusto Passo Videira pelo seu apoio e auxílio a sessão de documentos.

Um agradecimento segue para os antigos colegas desta instituição, conhecida como MAST, no seu apoio a um amigo distante: Marcia Cristina Alves, Luci Meri Guimarães da Silva e Ozana Hannessh.

E por fim um agradecimento especial, aos antigos colegas que participaram da aventura de construir um espaço diferenciado, que não fosse um lugar “de não me toque”, para dialogar com o mundo sem preconceitos ou caminhos definidos e a ciência de outra forma, que não a habitual, a estes meus agradecimentos pela experiência que partilhamos: Ziller, Cibele, Ester, Eva, Luís, Flavia, Naelton, Coimbra, Jusselma, Durval, Danilo e a outros tantos que minha memória falha a eles muito obrigado.

Lista de Figuras e Ilustrações

Figura 1: Fotografia do campus do ON/MAST.....	3
Figura 2 : Fotografia da Luneta Equatorial do Fotoheliografo, 1922	7
Figura 3 : Desenho esquemático de um Coelostato, apresentado no artigo de Mills, sobre o Coelostato.....	16
Figura 4 : Fotografia feita no ON, onde observamos o Coelostato montado em frente a cúpula 32cm.	17
Figura 5 : Fotografia da Luneta Equatorial de Steinhell, no sitio de Sobral.	18
Figura 6 : Observatório provisório da expedição brasileira na Praça do Patrocínio, em Sobral (CE). À direita da imagem observam-se duas tendas pré-montadas interligadas por um tubo, formando o aparato destinado à proteção da luneta de Mailhat e de seus acessórios — especialmente a câmera fotográfica — contra a chuva e a poeira. A tenda de lona clara, à esquerda, abriga a luneta menor, de Steinheil. Ao fundo da imagem, sob uma lona de cor escura, encontram-se os três espectrógrafos utilizados nas observações.	19
Figura 7 : Linha de montagem de material ótico, onde temos August Löber ensinando a arte da mecânica e do polimento. Da esquerda para a direita, temos Carl Müller (1849-1909), Friedrich Pfaffe (1849-?), Joseph Rudolph (1841-1914), Wilhelm Böber (1849-?), Heinrich Pape (1849-?), Fritz Müller (1847-1919) e August Löber.	21
Figura 8 : Linha de montagem de oculares dos telescópios, Sala de Ajustes, fotografia da “Carl Zeiss Archive”. Tradução do texto abaixo da foto: “Fabrica da Carl Zeiss Jena - Sala de ajuste para os telescópios astronômicos e terrestres menores”;	22
Figura 9 : Técnico da Zeiss, acompanhando o processo de polimento de uma lente ou conjunto de lentes 1896	23
Figura 10 : Trabalhadores da fábrica “Glastechnisches Laboratorium”, com os bases dos vidros, que iriam modificar a indústria ótica.	25
Figura 11 : Trabalhadores realizando inspeção e separação dos blocos de material vítreo, na Schott AG.	25
Figura 12 : Desenho do complexo industrial da Carl Zeiss AG. em Jena, 1908.....	26
Figura 13 : Fotografia da Luneta equatorial do fotoheliografo, em 1922.....	30

Figura 14 : Equipamento da Zeiss, Luneta Equatorial de 110 mm, apresentando elementos similares para acompanhamento visual dos módulos.	31
Figura 15 : Desenho esquemático da condição de repouso de uma luneta equatorial.	35
Figura 16 : Fotografia do corpo da objetiva, onde foi instalado estrutura em madeira pintada de branco fosco próximo de onde estaria a tampa da lente ou tampa de orvalho.....	37
Figura 17 : Fotografia do corpo da objetiva, onde encontramos a segunda modificação da estrutura da luneta, onde foi colocado o contrapeso de equilíbrio do instrumento.	38
Figura 18 : Fotografia do corpo de sustentação mecânica, onde podemos observar o sistema de grampos e o berço, interligando a estrutura dos círculos máximos.	40
Figura 19 : Detalhamento dos Círculos Máximos de Ascensão Reta e Declinação.....	41
Figura 20 : Fotografia da estrutura do círculo máximo, onde podemos ver o sistema completo.	42
Figura 21 : Detalhamento do terceiro modulo – câmera fotográfica acoplada ao segundo modulo.....	44
Figura 22 : Fotografia da estrutura da ocular/câmera fotográfica, não se apresenta alterada, restando sistema de diafragma e obturador.....	45
Figura 23: Fotografia da estrutura da ocular/câmera fotográfica, que foi adaptada para implementar suporte de observação visual para observação das manchas solares	46
Figura 24 : Detalhamento do segundo modulo – câmera fotográfica acoplada ao segundo modulo.....	47
Figura 25 : Fotografia apresentando a modificação do sistema de motorização, que foi modificado para a substituição do sistema mecânico para o elétrico.....	48
Figura 26 : Fotografia do Campus do Observatório Nacional, onde podemos ver no centro da fotografia: as cúpulas menores, onde encontrava-se as lunetas equatoriais dos foteheliografo da Zeiss e Steinhell, um pouco a esquerda temos as lunetas meridianas: Zenital, Askania, Bamberg e Gaultier.....	49
Figura 27 : Cúpula/Domo de 3 a 6 metros - padronizado da Zeiss Group.	53
Figura 28 :Cúpula da Luneta equatorial do foteheliografo, no campus do ON	55
Figura 29 : Cúpula da Luneta equatorial do foteheliografo, no campus MAST/ON.	55
Figura 30 : Desenho apresentando os tipos de eclipses e as denominações das sombras.	66

Figura 31 : Imagem do Eclipse Solar de 11 de agosto de 1999, observado pela estação espacial internacional (ISS).....	67
Figura 32 : Mapa com as efemérides do Eclipse de 1912 [5]. A linha central (azul escuro) mostra o caminho percorrido pela sombra do Sol durante o evento. No Observatório Nacional o eclipse foi quase total, mais de 95% do disco foram encobertos pela Lua.....	68
Figura 33 : Na fotografia em preto e branco vemos, na fileira inferior: Gualter Soares, Carlos Morize, James Worthington, Henrique Morize, Jaromir Kralicek, Mário de Souza e Augusto Lancasame. Acima: Domingos Costa, Theophilo Lee, Alix Lemos, Charles Davidson, Marc Ferrez, Milan Stefanik, Arthur Eddington, John Atkinson e Antônio Ferreira da Silva. Em pé: Pierre Seux, Rodolpho Hess, Olyntho de Aguirre e Leslie Andrews. Foto tirada em Passa Quatro, Minas Gerais, por ocasião do eclipse total do Sol de 1912	70
Figura 34 : Foteheliografo da Zeiss, esta foto teve sua resolução diminuída devido ao tamanho do arquivo original.....	72
Figura 35 : Um novo ramo de pesquisa, nascia de forma sutil, em uma nota minúscula em um jornal.....	73
Figura 36 : Observações das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Domingo da Costa em 22 de agosto de 1927, com a ocular Amplificadora da imagem do Sol	74
Figura 37 : Fotografia do eclipse parcial do Sol, em 1933, realizado pelo foteheliografo da Zeiss, pelo astrônomo Domingo da Costa, retirada do Diário da Noite.	75
Figura 38 : Fotografia do Diário da Noite, onde temos o diretor em pose, próximo ao foteheliografo da Zeiss, após as fotografias do eclipse que ocorreu as 07:00 hs. Na fotografia menor, temos Domingo da Costa entrando no foteheliografo.	76
Figura 39 : Fotografia do eclipse solar de 1940, publicada no jornal – “A Noite”, de 01 de outubro de 1940, realizada pelo fotografo que acompanhava a.....	78
Figura 40 : Observações espectroscópicas do Sol, realizadas em 14 de junho de 1953.....	79
Figura 41 : Prof. Muniz Barreto fotografado para o jornal Correio da Manhã, nos dias que antecedem ao eclipse total do sol, que abrangia o Rio de Janeiro de forma parcial. Manejando a Luneta Equatorial do Foteheliografo da Zeiss.	80
Figura 42 : Registro Fotográfico, do acompanhamento do eclipse solar em Bagé – Rio Grande do Sul. Em 20 de abril de 1960. Devemos observar o sistema de acompanhamento mecânico-gravitacional para realizar a observação e posteriormente a fotografia do evento.	81
Figura 43 : Acompanhamento da atividade solar e seus impactos na atividade de telecomunicações.....	82

Figura 44 : Monitoramento das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Marcomedes Rangel, na cúpula da Luneta Equatorial do Fotoheliografo.	111
Figura 45 : Matéria publicada no Jornal do Brasil – caderno B, informando que o MAST irá promover uma atividade que é a observação do Sol, pela Luneta Equatorial do Fotoheliografo da Zeiss – parte do projeto ” é Tempo de Verão no Museu”	113
Figura 46 : Matéria publicada no Jornal O Globo, com as instruções para observação do eclipse anular do Sol que ocorreria nos dias vindouros.....	116
Figura 47 : Observações das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Domingo da Costa em 22 de agosto de 1927, com a ocular Amplificadora da imagem do Sol	124
Figura 48 : Sol em luz visível. Foi levado pelo Polarimetric and Heliosismic Imager (PHI) a bordo da sonda Solar Orbiter em 22 de março de 2023. O instrumento coletou luz vermelha com um comprimento de onda de 617 nanômetros.	124
Figura 49 : Câmera fotográfica da Zeiss, instalada em luneta equatorial de 20 cm de abertura no Observatório da Universidade de Istambul.....	126
Figura 50 : Observação realizada no Fotoheliografo, 2010.....	127
Figura 51 : Gama de conteúdo, identificando temas e subtemas passíveis de serem trabalhados com os alunos e visitantes do museu.	129
Figura 52 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 1).....	152
Figura 53 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 2).....	152
Figura 54 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 1).....	153
Figura 55 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 1).....	153
Figura 56 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 14 de março de 1911	154
Figura 57 : Ofício do Observatório Nacional, n. 30, 12 de Janeiro de 1912	155
Figura 58 : Ofício do Observatório Nacional, N. 445, de 26 de setembro de 1912	156
Figura 59 : Inventário do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, ...	157

Figura 60 : Observação realizada na câmera escura – Alhazen’s Camera Obscura	167
Figura 61 : Observando a construção da imagem na câmera escura.....	170
Figura 62 : Observando os elementos, que caracterizam o objeto e a imagem.....	170
Figura 69 : Câmera escura – projeto do Laboratório de Demonstrações do Instituto de Física da Universidade Federal do Pará.....	195
Figura 70 : Molde da Camera escura – face externa	197
Figura 71 : Molde da Camera escura – face interna.....	197

Lista de Quadros e Tabelas

Tabela 1: Relação dos Elementos da Luneta equatorial do fotoheliografo.	32
Tabela 2: Relação dos Elementos Identificados no modulo de Ascensão Reta e Declinação da Luneta equatorial do fotoheliografo.	42
Tabela 3: Relação dos Elementos Identificados no modulo fotográfico da Luneta equatorial do fotoheliografo.....	44
Tabela 4: Relação dos Elementos Identificados no modulo de motorização da Luneta equatorial do fotoheliografo.	47
Tabela 5: Identificação dos elementos da Cúpula.....	54
Tabela 6: Unidades Temáticas, Objetos de Conhecimento e Habilidades descrita na BNCC para a Ciência da Natureza, sob a unidade temática – Terra e Universo.	158
Tabela 7: Unidades Temáticas, Objetos de Conhecimento e Habilidades descrita na BNCC para a Ciência da Natureza, sob a unidade temática – Terra e Universo. (Cont...)	159
Tabela 8: Unidades Temáticas, Objetos de Conhecimento e Habilidades descrita na BNCC para a Ciência da Natureza, sob a unidade temática – Terra e Universo. (Cont...)	160

Lista de Siglas

Biblioteca Nacional	BN
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	CBPF
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	CNPq
Imperial Observatório do Rio de Janeiro	IORJ
Instituto de Matemática Pura e Aplicada	IMPA
Instituto Nacional de Meteorologia	INMET
International Astronomical Union	IAU
Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação	MCTi
Ministério da Educação	MEC
Museu de Astronomia e Ciências Afins	MAST
Observatório Nacional	ON
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	UERJ

Lista de Abreviaturas

Base Nacional Comum Curricular	BNCC
Educação em Ciência	EC
Educação em Física	EF
Ensino Básico	EB
Ensino Fundamental	EFd
Ensino Médio	EM
Luneta Equatorial do Fotoheliografo	LEF
Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico	OCDE
Programa Internacional de Avaliação de Estudantes	PISA
Programa Nacional do Livro Didático	PNLD
Science, Technology, Engineering and Mathematics	STEM
Sequencia Didática	SD

Sumário

1.	Introdução	2
1.1	Motivações e Justificativas	6
1.2	Objeto de Estudo	7
1.3	Objetivos	8
1.4	A Pergunta.	8
1.5	Metodologia.....	8
1.6	Estrutura	9
2.	O instrumento Cientifico – O Fotoheliografo	11
2.1	A astronomia de uma época.....	12
2.2	Instrumentos existentes no Imperial Observatório	15
2.3	O instrumento – Luneta equatorial do fotheliografo da Zeiss.	20
2.3.1	Uma fábrica, alterando padrões científicos e tecnológicos	20
2.4	O objeto da pesquisa	27
2.4.1	A Mecânica da Luneta.....	33
2.4.2	Objetiva.....	36
2.4.3	Sustentação mecânica	40
2.4.4	Círculos Máximos.....	41
2.4.5	Ocular/Câmera Fotográfica	43
2.4.6	Sistema de Acompanhamento ou Motorização	46
2.4.7	Cúpula ou Domo de Observação	49
3.	O Fotheliografo e o desenvolvimento da Astronomia.	57
3.1	Observando o Sol no Império	57
3.2	Porque, quando e como chegou o Fotheliografo da Zeiss	60
3.3	Talvez o início da História.	61
3.4	A participação no Eclipse Solar Total em Passa-Quatro – Minas	65
3.5	Novos caminhos da pesquisa em física solar.....	74
4.	Os instrumentos científicos e a formação do conhecimento.....	84
4.1	O conhecimento científico no ensino básico.....	84
4.1.1	O conhecimento científico para além da escola – a divulgação científica e a popularização da ciência.	90

4.2	Outros espaços de formação do conhecimento científico.....	93
4.2.1	Os museus e os centro de ciências: outras possibilidades do conhecimento científico	98
4.3	O MAST – Museu de Astronomia e Ciências Afins	103
4.4	Instrumento Científico vetor de formação do conhecimento científico.....	106
4.5	Instrumentos científicos preservação e acesso.....	108
5.	O Fotoheliografo e a Divulgação Científica.	115
5.1	O caminho construído	115
5.2	Um caminho a pavimentar.	117
5.3	O aprendizado que abre fronteiras	118
5.4	Novas formas de ver, o que existe	120
5.5	Produto Técnico – Científico.....	128
5.6	Considerações Finais.....	131
	Bibliografia e Fontes Principais de Pesquisa	136
	Referência Bibliográfica	136
A.	Anexo A – Linha do Tempo da Luneta Equatorial do Fotoheliografo	147
B.	Anexo B – Ofícios e documentos.	152
C.	Anexo C – Competências e Habilidades para Ciência da Natureza pela BNCC ...	158
D.	Anexo D - Formulário de entrega /recibo de trabalho final de curso e autorização para publicação digital no domínio do MAST.....	161
E.	Anexo E: Comprovante de entrega do trabalho de conclusão do PPACT	162
I.	Apêndice – PRODUTO TÉCNICO CIENTIFICO	164
I.1	APRESENTAÇÃO	164
I.2	ATIVIDADE – CAMERA ESCURA.....	165
I.2.1	INTRODUÇÃO	165
I.2.1	ABORDAGEN HISTÓRICA.....	166
I.2.3	PRINCIPIOS FISICOS DA FORMAÇÃO DA IMAGEM NA CAMERA ESCURA	170
I.2.2.1	DETALHAMENTO DA INVERSAO DA IMAGEM	174
I.2.2	ABORDAGEM PEDAGOGICA.....	177
I.3	SEQUENCIA DIDATICA.....	180
I.4	MODELO CONSTRUTIVO	195

1. Introdução

O Observatório Nacional¹, situado no Morro de São Januário, localiza-se no bairro Imperial de São Cristóvão, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, a uma altitude de 33 metros acima do nível do mar, ocupando uma área de 42.650 m². No ponto médio do terreno, suas coordenadas geográficas são 22° 53' 45" S e 43° 13' 30" W. O projeto do campus foi elaborado pelos engenheiros Batista de Moraes Rego e Thomas Cavalcanti de Gusmão, sob a orientação do então diretor do Observatório, o engenheiro Henrique Morize.

A gestão do campus é consensual e partilhada entre o Observatório Nacional (ON) e o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). O conjunto arquitetônico foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), em 1986, e pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC), em 1987.

O MAST é responsável pela preservação das 27 edificações existentes no campus, assim como pela guarda de um acervo de aproximadamente 2.500 objetos e instrumentos científicos e tecnológicos. Esses itens abrangem diversas áreas do conhecimento, como: Astronomia, Física, Química, Matemática, Desenho, Meteorologia, Metrologia, Navegação e Geologia. A coleção em sua maioria é proveniente do ON, sendo que tem recebido um incremento proveniente de instituições federais da área de Ciência e Tecnologia vinculadas ao Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) e de doações de particulares.(Afins, 2011)

A maior parte do acervo do MAST é originária do Observatório Nacional, dispondo de uma quantidade significativa de instrumentos que fizeram parte da História da Astronomia e da Física no Brasil. No campus do ON / MAST, podemos identificar três grandes grupos de instrumentos óticos: as lunetas equatoriais, as lunetas meridianas e o fotoheliografo.

¹ Ao longo de sua existência, o Observatório Nacional assumiu diferentes denominações, em consonância com as transformações históricas vivenciadas pelo país

- I. Imperial Observatório, no período de 1827 a 1890, instituição criada por decreto imperial em 15 de outubro de 1827.
- II. Observatório do Rio de Janeiro, entre 1890 e 1909, denominação adotada após a Proclamação da República, ocasião em que foi suprimido o termo Imperial.
- III. Observatório Nacional, a partir de 1909, denominação oficializada em virtude do decreto ministerial de 18 de novembro de 1909.

Figura 1: Fotografia do campus do ON/MAST.



Fonte: Fotografia do Campus do Observatório Nacional. Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional - Todos os direitos de imagem, pertencem ao Observatório Nacional/MCTI. ("CUE0022, Campus do Observatório Nacional", 1922)

Na figura 1, observamos uma parte do campus, onde os instrumentos ficam situados, adquiridos de fabricantes europeus, da segunda metade do século XIX e início do século XX, a tecnologia ótica era predominantemente refratora e sua estrutura de acompanhamento equatorial²,

² A montagem equatorial é um sistema que permite a compensação do movimento aparente do céu, causado pela rotação da Terra, por meio da utilização de um único eixo, denominado eixo polar ou eixo de ascensão reta. Esse eixo é inclinado de modo a permanecer paralelo ao eixo de rotação da Terra. Tal paralelismo é obtido quando o eixo é ajustado de acordo com a latitude geográfica do local de observação. Essa configuração apresenta a vantagem de possibilitar um acompanhamento simples e preciso dos astros, característica fundamental tanto para a astronomia de posição quanto para a astrofotografia.

devido a questões estruturais mecânicas, utilizando motorização gravitacional, transformada para motorização elétrica através de elementos de adaptação.

O campus apresenta os seguintes equipamentos: Luneta Equatorial Fotográfica de Heyde³ (conhecida como luneta de 21 cm.), a Luneta Equatorial Fotográfica de Cook⁴ (luneta de 32 cm.) e a Luneta Equatorial Fotográfica de Cook (luneta de 46 cm.). Este último é considerado como o maior instrumento óptico refrator instalados no Brasil.

As lunetas meridianas, que executavam tarefas de medição da passagem das estrelas pelo meridiano local e como consequência a determinação da hora local. Temos o seguinte conjunto de equipamentos : luneta meridiana de Bamberg⁵, Luneta Askania⁶, Luneta Zenital⁷ e Luneta Meridiana de Gautier⁸. Todos estes equipamentos encontram-se dispostos segundo a linha Norte-Sul, dada a especificidade de suas funções.

No projeto inicial do campus do Observatório Nacional (ON), não foi possível constatar a existência de plantas executivas que apresentassem as duas cúpulas brancas vistas na Figura 1 (p. 3). Posteriormente, essas duas cúpulas foram construídas. Originalmente, conforme consta

³ Luneta Equatorial Fotográfica de Heyde: instrumento astronômico concebido para aplicações fotográficas, integrado a uma montagem equatorial, produzida por R. Fuess/Heyde, fabricante alemão de instrumentos científicos do século XIX. O instrumento associa princípios ópticos clássicos, baseados em sistemas de lentes refratoras a soluções mecânicas voltadas à estabilidade estrutural e ao controle rigoroso do movimento. Instrumento conhecido como a luneta do imperador D. Pedro II.

⁴ Luneta Equatorial Fotográfica de Cook: instrumento astronômico concebido para aplicações fotográficas, integrado a uma montagem equatorial e produzido pela firma T. Cooke & Sons, fabricante britânico de instrumentos científicos de precisão. Do ponto de vista óptico, o instrumento emprega um sistema refrator, dotado de uma objetiva com 32 cm de abertura, cujas lentes foram otimizadas para usos fotográficos, com atenção especial à correção de aberrações ópticas e à obtenção de imagens estáveis durante longos tempos de exposição. No âmbito mecânico, a luneta incorpora soluções construtivas voltadas à estabilidade estrutural e ao controle rigoroso do movimento, aspectos particularmente relevantes em razão de suas dimensões e massa.

⁵ Luneta Meridiana de Bamberg: Conhecida como luneta de passagem do meridiano, o círculo meridiano de Bamberg, foi fabricado em 1904 e encomendado a Zeiss Jena pelo observatório nacional em 1903. O pavilhão que abriga o instrumento foi projetado pela Zeiss e montado no campus do observatório ao final da década de 1910.

⁶ Luneta Meridiana Askania: fabricação alemã – Askania Werke-Berlin, tinha como função a observação a passagem pelo meridiano do lugar de um grupo de estrelas, afim de determinar e corrigir a hora e a longitude local.

⁷ **Luneta Meridiana Zenital:** fabricação alemã, da casa de Gustav Heyde, sendo utilizado para determinar as variações de latitude.

⁸ Luneta Meridiana de Gautier: fabricado por Paul Fernand Gautier. A observação da passagem meridiana permitia medir com precisão a altura e a hora exata em que um astro culminava, possibilitando a criação de catálogos estelares precisos e a determinação da hora.

no ofício de 21.12.1914, os equipamentos que seriam instalados eram a Luneta do Altoazimute de Heyden e o fotoheliógrafo de Steinheil. A distribuição dos equipamentos entre as cúpulas, assim como sua tipologia, seria posteriormente alterada de acordo com as necessidades do observatório (Morize, 2019; Brito, 2002).

A cúpula mais próxima da Casa do Serviço da Hora foi demolida, e o espaço passou posteriormente a ser utilizado para a construção de um anexo incorporado à própria Casa da Hora, destinado à instalação do equipamento então escolhido para o local. A cúpula demolida poderia corresponder tanto àquela que abrigava uma das Lunetas Equatoriais do Photoheliographo de Steinheil quanto à da Zeiss.

Não foi possível identificar, nos arquivos consultados, documentação referente aos motivos que levaram à instalação do instrumento da Zeiss naquele espaço. Há, entretanto, referência documentada na Revista do Observatório indicando que Luiz Cruls teria montado, em uma cúpula, um fotoheliógrafo, cuja marca não é especificada, no que poderia ter sido o sítio de observação da Fazenda de Santa Cruz. Também não foram encontrados registros que esclarecessem os motivos que levaram à demolição da cúpula onde se encontrava instalada a Luneta do Altoazimute de Heyden. (Reis; Souza, 2012)

A fotografia da Figura 1, datada de 1917, conforme os registros do Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, contrasta de forma significativa com a configuração atual da instituição. O diretor Luiz Cruls chegou a apresentar diversas alternativas para a implantação do campus em outros locais, entre as quais se destacam a Fazenda de Santa Cruz, em terreno cedido pelo Imperador Dom Pedro II, e o município de Petrópolis, igualmente em área disponibilizada pelo monarca. (Barreto, 1987)

A orientação que acabou prevalecendo levou à escolha do Morro de São Januário como sede definitiva do Observatório. Ambos os diretores, Dr. Luiz Cruls e Dr. Henrique Morize⁹, compartilhavam a percepção de que o observatório teria uma existência limitada naquele local,

⁹ Henrique Morize (1860–1930) foi engenheiro e astrônomo, diretor do Observatório Nacional entre 1908 e 1930, período de intensa modernização institucional. Teve papel central na consolidação da astronomia, geofísica e meteorologia no Brasil, além de atuar na reforma científica republicana. Foi também protagonista na organização do serviço oficial da Hora Legal e na participação brasileira em redes científicas internacionais.

em razão do acelerado crescimento da cidade do Rio de Janeiro e de sua progressiva expansão comercial e industrial. (Morize, 2019)

O céu observado no final do século XIX e início do século XX ainda se caracterizava por condições relativamente favoráveis à observação astronômica, em razão da baixa incidência de iluminação artificial e de um ambiente urbano menos densamente ocupado. Contudo, o rápido crescimento da cidade do Rio de Janeiro, passou a produzir alterações estruturais nesse cenário. O incremento populacional, transformação de áreas agrícolas para áreas urbanas, a progressiva diminuição da cobertura florestal, as modificações no sistema hídrico com maciças intervenções e aterramentos de rios e córregos, a intensificação da iluminação urbana e o aumento da poluição atmosférica, marcado pela presença de particulados, contribuíram de modo articulado para a degradação do céu noturno. Essas transformações incidem diretamente sobre a prática astronômica e ampliando as dificuldades para a observação sistemática. Nesse contexto, o declínio das condições ideais de observação tornava-se praticamente inevitável, sobretudo diante das exigências crescentes por céus escuros e atmosféricamente estáveis, das transformações técnicas da Astronomia e da consolidação de novas áreas do conhecimento como a astrofísica que, no mesmo período, se afirmava com vigor na Europa e nos Estados Unidos. (Estanislua, 2023) (Barreto, 1987)

1.1 Motivações e Justificativas

Existem vários motivos que levam ao empreendermos um estudo sobre um instrumento, e devo citar que o primeiro deles é uma resposta a dois antigos orientadores do MAST, Sr. Oliveira Cardoso Tavares¹⁰ e o Sr. Gilberto Oliveira da Silva¹¹ (também conhecido como Major), que atuaram no Observatório a partir dos anos de 1950. Ambos citavam que a preservação dos instrumentos era um motivo de orgulho para eles e para os que pesquisaram e trabalhavam com os mesmos, mas que grande parte da informação (o famoso - imaterial) não poderia ser preservado, “diante da infinita flecha do tempo”, ou com dizia o major “o tempo não para” (Cazuza; Brandão, 1988).

¹⁰ Oliveira Cardoso Tavares (1932-2010): Formando em Engenharia pela Universidade do Brasil, astrônomo do Observatório Nacional, posteriormente no Museu de Astronomia e Ciências Afins.

¹¹ Gilberto de Oliveira da Silva (1936-): formado na Escola de Marinha Mercante, astrônomo do Observatório Nacional, posteriormente no Museu de Astronomia e Ciências Afins.

1.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta dissertação é a Luneta Equatorial do Fotoheliografo, instrumento adquirido pelo então Observatório do Rio de Janeiro durante a gestão de Luís Cruls, em data provável situada entre 1905 e 1910, uma vez que a documentação relativa à sua aquisição não foi localizada nos arquivos atualmente depositados no Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). O instrumento e a cúpula encontram-se tombados pelo INEPAC e IPHAN.

Figura 2 : Fotografia da Luneta Equatorial do Fotoheliografo, 1922



Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1922. Todos os direitos das imagens são reservados ao Observatório Nacional/MCTI. (“INS0025, Luneta Equatorial do Photoheliographo - Instrumentos Científicos (marca Zeiss)”, 1917)

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste em estudar os aspectos históricos, científicos e tecnológicos que envolveram a aquisição e a utilização deste instrumento, do final do século XIX ao primeiro quarto do século XXI, apresentando suas transformações ao longo desse período e permitindo, dessa forma, evidenciar a dimensão educativa, de divulgação e de popularização desse instrumento, dessa época, de sua técnica e de sua ciência.

A pesquisa encontra-se restrita à documentação técnica identificada em catálogos, no escritório de patentes alemão, nos arquivos da Carl Zeiss AG e em acervos bibliográficos e arquivísticos. Uma análise mais aprofundada do instrumento e do pavilhão mostrou-se inviável devido às restrições locais, que permitiram apenas a realização de uma seção fotográfica.

1.4 A Pergunta.

Devido a uma necessidade de clareza em relação ao que pretende o referido documento, segue a formalização da questão - *“como utilizar um instrumento científico e histórico, como elemento de divulgação científica...”*, está foi a pergunta consolidada.

1.5 Metodologia

A pesquisa foi conduzida nos arquivos (inventários) de Luís Cruls, Henrique Morize, Lélío Gama e Muniz Barreto, além de incluir uma busca por documentos oficiais do Observatório Nacional, no período de 1895 a 1925. Essa documentação encontra-se preservada nos arquivos do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST).

Consultaram-se também os arquivos da Carl Zeiss AG e do departamento de propriedades industriais da Alemanha, o “Deutsches Patent- und Markenamt (DPMA)”. Foram analisadas fotografias relacionadas às pesquisas, provenientes de diversas reservas e fundos documentais acumulados ao longo da trajetória institucional. (“ZEISS Archives - original documents, files, photos | ZEISS”, 2025), (“Deutsches Patent- und Markenamt”, 2025)

Além disso, foram pesquisados os arquivos jornalísticos da Biblioteca Nacional e as coleções bibliográficas do Observatório Nacional (ON), do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), da Library of Congress (“Home | Library of Congress”, 2025), do Deutsches Museum (“Home | Deutsches Museum”, 2025) e da Gallica . (“Page d’accueil | Gallica”, 2025)

1.6 Estrutura

O presente documento, seguiu os padrões estabelecidos no Manual de Elaboração e Normalização de Trabalhos Acadêmicos do PPACT. (Pontes; Kovac; Pacheco, 2023), e se organiza em cinco capítulos.

O primeiro capítulo é a apresentação da dissertação, como motivação a compreensão de que instrumentos científicos históricos, além de seu inegável valor patrimonial, possuem um enorme potencial como recursos para o ensino de ciências e divulgação de ciências, contribuindo tanto para a construção de saberes quanto para a promoção do pensamento crítico. O objetivo central desta pesquisa é propor a utilização da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo como ferramenta pedagógica e de divulgação científica, por meio da elaboração de materiais e de documentação técnica que possibilitem sua integração efetiva às práticas educativas, tanto no âmbito do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) quanto em contextos escolares.

No segundo capítulo, estuda de forma simplificada a Luneta equatorial do fotoheliógrafo desde a sua fabricação pela firma Carl Zeiss até sua aquisição pelo Observatório Nacional, articulando as dimensões históricas, técnicas e científicas, a luz de uma abordagem sintética do campo científico da Astronomia nos séculos XIX e XX, bem como das práticas de observação solar desenvolvidas, com o objetivo de revelar um percurso no qual a observação e a instrumentação evoluem em estreita interdependência.

O terceiro capítulo, apresenta de forma sucinta a participação deste instrumento no desenvolvimento histórico da astronomia no Brasil. o capítulo recorre a relatos históricos sobre as primeiras observações de manchas solares, consideradas marcos iniciais na contestação da concepção aristotélica de perfeição celestial. As observações realizadas com lunetas rudimentares não apenas permitiram o estudo dessas imperfeições, mas também

contribuíram para uma reconfiguração do entendimento sobre os corpos celestes. Posteriormente, a introdução da fotografia na astronomia promoveu outra transformação significativa: a possibilidade de registrar com precisão e permanência os fenômenos celestes, alterando profundamente o papel do observador e o status da imagem na produção do conhecimento astronômico.

O quarto capítulo, abordaremos as questões relacionadas ao papel do letramento e da divulgação científica, assim como a atuação das instituições públicas sobre essa temática. Também discutiremos o papel dos museus e centros de ciência, destacando a importância da preservação dos instrumentos científicos históricos para a construção da história da ciência e para o entendimento de seu processo evolutivo.

O quinto e último capítulo, apresenta-se como uma avaliação geral do processo de construção desta dissertação, abordando as idas e vindas da elaboração do referencial teórico, da metodologia e das etapas desenvolvidas, bem como o grau de desenvolvimento de cada dos temas abordados a luz dos objetivos. No final deste capítulo encontra-se o produto técnico que apresenta um dos possíveis itens educacionais a serem trabalhados e a linha do tempo do instrumento.

2. O instrumento Científico – O Fotoheliografo

A Astronomia desenvolveu-se a partir da observação atenta dos movimentos celestes e da necessidade de compreender os ciclos naturais que regem a vida. Ao longo dos séculos, essa prática empírica transformou-se em um campo científico estruturado, apoiado na experimentação, na matemática e, sobretudo, no aperfeiçoamento de seus instrumentos e da sua técnica. A construção de lunetas, telescópios e dispositivos de registro óptico não apenas ampliou o alcance da visão humana, mas também redefiniu os modos de produzir e validar o conhecimento científico. Assim, a história da Astronomia reflete a própria história da técnica e da ciência moderna, revelando um percurso no qual a observação e a instrumentação evoluem em estreita interdependência.

O Observatório Nacional (ON), sucessor do Imperial Observatório do Rio de Janeiro (IORJ), sempre se empenhou na aquisição de instrumentos de alta precisão voltados às necessidades de atuação da instituição, tais como instrumentos meteorológicos, equipamentos de campo, dispositivos destinados à medição do tempo, à determinação de coordenadas geográficas e, de modo especial, à observação solar. Entre os equipamentos que marcaram essa trajetória, destacam-se o Coelostato, o Fotoheliografo de Steinheil e o Fotoheliógrafo da Zeiss. Este último representa um avanço técnico significativo nos métodos instrumentais dedicados à observação do Sol.

O presente capítulo propõe uma análise do instrumento, seu percurso tentando articulando dimensões técnicas, históricas e científicas. Em seguida, discutiremos os instrumentos de observação solar integrados ao acervo do Observatório Nacional, com ênfase no Fotoheliógrafo da Zeiss e em sua relevância para a construção de um padrão observacional e fotográfico de caráter científico e institucional.

Na sequência, será explorado o processo de fabricação do instrumento, destacando a atuação da indústria de precisão Carl Zeiss, responsável por estabelecer padrões técnicos e processuais que orientaram a construção. A apresentação do construtivo do Fotoheliógrafo permitirá compreender as soluções ópticas, mecânicas e estruturais que o caracterizam como um artefato singular em termos de engenharia.

2.1 A astronomia de uma época.

Durante um longo período, a astronomia de posição¹² constituiu praticamente um sinônimo da própria astronomia, sendo compreendida, em essência, como o ato de medir. Entre o século XII e o início do século XVI, diversos astrônomos registravam a concepção de um mundo supralunar perfeito, eterno e imutável, composto pela quinta essência, o éter, e caracterizado por movimentos circulares considerados perfeitos. Essa concepção, no entanto, fragmenta-se progressivamente com as contribuições de Nicolas Copérnico¹³, Johannes Kepler¹⁴, Giordano Bruno¹⁵, Galileu Galilei¹⁶, Christopher Scheiner¹⁷ e outros, ao demonstrarem que o Sol não era um corpo perfeito e que apresentava, em sua superfície visível, a presença de manchas.

O ato de observar passou, a exigir não apenas um aparato técnico adequado, mas também uma transformação cultural e conceitual. A interpretação das manchas solares demandava compreender a natureza do fenômeno observado e, simultaneamente, desenvolver tecnologias capazes de torná-lo visível de forma segura e controlada. Nesse contexto, a

¹² No final do século XIX e início do século XX, a Astronomia de Posição consistia no ramo da astronomia dedicado à determinação precisa das posições e dos movimentos aparentes dos corpos celestes, a partir de observações sistemáticas, medições angulares rigorosas e métodos matemáticos consolidados. Nesse período, ela possuía um caráter fortemente prático e institucional, estando associada à produção de catálogos estelares, à definição da hora legal e do calendário, à determinação de latitudes e longitudes e ao apoio a atividades como a navegação, a cartografia e a geodesia

¹³ Nicolau Copérnico (1473–1543) astrônomo, matemático e cônego, foi o formulador do modelo heliocêntrico, exposto em “De revolutionibus orbium coelestium” (1543), obra fundamental para a transformação da cosmologia e da astronomia moderna.

¹⁴ Johannes Kepler (1571–1630) astrônomo, matemático e filósofo natural alemão. Atuando no contexto da Revolução Científica, destacou-se por formular as três leis do movimento planetário, que estabeleceram uma descrição matemática das órbitas dos planetas.

¹⁵ Giordano Bruno (1548–1600 filósofo, cosmólogo e frade dominicano italiano. Defensor de uma visão cosmológica infinita e da pluralidade dos mundos, entrou em conflito com a ortodoxia religiosa de seu tempo. Foi condenado pela Inquisição e executado em Roma, em 17 de fevereiro de 1600.

¹⁶ Galileu Galilei (1564 – 1642) físico, matemático e astrônomo italiano, figura central da Revolução Científica. Aperfeiçoou o telescópio e realizou observações fundamentais: fases de Vênus, os satélites de Júpiter e das manchas solares, que contribuíram decisivamente para a consolidação do modelo heliocêntrico.

¹⁷ Christoph Scheiner (1573 – 1650) astrônomo e jesuíta alemão. Destacou-se por seus estudos pioneiros sobre as manchas solares e pelo aperfeiçoamento de instrumentos e métodos de observação astronômico.

observação evoluiu da câmera escura para sua variante com o uso de lentes biconvexas, culminando nos dispositivos de observação indireta do Sol.

Os caminhos paralelos conduziram à descoberta, por Newton, da composição da luz e, posteriormente, à compreensão de que a luz revelava a natureza da matéria que a emitia. Ao direcionar tais dispositivos ao Sol, abriu-se uma fenda profunda no entendimento da natureza, cujas consequências ultrapassavam as possibilidades conceituais de sua época. O mundo supralunar passou a ser compreendido como composto pelos mesmos elementos encontrados na Terra, estabelecendo-se a noção de uma identidade material entre a Terra e as estrelas. (Bruno; Sá; Montenegro, 1984)

A Astronomia do século XIX, apresentava-se com um campo de profundas transformações de conhecimento e técnica, a frase de Lorde Kelvin – “No céu azul da física clássica existem apenas duas nuvens a serem dirimidas...” não mostrava a revolução que realmente estava a ocorrer. (Schulz, 2007).

No livro *Ciências no Brasil* (Azevedo, 1955), organizado por Fernando de Azevedo, há uma seção dedicada à Astronomia no Brasil, redigida por Abraão de Moraes, com a colaboração de Abraham Stule. Nesse texto, apresenta-se de forma clara o processo de construção da astronomia em terras brasileiras, inicialmente voltado para os problemas fundamentais da geodésia e da geografia astronômica. Trata-se de uma astronomia orientada para a descoberta e o reconhecimento do território, associada às necessidades práticas de mapeamento e posicionamento. (Azevedo, 1955)

Identificam-se esses mesmos processos em paralelo ao desenvolvimento da astronomia no mundo ocidental, que, ao mapear a Terra e o espaço ao seu redor, fez-se uso intensivo de tecnologias e instrumentos. Por meio de teorias e modelos, tentativas, erros e acertos, os astrônomos passaram a medir o céu e os astros circundantes, modificando concepções herdadas da tradição aristotélica e estabelecendo uma nova ciência baseada na observação sistemática, na medição, na comparação e na modelagem dos fenômenos, sempre condicionada por limitações técnicas e teóricas.

Na segunda metade do século XIX, novos elementos químicos, como o hélio, foram identificados por meio de observações espectroscópicas solares. (Janssen, 1870) A observação das manchas solares revelou ainda, no fenômeno descrito por Richard C.

Carrington¹⁸, a existência de uma relação entre o Sol e a Terra, ao associar eventos solares a manifestações geomagnéticas observadas em regiões boreais e austrais. (Hogdson, 1859), (Nelson; Medeiros, 2012) A interpretação eletromagnética dessa relação, contudo, apenas se consolidaria no início do século XX, uma vez que, até então, as interações entre os corpos celestes eram compreendidas predominantemente sob uma ótica mecânica, como no caso dos efeitos das marés.

Por fim, os avanços tecnológicos, em especial a incorporação da fotografia às práticas observacionais, promoveram uma transformação profunda na astronomia, ao possibilitar o registro sistemático, a comparação temporal e a preservação das observações. Esse processo redefiniu o método de observação e alterou significativamente o estatuto epistemológico do observador, que passa, ao menos em termos metodológicos, a ocupar uma posição menos diretamente implicada no ato observacional.

A mediação instrumental introduzida pela fotografia contribuiu para a construção de uma noção ampliada de objetividade científica, associada à padronização dos procedimentos, à possibilidade de reprodução das observações e à circulação das imagens entre diferentes comunidades científicas. Nesse sentido, a imagem fotográfica passou a ser compreendida como um registro relativamente autônomo em relação à percepção individual, permitindo que a observação se deslocasse do instante efêmero da experiência visual para um artefato passível de análise, medição, comparação e reinterpretação ao longo do tempo.

Contudo, essa aparente neutralização do observador não elimina sua atuação no processo de produção do conhecimento. As escolhas relativas ao instrumental, ao enquadramento, ao tempo de exposição, aos filtros empregados e aos métodos de revelação e interpretação permanecem profundamente condicionadas aos referenciais teóricos, culturais e técnicos. Assim, a fotografia astronômica não representa a supressão da subjetividade, mas sua reorganização no interior de um sistema técnico e normativo que busca controlar, reduzir e tornar explícitas as condições da observação.

¹⁸ Richard Christopher Carrington (1826 – 1875) astrônomo inglês, nascido em Londres, conhecido por seus estudos sistemáticos do Sol. Destacou-se pela observação de manchas solares e pela descoberta da rotação diferencial solar. Em 1859, registrou o famoso evento hoje conhecido como *Evento de Carrington*, associado a uma intensa tempestade solar.

Nesse contexto, os métodos de construção da fotografia astronômica adquirem uma nova dimensão epistemológica, na medida em que deslocam a confiança científica do olhar individual para o conjunto articulado entre instrumento, procedimento e comunidade científica. A objetividade passa, a ser entendida não como ausência de mediação, mas como resultado de práticas coletivas, estabilizadas historicamente, que conferem legitimidade e consistência aos registros astronômicos.(Júnior; Barboza, 2020)

2.2 Instrumentos existentes no Imperial Observatório

A observação do Sol não pode ser realizada diretamente da mesma forma que se observa as estrelas ou a Lua. O Sol emite uma quantidade intensa de radiação eletromagnética que, na faixa do espectro visível, pode causar danos irreversíveis à visão humana. Em razão disso, a observação solar é realizada por meio de dois métodos principais: a observação indireta, efetuada por meio da projeção da imagem solar, e a observação direta, realizada exclusivamente com a utilização de filtros especiais.

É fundamental ressaltar que os filtros e materiais empregados nesse tipo de observação devem ser tecnicamente adequados e, preferencialmente, certificados de acordo com normas internacionais reconhecidas, como a ISO 12.312-2, ou pela ABNT 19.734, a fim de garantir a segurança do observador.

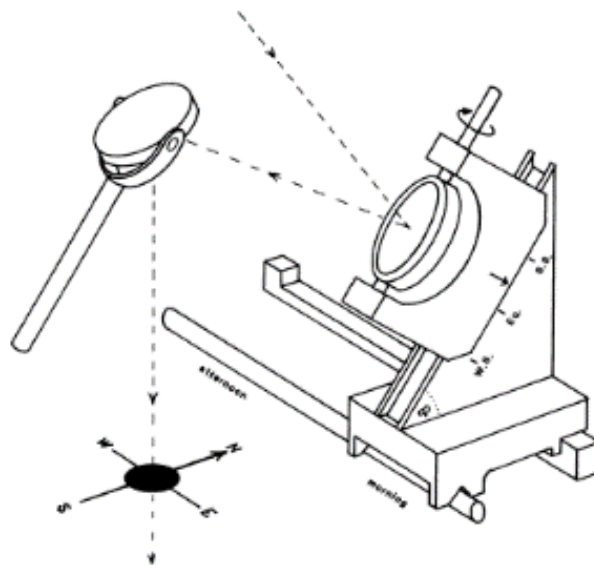
No século XIX, a astronomia voltou-se de forma sistemática para alguns dos eventos mais relevantes para a consolidação de seus métodos observacionais, entre os quais se destacam os trânsitos dos planetas internos, especialmente os de Vênus. Esses fenômenos estiveram diretamente associados à determinação da paralaxe solar e, conseqüentemente, ao estabelecimento de uma escala astronômica de distâncias, o que possibilitou a definição de padrões métricos para as separações entre os planetas e o Sol, conforme proposto originalmente por Edmond Halley¹⁹, no início do século XVIII, e operacionalizado ao longo do século XIX. Para a realização das observações dos trânsitos, tornou-se necessária uma nova abordagem na condução da pesquisa, envolvendo a colaboração de grupos de diferentes

¹⁹ Edmond Halley (1656 – 1742) astrônomo, matemático e físico inglês, reconhecido por prever a periodicidade do cometa que leva seu nome. Destacou-se também por contribuições à astronomia observacional, à geofísica e à navegação.

nacionalidades, distribuídos em diversos locais, bem como o estabelecimento de técnicas e práticas astronômicas que permitissem a comparação sistemática dos dados obtidos. (Lindsay; Gill, 1872) (Halley, 1716) (Newcomb, 1895)

O Imperial Observatório do Rio de Janeiro e, posteriormente, o Observatório Nacional, ao longo do período mencionado, possuía três instrumentos com os mesmos objetivos, mas com características tecnológicas distintas, além de diferentes métodos de observação. Esses instrumentos participaram dos principais eventos relacionados à observação de eclipses e trânsitos dos planetas internos. O primeiro foi o Coelostato, o segundo foi a Luneta Equatorial do Fotoheliografo de Steinhell, que foi incorporada ao Imperial Observatório do Rio de Janeiro (IORJ), e o terceiro instrumento foi a Luneta Equatorial do Fotoheliografo da Zeiss, que só foi incorporada no início do século XX pelo Observatório do Rio de Janeiro. (Launay, 2021)

Figura 3 : Desenho esquemático de um Coelostato, apresentado no artigo de Mills, sobre o Coelostato.



Fonte: Silva, Antonio R., 2025, realizado recorte no desenho de Mills, (Mills, 1985)

Como podemos observar na figura 3, o coelóstato é um dispositivo óptico-mecânico projetado para captar a luz do Sol e refleti-la em uma direção fixa, independentemente do movimento aparente do astro no céu. Nessa posição estável, pode-se acoplar outros instrumentos para o tratamento do feixe luminoso, permitindo desde o registro fotográfico ou o registro espectrômetro da imagem. Entre os exemplares históricos, destaca-se o coelóstato de 0,45

m de diâmetro, adquirido por Emmanuel Liais²⁰ na França. Esse instrumento ainda se encontra parcialmente preservado no Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), juntamente com seus espelhos de reserva (Barreto, 1987).

Figura 4 : Fotografia feita no ON, onde observamos o Coelostato montado em frente a cúpula 32cm.



Fonte: Autor Não identificado, 1947, Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, Todos os direitos de imagem pertencem ao Observatório Nacional. (“Fotografia do Coelostato, no campus do Observatório Nacional”, 1947)

O segundo instrumento foi desenvolvido na segunda metade do século XIX e combina uma luneta equatorial com um dispositivo fotográfico, mantendo as características básicas do instrumento construído por William de La Rue²¹. O equipamento foi projetado e construído

²⁰ Emmanuel Liais (1826-1900): astrônomo francês, que acompanha o eclipse de 07 de setembro de 1858, vindo a assumir o cargo de diretor do Imperial Observatório no Rio de Janeiro, no período de 1871 a 1881.

²¹ William de La Rue (1815-1889): industrial e astrônomo inglês, pioneiro na construção do primeiro fotoheliografo e na astrofotografia.

pela empresa “Optische Werke C. A. STEINHEIL & Sohne GMBH”, fundada em 1855 pelo físico e astrônomo alemão Carl August Von Steinhell ²², em Munique, Alemanha.

O inventário do Observatório Nacional, realizado em 1912, registra a existência de dois instrumentos dessa marca. O vice-diretor do Imperial Observatório, Dr. Rocha Miranda, trouxe da Europa um fotoheliógrafo Steinhell, como observado na figura 5, adquirido em Munique. O equipamento encontra-se registrado no inventário de materiais do Imperial Observatório sob o número 87.042, com a seguinte descrição: *PHOTOHELIOGRAFO, Luneta de 10 cm de abertura, para placas fotográficas até 18 × 24 cm* (ver Figura 5). Embora não apresente número de fabricação, é identificado como sendo da marca **C.A. Steinhell**. (Morize, 2019; Vasques, 1895).

Figura 5 : Fotografia da Luneta Equatorial de Steinhell, no sitio de Sobral.



Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1919. Todos os direitos de imagem pertencem ao Observatório Nacional. (“INS0012, Luneta Equatorial Fotoheliografo (marca Steinhell)”, 1919)

²² Carl August Von Steinhell (1801-1870): Físico, astrônomo e inventor alemão. Contribuiu para melhorias em telescópios e instrumentos ópticos.

Este instrumento apresenta avanços notáveis principalmente as melhorias em sua construção mecânica. Ambos os exemplares do Observatório se encontram pintados de branco, muito provavelmente para reduzir a elevação de temperatura interna, devido a exposição ao Sol. Contudo, como apontado pelo diretor Luís Cruls, o equipamento mostrava-se instável quando exposto ao vento, razão pela qual precisou ser abrigado em uma estrutura fixa de observação. Nos manuais consultados, não foi possível identificar o tipo ou o conjunto de lentes empregados, assim como seus materiais, detalhes da estrutura interna e mecanismo de sincronismo. Ambos foram utilizados em vários eventos astronômicos de grande relevância, como os trânsitos de Vênus e de Mercúrio, além dos eclipses solares de Sobral (1919), Bagé (1966), São José dos Campos (1971) e Feira de Santana (1975). Posteriormente, um dos exemplares foi doado ao Observatório Astronômico Antares, em Feira de Santana - Bahia. (Neto, 2012)

Figura 6 : Observatório provisório da expedição brasileira na Praça do Patrocínio, em Sobral (CE). À direita da imagem observam-se duas tendas pré-montadas interligadas por um tubo, formando o aparato destinado à proteção da luneta de Mailhat e de seus acessórios — especialmente a câmera fotográfica — contra a chuva e a poeira. A tenda de lona clara, à esquerda, abriga a luneta menor, de Steinheil. Ao fundo da imagem, sob uma lona de cor escura, encontram-se os três espectrógrafos utilizados nas observações.



Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1919. Todos os direitos de imagem pertencem ao Observatório Nacional. (“ECL0025 - Campus avançado em Sobral para observação do eclipse solar”, 1922)

2.3 O instrumento – Luneta equatorial do fotheliografo da Zeiss.

A Luneta Equatorial do Fotheliógrafo foi adquirida, conforme registrado pelo diretor Luís Cruls em seu relato publicado na Revista do Observatório Imperial do Rio de Janeiro. O instrumento foi adquirido da empresa alemã Carl Zeiss AG, sediada em Jena, Alemanha, tendo sido transportado de Jena até o porto de Hamburgo e, posteriormente, embarcado com destino ao porto do Rio de Janeiro, sendo então encaminhado ao observatório localizado na época no Morro do Castelo. (Morize, 2019)

Não foram localizados, até o momento, documentos que registrem formalmente a chegada do equipamento. Do ponto de vista técnico, o instrumento configura-se como um equipamento de pequeno porte, com objetiva com aproximadamente 10,0 cm de abertura e de um corpo estrutural com cerca de 2,5 metros de comprimento. Sua construção e projeto privilegiavam a mobilidade, contando com recipientes apropriados para transporte, o que permitia sua montagem e desmontagem conforme o local de observação.

Em 1911, esse equipamento foi enviado à fábrica da Carl Zeiss em Jena pelo Observatório do Rio de Janeiro, em razão de problemas relacionados ao desalinhamento do eixo óptico. Contudo, não foi possível identificar, na documentação consultada, o registro referente ao retorno do instrumento após o referido reparo. (Ministério da Agricultura, Industria e Comercio BRASIL, 1911)

2.3.1 Uma fábrica, alterando padrões científicos e tecnológicos

A Zeiss Group é uma empresa alemã, que tem na sua origem, quando um engenheiro Carl Zeiss²³ abre uma oficina - “Atelier für Mechanik”²⁴ em Neugasse - Jena em 17 de novembro de 1846. Levaria um ano até a produção do seu primeiro microscópio, o porque de focar a sua empresa na confecção de microscópio deve-se ao código de leis da Prussia/Alemanha, que

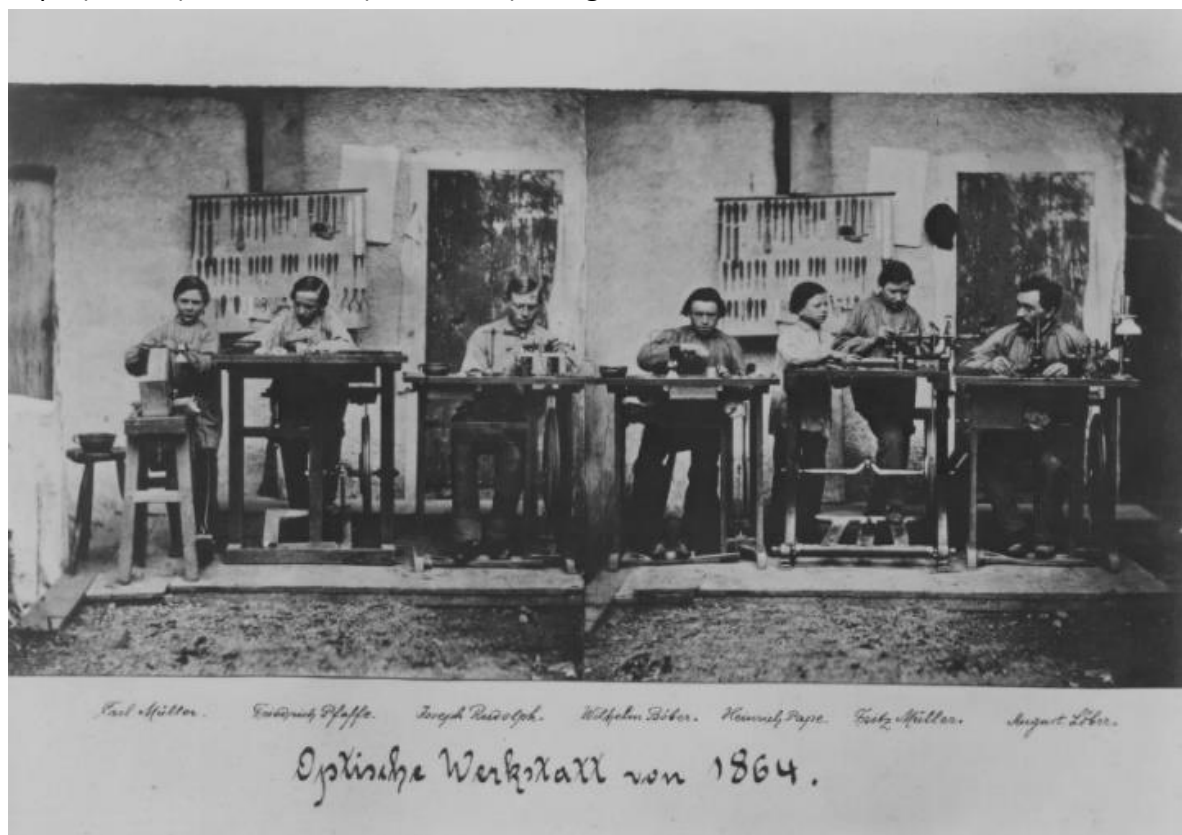
²³ Carl Zeiss (1816-1888): engenheiro e industrial alemão, pioneiro na fabricação de lentes e microscópios de alta precisão. Sua colaboração com Ernst Abbe e Otto Schott revolucionou a óptica moderna, estabelecendo padrões científicos na produção de instrumentos. Fundador da empresa Carl Zeiss AG.

²⁴ Tradução do Autor: “Ateliê de Mecânica”

exigia a inspeção de toda a carne produzida. Existindo na época aproximadamente 100 fabricantes de microscópios somente na Alemanha, todos seguindo um modelo artesanal para a construção dos instrumentos.

Os microscópios com fins científicos, que exigiam uma ótica refinada apresentavam valores altos para os padrões existentes. Os métodos tradicionais de fabricação de lentes e materiais apresentava-se ineficiente e sem um padrão de qualidade ou uniformidade dos materiais ou instrumentos.

Figura 7 : Linha de montagem de material ótico, onde temos August Löber ensinando a arte da mecânica e do polimento. Da esquerda para a direita, temos Carl Müller (1849-1909), Friedrich Pfaffe (1849-?), Joseph Rudolph (1841-1914), Wilhelm Böber (1849-?), Heinrich Pape (1849-?), Fritz Müller (1847-1919) e August Löber.



Fonte: Zeiss Group, Museum Zeiss, 1864 ("Carl Zeiss (1816-1888) 200th Birthday", 2016)

Quando Galileu Galilei apontou seu telescópio pela primeira vez para o céu noturno, ele não apenas mudou nossa ideia sobre o nosso lugar no universo, como também abriu uma caixa de Pandora de fascínio óptico. Pois, embora tenha visto o movimento das luas de Júpiter e os contornos irregulares das montanhas na Lua, tudo o que via era tingido de cor. Essa aberração

cromática resulta da dispersão: cada comprimento de onda da luz é refratado de forma diferente ao passar pela lente, de modo que cada um é focado de forma diferente, o que distorce a imagem. Para Isaac Newton, o problema era tão pernicioso que ele inventou o telescópio refletor como forma de contorná-lo. Mas para muitas aplicações, principalmente a microscopia, não havia como escapar do problema. Foi somente no século XVIII que as lentes compostas – dupletos, uma convexa e uma côncava com diferentes índices de refração, começaram a ser usadas, minimizando o problema.

Em 1866, Ernst Abbe²⁵ (1840-1905) foi contratado para ser o primeiro e único membro da equipe científica, na época, seu objetivo era a construção de uma ótica para microscopia com uma base científica, que até aquele momento não era realizado, sendo necessário para tal feito a construção de equipamentos de precisão, abrindo uma nova vertente na indústria. Para isto Ernest Abbe projetou instrumentos para a medição das variáveis em foco: espessura, comprimento focal dos sistemas óticos, assim como outros instrumentos para incrementar a produção padronizada a um nível não existente. A Carl Zeiss tornaria-se um padrão industrial.

Figura 8 : Linha de montagem de oculares dos telescópios, Sala de Ajustes, fotografia da “Carl Zeiss Archive”. Tradução do texto abaixo da foto: “Fabrica da Carl Zeiss Jena - Sala de ajuste para os telescópios astronômicos e terrestres menores”;

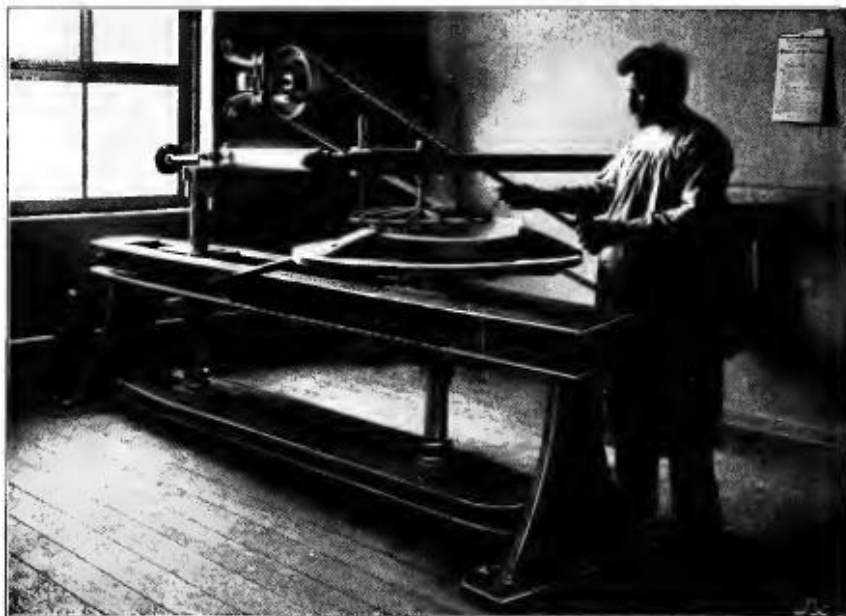


Fonte: Zeiss Group, Museum Zeiss, 1902 (“Company Seven | Carl Zeiss Companies History”, 2025)

²⁵ Ernest Abbe (1840-1905): engenheiro e óptico alemão, conhecido por suas contribuições à teoria da microscopia e por colaborar com Carl Zeiss. Ele desenvolveu a Lei de Abbe, fundamental para a qualidade das lentes.

Ernst Abbe constrói o primeiro sistema óptico calculado de forma científica, que viria a se revelar um completo desastre. Em 1872/73, Abbe identifica que a nitidez da imagem está, de alguma forma, relacionada a um processo ainda desconhecido à época, o de formação da imagem no microscópio óptico composto e, em particular, no interior da objetiva. Este constitui um momento-chave, no qual se estabelece a relação entre os conceitos de difração e de resolução de uma imagem, identificando-se, assim, o limite de resolução de um microscópio. (“The Continued Importance of the Abbe Sine Condition | Synopsys Blog”, [S.d.])

Figura 9 : Técnico da Zeiss, acompanhando o processo de polimento de uma lente ou conjunto de lentes 1896



Fonte: Arquivo Carl Zeiss Group, 1896(“Company Seven | Carl Zeiss Companies History”, 2025)

Em 1876, Ernst Abbe proferiu uma palestra em Londres sobre os materiais empregados na fabricação de lentes, na qual manifestou preocupação com o estado da indústria vidreira europeia. Embora reconhecesse que o vidro então produzido atingia um nível de excelência técnica notável, Abbé sustentava que avanços significativos no desempenho óptico somente seriam possíveis a partir da descoberta e do desenvolvimento de novos tipos de vidro. Ele foi contatado por um jovem engenheiro, Otto Schott²⁶. Proveniente de uma família de vidreiros,

²⁶ Otto Schott (1851 – 1935): foi um químico e industrial alemão, pioneiro na fabricação de vidros ópticos de alta precisão. Co-fundador da **Schott & Genossen** (atual Schott AG), colaborou decisivamente com Ernst Abbe e Carl Zeiss no desenvolvimento da óptica científica moderna.

Schott reunia uma formação particularmente adequada para enfrentar esse desafio. Estudou química e mineralogia em Aachen, Würzburg e Leipzig, concluindo seu doutorado em Jena, em 1875, com ênfase na teoria e na prática da fabricação do vidro. À época, Schott já realizava experimentos com novas composições vítreas e enviava amostras a Abbe, que ficou profundamente impressionado com os resultados obtidos.

Em 1879, Otto Schott (1851–1935) apresentou a Ernst Abbé um novo tipo de vidro constituído de borosilicatos, caracterizado por sua alta resistência térmica e química. Em janeiro de 1884, ambos fundaram o “Glastechnisches Laboratorium” atualmente conhecido como Schott AG, em parceria com Carl Zeiss e Roderick Zeiss (SIEGFRIED; CHESFIRE, 1903). O novo material permitiu a Abbe desenvolver a primeira objetiva totalmente livre de aberração cromática, denominada objetiva apocromática, que se tornaria a base para a fabricação de lentes astronômicas e instrumentos fotográficos.

Em 1882, com o apoio de Abbe e financiamento do governo prussiano, Schott transferiu-se para novas oficinas em Jena, equipadas com fornos e queimadores de última geração. Passou, então, a fundir misturas de óxidos sob condições rigorosamente controladas, testadas por Abbé em laboratórios próximos. Substituiu parte do silicato por borato e fosfato, o oxigênio por flúor, e o sódio por potássio e, sobretudo, por lítio. Com as proporções adequadas, conseguiu eliminar a cristalização e a tendência do vidro a manchar-se em contato com o ar úmido. Outros óxidos, como os de zinco e alumínio, também foram utilizados para aprimorar o material.

Em um processo experimental minucioso, Schott mapeou sistematicamente o espaço composicional do vidro. Um ano após estabelecer-se em Jena, produziu um vidro à base de lítio capaz de concretizar o antigo ideal de Newton e Abbe: dissociar o índice de refração da dispersão. Segundo um comentarista da época, a escolha do vidro tornara-se “bidimensional”. O êxito levou Zeiss, Schott e Abbé a firmarem uma parceria igualitária, da qual resultou a lente apocromática desenvolvida por Abbé, uma peça óptica que atingia os limites teóricos de desempenho. (“SCHOTT History”, 2025)

Figura 10 : Trabalhadores da fábrica “Glastechnisches Laboratorium”, com os bases dos vidros, que iriam modificar a indústria ótica.



Fonte: Archive Carl Zeiss, 1890

A nova parceria era agora líder mundial em óptica. Mas o trabalho de Schott não se limitava à óptica. Em março de 1883, ele aumentou o teor de boro de um lote de vidro e descobriu que sua pequena expansão térmica o tornava perfeito para termômetros. Seu borossilicato também resistia a choques térmicos tão bem, senão melhor, do que o vidro temperado existente, sem a necessidade de tratamento térmico. E parecia quase imune a ataques químicos, exceto nas condições mais adversas.

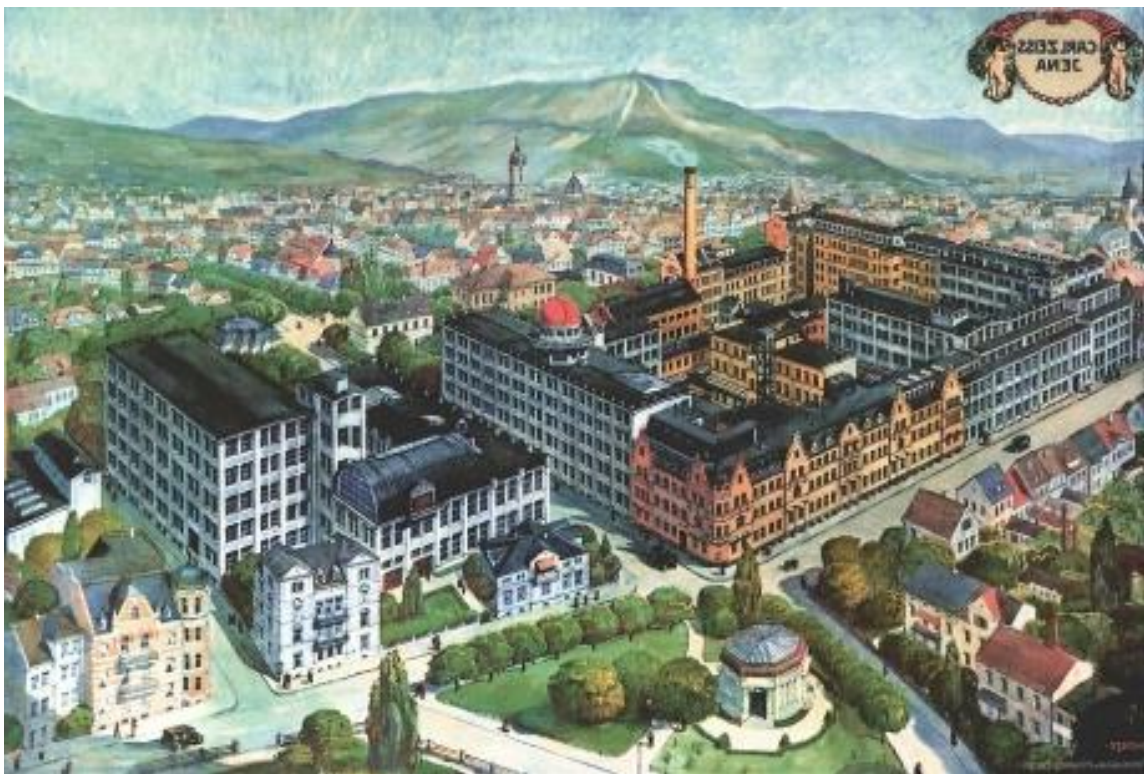
Figura 11 : Trabalhadores realizando inspeção e separação dos blocos de material vítreo, na Schott AG.



Fonte: Archive Carl Zeiss, (“Zeiss, Sala de Ajustes dos Telescópios e Lunetas”, 1898)

E. Abbe não somente implementa mudanças técnicas na confecção das lentes, bem como com C. Zeiss e O. Shotts reestruturam a forma de se fazer um instrumento ótico de precisão. A cidade de Jena até o início da primeira metade do século XIX era uma cidade universitária – Friedrich-Schiller-Universität²⁷, que foi fundada em 1558, sua economia era baseada na agricultura e no comércio local ao longo dos primeiros cinquenta anos, sua estrutura social e econômica irá se alterar devido ao crescimento da Zeiss, contratando pessoal qualificado em diversas áreas: física, engenharia, óptica, metalurgia, mecânica, material vítreo etc. Com a introdução de diversas pequenas fábricas que irão compor a indústria local. A Zeiss apresenta mudanças na integração entre empresa-universidade, possibilitando a absorção de mão de obra qualificada ou a se qualificar. Ao mesmo tempo que apresenta uma nova relação de trabalho com os funcionários, que passam a trabalhar somente 8 horas, tendo ao final de suas vidas um sistema de aposentadoria. A Zeiss transforma Jena no “Vale do Silício” do século XX. (até o início da segunda-guerra mundial) (“Company Seven | Carl Zeiss Companies History”, [S.d.]) (Siqueira, 2019)

Figura 12 : Desenho do complexo industrial da Carl Zeiss AG. em Jena, 1908



Fonte: Archive Carl Zeiss, 1905 (“Carl Zeiss (1816-1888) 200th Birthday”, 2016)

²⁷ Friedrich-Schiller-Universität Jena, localizada na cidade de Jena, na Turíngia, Alemanha, é uma das universidades mais antigas do país, fundada em 2 de fevereiro de 1558. Inicialmente chamada de "Hohe Schule", foi elevada ao status de universidade por iniciativa de João Frederico I da Saxônia.

2.4 O objeto da pesquisa

A Luneta equatorial do fotoheliógrafo pode ser considerada um instrumento de pequeno porte. Seu projeto adotou uma concepção modular, permitindo diferentes configurações de acordo com a finalidade observacional. Nessa perspectiva, o instrumento podia operar como uma luneta de observação para uso externo, a Carl Zeiss produzia duas lunetas estruturalmente idênticas, mas com objetivas de 10 cm e uma outra de 15 cm de abertura, com incremento da distância focal e peso, assim como o tipo de montagem, podendo ser azimutal²⁸ ou equatorial²⁹, diferentes tipos de tripes (metálicos ou madeira) e sistema de acompanhamento. O tubo óptico era pintado em cores claras, frequentemente branco, de modo a minimizar os efeitos da absorção térmica durante observação ao ar livre.

A modularidade do conjunto possibilitava a incorporação de acessórios específicos, ampliando suas funções para além da simples observação visual. Entre esses acessórios destacam-se os alongadores, o divisor de luz, o espectrômetro e o módulo fotográfico, que podia ser acoplado ao tubo óptico, convertendo a luneta em um instrumento destinado à fotografia astronômica ou uma luneta para observação solar. A composição do instrumento indicava uma modularidade construtiva para diferentes arranjos e situações. (Carl Zeiss Jena, *Lunettes Astronomiques*, 1920)

A luneta adquirida pelo observatório, apresenta montagem equatorial, com objetiva de 10,0 cm de diâmetro e distância focal de 130 cm³⁰, resultando em um comprimento total

²⁸ A montagem azimutal é um sistema mecânico empregado em instrumentos astronômicos que permite a movimentação do tubo óptico em dois eixos perpendiculares: altitude e azimute. Esse arranjo possibilita a orientação do instrumento por meio de rotações vertical e horizontal, tomando como referência o horizonte do observador. Caracteriza-se por sua simplicidade estrutural e maior robustez mecânica em comparação com a montagem equatorial.

²⁹ A montagem equatorial é um sistema mecânico utilizado em instrumentos astronômicos no qual um dos eixos é alinhado paralelamente ao eixo de rotação da Terra. Essa configuração permite compensar o movimento aparente dos astros por meio da rotação uniforme de apenas um eixo, denominado eixo de ascensão reta. O segundo eixo, correspondente à declinação, possibilita o ajuste da posição do objeto observado no plano celeste. Tal arranjo simplifica o acompanhamento contínuo de corpos celestes, especialmente em observações prolongadas e em astrofotografia. Por essa razão, a montagem equatorial desempenhou papel central no desenvolvimento da astronomia observacional moderna.

³⁰ Esses dados foram obtidos a partir de uma publicação interna do Observatório Nacional, intitulada *Astronomia Geral*, de L. M. Barreto. Observa-se que alguns catálogos da Carl Zeiss AG apresentam valores distintos para os dois tipos de objetivas, o que pode caracterizar diferenças de sistemas métricos ou possíveis erros de tradução ou de impressão.

aproximado de três metros, dependendo dos acessórios utilizados. O sistema incluía originalmente um alongador que conectava a ocular ao corpo óptico principal, de acordo com catálogo, componente ausente no exemplar atualmente preservado no MAST possivelmente em decorrência de modificações realizadas ao longo de sua trajetória de uso institucional. (Nunes; Zordan, 1970)

O módulo fotográfico era constituído por um conjunto óptico que atuava como objetiva fotográfica, destinado ao registro da imagem solar em placas fotográficas de 15 por 15 cm. Em sua configuração original, o instrumento dispunha de um sistema de motorização baseado no uso de pesos, possivelmente associado a mecanismos de atenuação de oscilações, característica comum às montagens equatoriais de precisão do período. Esse sistema foi substituído, em data não identificada na documentação disponível, por um motor elétrico de 220 volts, acoplado à um sistema mecânico, que foi adaptado. Não sendo do original.

O obturador fotográfico empregado é do tipo pá³¹, permitindo tempos de exposição de até um quinhentos avos de segundo, valor elevado para os padrões tecnológicos da época e suficiente para operar sob intensa luminosidade solar e reduzir efeitos de distorção associados ao movimento aparente do astro. Tempos de exposição semelhantes só se tornariam comuns em câmeras fotográficas comerciais a partir da década de 1950, enquanto sistemas digitais contemporâneos alcançam valores ainda mais reduzidos em função dos avanços da eletrônica e dos sensores de captação de luz. Entre o obturador e a objetiva da luneta encontra-se um conjunto de filtros ópticos, destinado ao controle da radiação incidente, assegurando tanto a qualidade do registro fotográfico quanto a preservação dos componentes ópticos.

O instrumento dispõe ainda de uma luneta buscadora, também denominada procuradora, caracterizada por seu amplo campo de visão e consequentemente baixa ampliação. Essa buscadora possui objetiva de 4 cm de diâmetro e distância focal de 40 cm, além de uma ocular de aproximadamente 1 cm, equipada com anteparo acoplado para observação solar. Em

³¹ O obturador fotográfico do tipo pá consiste em um mecanismo simples de controle da exposição luminosa, composto por uma lâmina rígida que se desloca para interromper ou permitir a passagem da luz. Seu funcionamento baseia-se em um movimento rápido, geralmente rotacional ou oscilatório, que descobre temporariamente a abertura óptica do sistema. O intervalo durante o qual a abertura permanece exposta determina o tempo de registro da imagem. Trata-se de um dispositivo mecanicamente robusto e de construção relativamente simples. Esse tipo de obturador foi amplamente empregado em instrumentos científicos e fotográficos do final do século XIX e início do século XX.

algum momento de sua história operacional, a luneta buscadora foi retirada do conjunto principal.

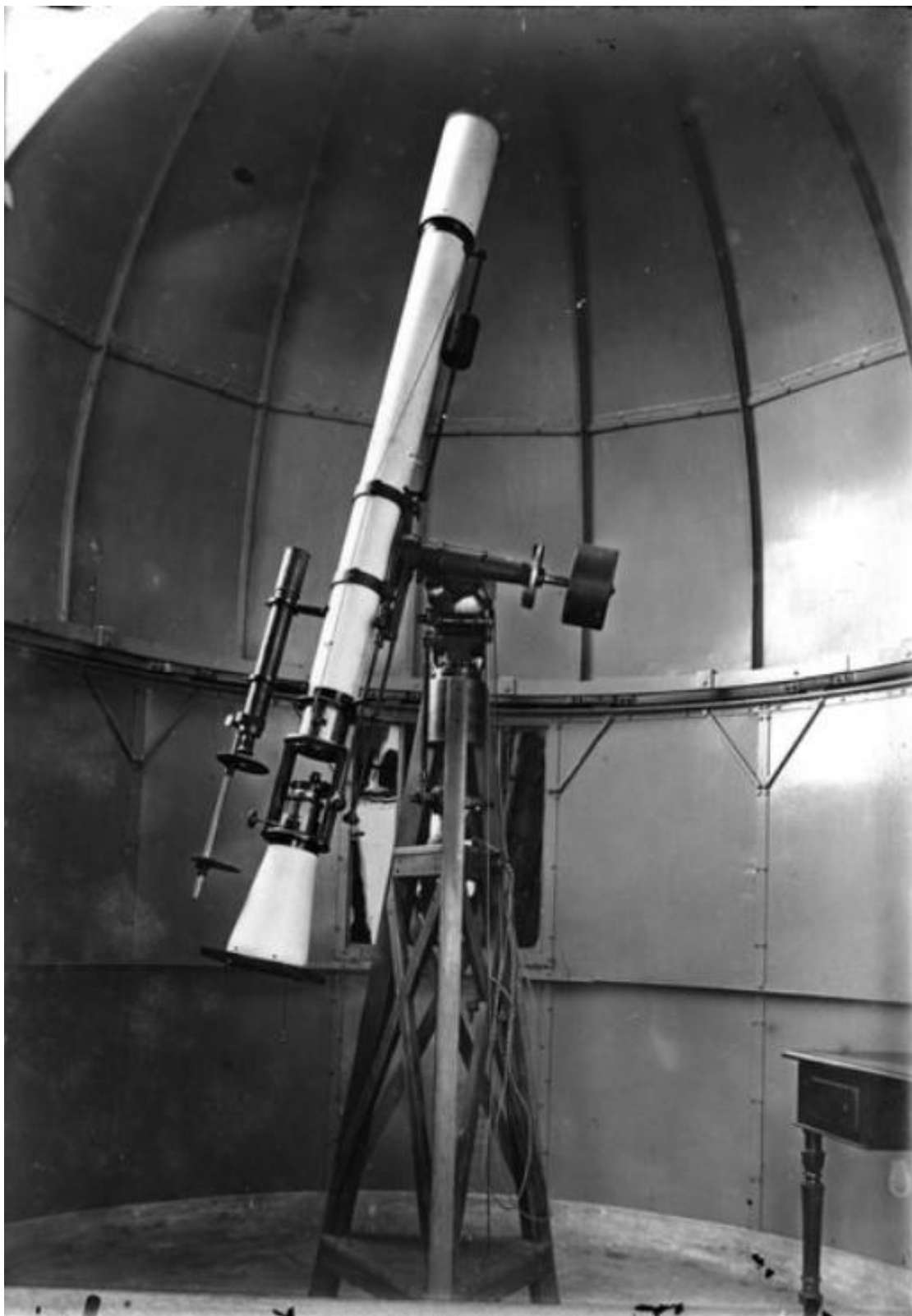
A luneta apresenta um círculo horário graduado de 0 a 24 horas, com subdivisões em minutos, e um círculo de declinação graduado de 0 a 90 graus, com resolução aproximada de cinco segundos de arco, elementos fundamentais para a prática da astronomia de posição e para o acompanhamento preciso dos astros.

Essa flexibilidade funcional conferia ao instrumento um caráter multifuncional e adaptável a distintos contextos de uso, favorecendo sua aplicação em diferentes sítios de observação, aspecto diretamente associado à sua portabilidade. Apesar de suas dimensões relativamente reduzidas, com cerca de três metros de comprimento e aproximadamente cinquenta quilogramas de massa (de acordo com catálogo), o conjunto admitia o acoplamento de acessórios adicionais, o que exigia a utilização de contrapesos para assegurar o equilíbrio mecânico e a estabilidade operacional durante o acompanhamento dos astros. (“Company Seven | Carl Zeiss Companies History”, 2025; “ZEISS Archives - original documents, files, photos | ZEISS”, 2025)

Todas as informações aqui apresentadas foram obtidas a partir de manuais e documentos técnicos da Carl Zeiss, bem como de registros preservados nos arquivos do Observatório Nacional. O acesso ao instrumento foi extremamente restrito, tendo sido concedida apenas uma única oportunidade para a realização de uma sessão fotográfica, limitada a quinze minutos.

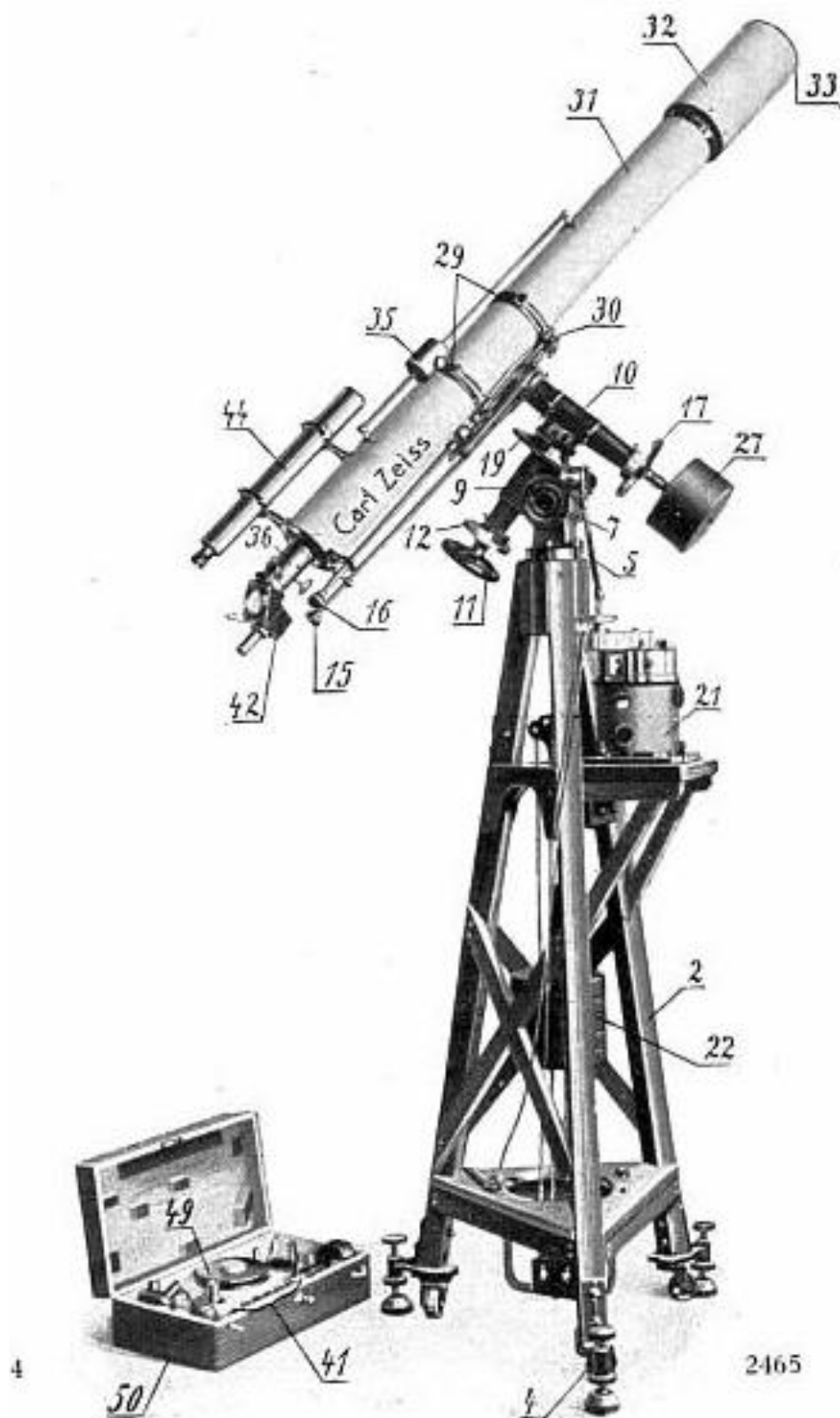
O objetivo sempre consistiu em modelar o instrumento com os dados disponíveis, que, à época, já se sabia serem limitados, embora não se tivesse a dimensão exata de tal limitação. A investigação concentrou-se no dimensionamento físico tanto do instrumento quanto da cúpula, visto que o fabricante “Leduc & Fils” não mais existe na França. Buscou-se obter as dimensões físicas dos componentes e realizar a identificação dos números de série dos elementos do instrumento. Eram conhecidas as condições físicas do instrumento e da cúpula, a qual se encontrava fechada havia muito tempo; contudo, jamais houve a intenção de denegrir a imagem do MAST. Não se compreendem, portanto, os motivos que levaram a Coordenação de Museologia do MAST (COMUS) a não responder aos pedidos encaminhados.

Figura 13 : Fotografia da Luneta equatorial do fotoheliografo, em 1922



Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1922. Todos os direitos das imagens são reservados ao Observatório Nacional/MCTI. (“INS0025, Luneta Equatorial do Photoheliographo - Instrumentos Científicos”, 1917)

Figura 14 : Equipamento da Zeiss, Luneta Equatorial de 110 mm, apresentando elementos similares para acompanhamento visual dos módulos.



Fonte: Archive Carl Zeiss (Zeiss, 1920)

Tabela 1: Relação dos Elementos da Luneta equatorial do fotoheliografo.

Item	Descritivo	Item	Descritivo
2	tripe de madeira	22	peso de condução para relógio
4	parafusos de pé com placa e rodízio	25	eixo de transmissão do relógio para (20)
5	correção de azimute	27	eixo de transmissão do relógio para (20)
7	cabeça de tripé com ajustes polares eixo polar eixo declinação	29	Contrapeso ajustável para telescópio em relação ao eixo polar
9	movimento polar	30	suporte para telescópio com anéis de fixação para fixação do telescópio
10	Eixo de declinação	31	Luneta
11	Movimento rápido em Ascensão Reta	32	Tampa de orvalho.
12	Ascensão Reta círculo graduado em 10 minutos e leitura de 1 minuto por dois verniers	33	Tampa de Lente
13	grampos em Ascensão Reta por meio de rodas de coordenadas de desenho e rodas planetárias	35	contrapeso em relação ao eixo de declinação
14	Movimento lento em declinação por meio de chave acionada pela extremidade da ocular.	36	Conjunto de Lentes
15	círculo de Declinação, graduado em graus e lido em 5 minutos por dois verniers	41	círculo do relógio
16	Movimento lento em declinação por meio de chave acionada pela extremidade do olho	42	Prisma solar polarizador de Colzi
17	círculo de declinação, graduado em graus e lido em 5 minutos por dois verniers	43	tela de projeção solar
19	círculo do relógio	44	localizador x8, n. 117
20	acionamento helicoidal para círculo de relógio (19)	49	proteção solar objetiva
21	relógio n.º 77 para moção em Ascensão Reta	50	Caixa para acessórios e oculares
Fonte: Arquivo Carl Zeiss (Zeiss, 1920)			

Ao olharmos a figura 13, que é uma fotografia realizada em 1922 e comparando com a figura 14, que se refere a documento do início do século XX, observamos diferenças. Isto ocorre como resultado da ação do tempo e da prática observacional. Este é o equipamento padrão de objetiva de 10 cm, que é utilizado para a fotografia astronômica, a sua alteração para

observação solar e com a inserção de elementos adaptativos no equipamento. A estrutura da Luneta equatorial é composta por três módulos principais, como ilustrado nas Figuras 13 e 14. O equipamento foi concebido como uma estrutura modular, seguindo um padrão de padronização industrial, com a adição de elementos externos destinados a funções específicas de operação.

Para fins de descrição, o instrumento será analisado segundo os seguintes módulos: objetiva, corpo de sustentação mecânica, estrutura de montagem equatorial, ocular e câmera fotográfica, círculos graduados, sistema de motorização e tripé.

O instrumento passou por adaptações ao longo do tempo, realizadas para atender a novas demandas operacionais. Dentre essas modificações, destaca-se: substituição do tripe original, a instalação de um sistema elétrico, que exigiu alterações na estrutura de sustentação, de modo a compatibilizá-la com o sistema de acompanhamento existente.

A cúpula (ou domo) que atualmente abriga o instrumento não pertence ao conjunto original Zeiss, tendo sido fabricada pela firma francesa Leduc & Fils, projetadas para abrigar instrumentos de pequeno porte por essa razão, será tratada como um elemento separado, sendo sua descrição apresentada em seção específica.

2.4.1 A Mecânica da Luneta

Uma luneta astronômica, e este instrumento em particular, apresenta três estruturas fundamentais já mencionadas: objetiva, o corpo estrutural e a ocular. Em essência, trata-se de um tubo metálico cuja função é sustentar o sistema ótico de forma permanente e estável, a fim de permitir a entrada da luz pela objetiva e focalizá-la próximo à ocular. O corpo de sustentação apresenta um ponto de apoio, que pode se situar no ponto médio do instrumento, onde este irá atuar como fulcro, garantindo o equilíbrio mecânico do conjunto.

Uma das características observadas e que este instrumento não apresentava vibrações devido a eventos externos. Este motivo poderia ser constatado pela espessura da chapa metálica do corpo estrutural, assim como elementos estruturais internos ao tubo, que poderiam apresentar dupla função: ser estrutural mecanicamente e apresentar uma função ótica.

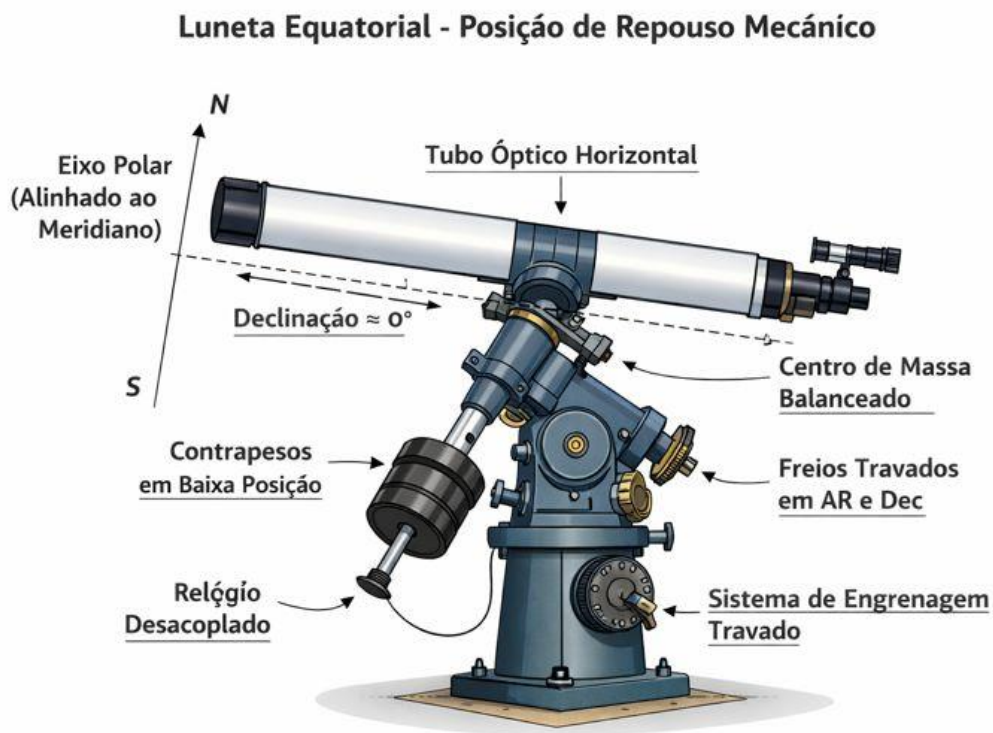
Para que o instrumento opere corretamente, é indispensável que se encontre em equilíbrio estático e dinâmico, livre de torques indesejáveis. Como a luneta pode receber acessórios adicionais, esta incorpora uma barra de equilíbrio (ver Figura 14) conectada às extremidades do sistema, entre a objetiva e a ocular, atravessando o corpo de sustentação. Essa barra comporta dois ou mais pesos de massas padronizadas, cuja função é compensar os torques adicionais e restabelecer o equilíbrio do instrumento. O ajuste é realizado deslocando-se os pesos ao longo do eixo, até a obtenção da posição de equilíbrio ideal (CARDOSO; FREIRE; MENDES FILHO, 2008).

Uma vez alcançado o equilíbrio do conjunto, objetiva, ocular e corpo de sustentação, deve-se assegurar que as conexões mecânicas (eixos de travamento e motorização) não estejam sob tensão, evitando flexões e sobrecargas nos suportes e engrenagens. O sistema deve manter-se em equilíbrio sem comprometer a integridade estrutural do equipamento. Na Figura 35, observa-se o sistema de travamento dos círculos máximos de ascensão reta e declinação. Por se tratar de junções metal-metal, essas conexões não devem estar submetidas a esforços excessivos. O travamento deve apenas imobilizar o instrumento, sem gerar tensões adicionais que alterem sua mobilidade natural. Outro elemento fundamental é o eixo de motorização, um sistema de alta precisão destinado a eliminar vibrações, as quais são danosas ao processo fotográfico. Esse eixo atua sobre um parafuso sem-fim metálico, conforme ilustrado na Figura 46.

Após as observações o instrumento era posicionado em uma condição de repouso mecânico, de grande relevância para a preservação estrutural e para a operação segura do instrumento. Diferentemente das posições de observação, determinadas por critérios astronômicos, a condição de repouso é orientada por considerações mecânicas e conservativas, visando minimizar tensões permanentes sobre os eixos de rotação, os mancais e o próprio tubo óptico. Historicamente, observatórios do século XIX e início do XX adotavam como prática deixar o instrumento com o eixo polar alinhado ao meridiano local e o tubo óptico próximo à posição horizontal, de modo a manter o centro de massa do conjunto o mais próximo possível dos eixos da montagem equatorial. Essa configuração reduz momentos de torção constantes, atenua processos de flexão lenta do tubo, especialmente relevantes em lunetas de grande comprimento, e limita o desgaste das engrenagens associadas ao sistema de movimentação em ascensão reta. Além disso, o posicionamento dos contrapesos na região inferior do eixo

contribuía para a estabilidade global do conjunto, diminuindo a carga sobre os sistemas de freio e sobre o mecanismo do relógio sideral, que geralmente permanecia desacoplado durante o repouso. A adoção dessa posição também respondia a exigências operacionais e de segurança, como evitar apontamentos acidentais em direção ao Sol e garantir afastamento adequado em relação às paredes da cúpula. Desse modo, a condição de repouso da luneta equatorial deve ser compreendida como parte integrante das práticas históricas de uso, manutenção e conservação do instrumento, refletindo o conhecimento técnico e as preocupações mecânicas dos astrônomos e construtores da época.

Figura 15 : Desenho esquemático da condição de repouso de uma luneta equatorial.



Fonte: Silva, Antonio R., 2026

2.4.2 Objetiva

O primeiro módulo foi concebido para ser utilizado em lunetas equipadas com objetivas padronizadas de 10 cm ou 15 cm de diâmetro, conforme indicado nos catálogos técnicos da Carl Zeiss. Esse módulo constitui a porção frontal do instrumento e integra o conjunto óptico responsável pela captação e condução inicial da luz ao longo do sistema. Estruturalmente, o conjunto é formado por três partes principais, cada uma desempenhando funções específicas no arranjo óptico-mecânico da luneta.

A primeira parte corresponde ao alojamento da lente objetiva. Nesse segmento, a lente encontra-se montada em uma estrutura metálica projetada para garantir o correto posicionamento do elemento óptico, minimizando folgas e oscilações que poderiam comprometer a estabilidade do sistema e a qualidade da imagem formada. Nos catálogos técnicos observa-se que essa peça apresenta pequenas folgas de dilatação, concebidas para compensar variações dimensionais decorrentes das mudanças de temperatura que afetam o vidro óptico e os elementos metálicos do suporte. Essa conexão é realizada por meio de rosca ou encaixe de pressão aparafusado. Tal solução construtiva evidencia a preocupação com a estabilidade mecânica e térmica, aspectos fundamentais para a precisão observacional em instrumentos astronômicos.

A segunda parte ajusta-se diretamente ao conjunto da objetiva e constitui uma cápsula protetora da entrada de luz, cuja função principal é preservar o sistema óptico contra agentes externos. Esse segmento incorpora dispositivos destinados à proteção contra condensação e deposição de umidade, especialmente por meio da tampa de orvalho (item 31), além de uma tampa de proteção da lente (item 32), destinada a vedar a abertura frontal quando o instrumento não se encontra em operação. .

A terceira parte corresponde ao elemento de junção com o tubo estrutural da luneta, responsável pela sustentação e alinhamento do conjunto óptico no interior da estrutura do instrumento. Essa conexão é realizada por meio de rosca ou encaixe de pressão aparafusado, solução que permite a fixação segura do módulo ao tubo principal e sua integração ao sistema de sustentação mecânica da luneta. Tal configuração evidencia a lógica modular adotada na construção desses instrumentos, característica recorrente na produção de equipamentos científicos industriais do período, que favorecia tanto a manutenção quanto a adaptação do

instrumento a diferentes configurações observacionais. (Carl Zeiss Jena, Lunettes Astronomiques, 1920)

Figura 16 : Fotografia do corpo da objetiva, onde foi instalado estrutura em madeira pintada de branco fosco próximo de onde estaria a tampa da lente ou tampa de orvalho.



Fonte: Silva, Antonio R., 2024

(“ZEISS Archives - original documents, files, photos | ZEISS”, 2025) Na figura 16, observamos uma estrutura circular feita em madeira, pintada de branco. Atualmente esta estrutura encontra-se próximo da tampa da lente, mas já esteve próximo do corpo da ocular, na década de 1990. Este anteparo foi posicionado a partir do pedido do Sr. Marcomedes R. Nunes³² que tinha como função gerar uma melhoria da visualização da imagem observada no anteparo. (Brandão, 2017)

³² **Marcomedes Rangel Nunes** (1951, 2010), formado em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) com Pós-graduação em Astronomia pelo Observatório Nacional (ON), funcionário do observatório trabalhando durante muitos anos no serviço da hora e sobre a questão da divulgação científica. No período do cometa de Harley, ficou conhecido como o Sr. Cometa ou Marcometa.

“Em 1968, foi instalado um contrapeso para o movimento de declinação do instrumento afim de contrabalançar o peso acrescido de um dispositivo de projeção do Sol.”(Brandão, 2017)

Figura 17 : Fotografia do corpo da objetiva, onde encontramos a segunda modificação da estrutura da luneta, onde foi colocado o contrapeso de equilíbrio do instrumento.



Fonte: Silva, Antonio R., 2024

Na Figura 17, observa-se o sistema de contrapeso posicionado no terço inicial do equipamento. Nessa configuração, o componente não desempenha sua função original de equilibrar os pesos e torques da luneta; ao contrário, provoca distorções estruturais que afetam diretamente a óptica. Assim instalado, o sistema contribui apenas para o aumento da tensão na parede do tubo e no mecanismo de travamento, sem efetivamente participar do balanceamento mecânico previsto no projeto original. Com o tempo, causando possíveis desalinhamentos óticos

O alinhamento óptico consiste no processo de ajuste geométrico e mecânico dos componentes de um sistema óptico de modo que seus eixos ópticos coincidam ou permaneçam corretamente posicionados entre si, garantindo que a luz percorra o trajeto previsto pelo projeto do instrumento. Esse procedimento é fundamental em dispositivos como lunetas, telescópios, microscópios, espectrômetros e câmeras ópticas, pois pequenas

desalinhamentos podem provocar aberrações, perda de resolução, deslocamento da imagem ou diminuição da eficiência luminosa.

Em termos físicos, o alinhamento óptico busca assegurar que lentes, espelhos, diafragmas e detectores estejam posicionados ao longo de um mesmo eixo de propagação da luz. Esse eixo corresponde à linha imaginária que atravessa o centro geométrico dos elementos ópticos e define a direção principal do feixe luminoso. Quando esse eixo é respeitado, a formação da imagem ocorre de maneira adequada, obedecendo às leis da óptica geométrica, especialmente aos princípios da propagação retilínea da luz e das leis da reflexão e da refração.

Historicamente, o alinhamento óptico tornou-se uma etapa indispensável na construção e manutenção de instrumentos científicos desde o desenvolvimento das primeiras lunetas astronômicas no século XVII. Instrumentos associados à tradição iniciada por Galileo Galilei e posteriormente aperfeiçoados por Johannes Kepler exigiam cuidadoso posicionamento das lentes objetiva e ocular. Um pequeno desalinhamento poderia gerar imagens distorcidas ou deslocadas, comprometendo as observações astronômicas.

Nos instrumentos científicos históricos, o alinhamento frequentemente era realizado por meio de ajustes mecânicos finos, como parafusos de colimação, suportes reguláveis e sistemas de centragem das lentes. Em lunetas equatoriais e telescópios de maior porte, esse processo também envolve a chamada colimação, isto é, o ajuste preciso da orientação dos elementos ópticos para que o feixe luminoso proveniente de um objeto distante seja corretamente focalizado.

Do ponto de vista experimental e educacional, o alinhamento óptico também desempenha papel central em atividades didáticas, pois permite demonstrar conceitos fundamentais da óptica e da instrumentação científica. Procedimentos simples — como o alinhamento de uma lente, um anteparo e uma fonte de luz — evidenciam como a posição relativa dos elementos determina a qualidade da imagem formada.

Assim, o alinhamento óptico não é apenas um procedimento técnico de montagem, mas um elemento estruturante da prática observacional na ciência, articulando princípios físicos, engenharia instrumental e técnicas de observação que foram decisivas para o desenvolvimento da astronomia, da física e da óptica experimental.

2.4.3 Sustentação mecânica

O segundo modulo é um modulo estruturante (código 29 e 30), é o *corpo de sustentação mecânica* visto que seu objetivo é conectar o corpo da objetiva, com o corpo da ocular, apresentando elementos de conexão para as duas partes³³, tendo elementos anelares, para interligação com as estruturas da montagem equatorial, com os círculos máximos e sistema de acompanhamento eletromecânico.

Este corpo ou estrutura, executa a frenagem dos eixos dos círculos máximos de declinação e Ascensão Reta. Sendo elementos roscáveis para executar o travamento.

Figura 18 : Fotografia do corpo de sustentação mecânica, onde podemos observar o sistema de grampos e o berço, interligando a estrutura dos círculos máximos.



Fonte: Silva, Antonio R., 2024(Silva, 2024b)

³³ A conexão da lente ao tubo da luneta é realizada, em geral, por meio de uma célula objetiva metálica, cuja função é garantir o correto alinhamento óptico, a estabilidade mecânica e a proteção do conjunto de lentes. Entre os principais tipos, destaca-se o encaixe roscado, no qual a célula possui rosca externa que se acopla diretamente à rosca interna do tubo, assegurando fixação firme e axialidade adequada. Outro sistema comum é o anel de retenção frontal, no qual a lente é assentada no interior da célula e mantida por um anel rosqueado, permitindo ajustes finos e facilitando desmontagens para limpeza ou colimação. Há também a fixação por flange aparafusada, utilizada em instrumentos de maior porte, na qual uma base com perfurações é presa ao tubo por parafusos, oferecendo elevada rigidez estrutural. Em alguns casos emprega-se ainda sistema de pressão controlada, no qual calços ou anéis espaçadores distribuem uniformemente a força sobre a lente, evitando tensões que possam induzir aberrações ópticas. Cada tipo de conexão cumpre, portanto, funções simultâneas de sustentação, alinhamento, absorção de pequenas dilatações térmicas e preservação da integridade óptica do conjunto.

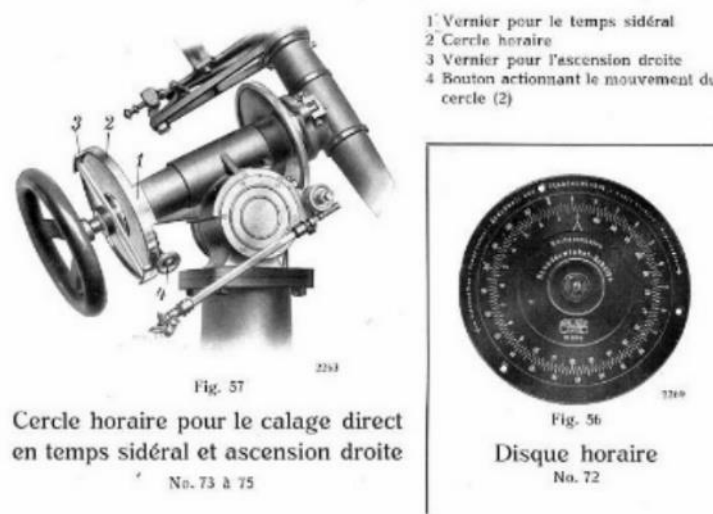
2.4.4 Círculos Máximos

Na astronomia observacional os círculos máximos de ascensão reta e declinação representam componentes fundamentais tanto para o funcionamento técnico do equipamento quanto para a exploração didática de conceitos astronômicos e físicos. Esses círculos, graduados com precisão, permitem localizar astros no céu utilizando o sistema de coordenadas equatoriais, análogo ao sistema geográfico de latitude e longitude empregado na superfície terrestre.

O círculo de ascensão reta (AR) está fixado ao eixo polar da luneta, o qual é orientado paralelamente ao eixo de rotação da Terra. Esse círculo mede a posição dos astros no plano equatorial celeste no sentido Leste-Oeste, sendo sua unidade de medida baseada no tempo: horas, minutos e segundos (onde uma hora equivale a 15 graus de arco). Por estar acoplado ao eixo que acompanha a rotação da esfera celeste, o círculo de AR permite que o instrumento realize o rastreamento do movimento aparente dos astros, compensando a rotação terrestre.

O círculo máximo de declinação é perpendicular ao eixo polar, o eixo de declinação suporta o tubo óptico da luneta e permite a movimentação vertical do instrumento. O círculo de declinação, por sua vez, mede o afastamento angular de um astro em relação ao equador celeste, utilizando a unidade de graus, minutos e segundos de arco, variando de $+90^\circ$ (polo norte celeste) a -90° (polo sul celeste). Sua função é análoga à da latitude geográfica, e sua leitura permite saber o "quanto ao norte ou ao sul" do equador celeste um astro se encontra.

Figura 19 : Detalhamento dos Círculos Máximos de Ascensão Reta e Declinação.



Fonte: Archive Carl Zeiss ((Zeiss, 1920), pag. 59)

Tabela 2: Relação dos Elementos Identificados no módulo de Ascensão Reta e Declinação da Luneta equatorial do fotoheliógrafo.

Item	Descritivo	Item	Descritivo
1	Vernier para o Tempo Sideral	2	Círculo Horário
3	Vernier para Ascensão Reta	4	Estrutura fresada para círculo de rotação
Fonte: Arquivo Carl Zeiss (Zeiss, 1920)			

No manual do instrumento, temos as seguintes informações sobre os círculos: temos o círculo horário, peça central da luneta, nesta peça fixamos a latitude do local de observação e temos os círculos horários que irão permitir a movimentação da luneta no movimento aparente do céu. Os dois círculos horários – Ascensão reta (disco de 360 graus) e a declinação do astro a ser observado. A precisão deste sistema é vital para a observação do astro.

A precisão mecânica dos círculos máximos permite minimizar, ou mesmo evitar, esse tipo de arrastamento ou deslocamento do campo da imagem. Trata-se, portanto, de um mecanismo que exige manutenção constante e calibração rigorosa do equipamento como um todo, a fim de prevenir o surgimento de torques indesejáveis. Quanto aos materiais empregados na confecção dos círculos máximos, observa-se que, até o início do século XX, predominavam ligas à base de latão, cobre e níquel, enquanto, a partir desse período, verifica-se a introdução progressiva do aço.

Figura 20 : Fotografia da estrutura do círculo máximo, onde podemos ver o sistema completo.



Fonte: Silva, Antonio R., 2024(Silva, 2024c)

Tanto os parafusos de travamento do equipamento quanto os parafusos sem-fim, utilizados para a movimentação do instrumento, foram evoluindo ao longo do tempo, tanto em relação aos materiais quanto à sua construção. Os parafusos sem-fim têm como função transmitir o movimento do motor, da manivela ou do contrapeso para os eixos da montagem equatorial. A precisão desses componentes é fundamental para a movimentação do instrumento e afeta diretamente a fotografia que está sendo realizada. Os passos de rosca, "thread pitch", devem ser muito finos, situando-se entre 0,5 mm e 1,0 mm por volta. Quanto menor o passo, maior é a precisão do movimento realizado pelo equipamento. Apenas no início do século XX passou a ser possível alcançar uma precisão da ordem de $\pm 0,01$ mm. Para a astrofotografia, mesmo esse nível de precisão já poderia provocar arrasto da imagem. Deve-se ressaltar que, no século XIX, a confecção de parafusos de rosca dependia exclusivamente da capacidade de execução do passo no torno mecânico.

2.4.5 Ocular/Câmera Fotográfica³⁴

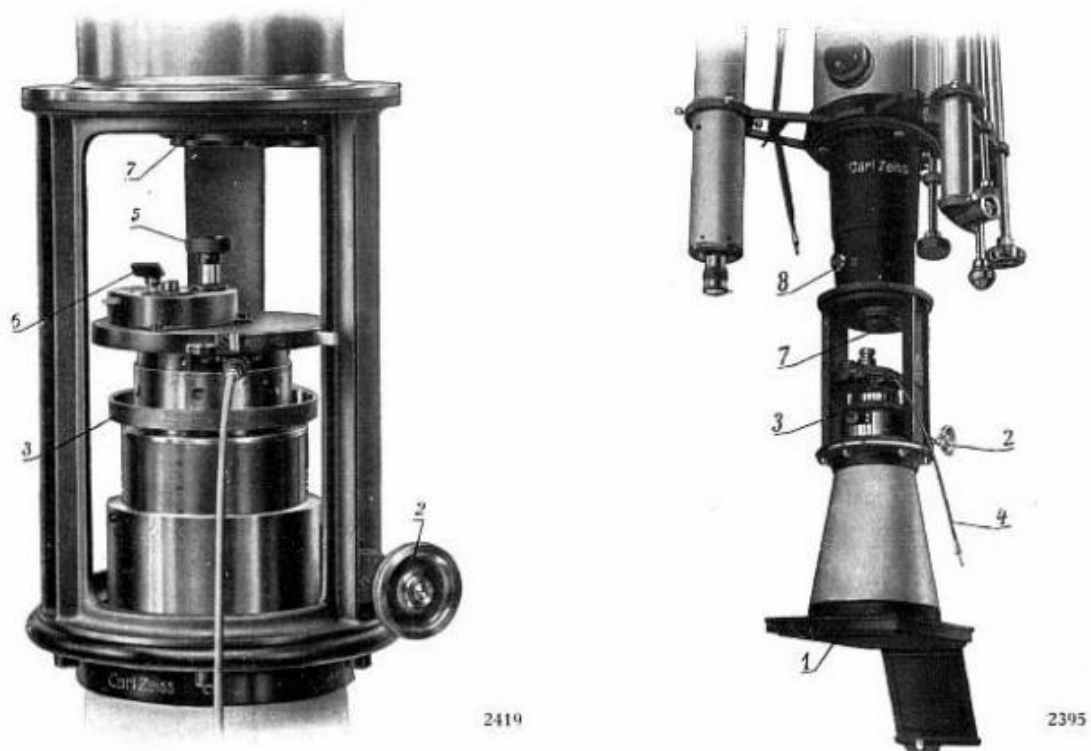
Em um telescópio refrator, a ocular constitui o ponto de observação do objeto estudado. No caso em análise, esse módulo foi substituído por uma câmera fotográfica, cuja configuração varia conforme a velocidade do obturador, conforme indicado em catálogos técnicos. Esse módulo podia ser acoplado a uma estrutura óptico-divisora, possibilitando tanto a observação direta quanto o uso de acessórios adicionais, como um espectroscópio.

Na Figura 21, observa-se a representação padrão de dois modelos de câmeras fotográficas, ambos apresentando funções equivalentes à da câmera atualmente existente no instrumento. Já a Tabela 3 reúne os principais elementos constitutivos desses modelos³⁵.

³⁴ As oculares, assim como a lente objetiva, devem ser tratadas periodicamente para evitar a presença de fungos, problema recorrente em instrumentos ópticos armazenados em ambientes úmidos e pouco ventilados. A proliferação fúngica manifesta-se por manchas e filamentos sobre as superfícies vítreas, comprometendo a transparência, o contraste e a nitidez da imagem. Em casos mais graves, pode ocorrer deterioração dos revestimentos antirreflexo e ataque químico ao vidro, com danos permanentes. A incidência é favorecida por alta umidade relativa, variações térmicas e armazenamento inadequado. A prevenção exige controle ambiental rigoroso, inspeções periódicas e acondicionamento apropriado do instrumento.

³⁵ A ausência do número de série da câmera fotográfica impossibilitou a obtenção de informações complementares junto à Carl Zeiss AG.

Figura 21 : Detalhamento do terceiro modulo – câmera fotográfica acoplada ao segundo modulo.



Fonte: Archive Carl Zeiss ((Zeiss, 1920). Pag. 87)

Tabela 3: Relação dos Elementos Identificados no modulo fotográfico da Luneta equatorial do foteheliografo.

Item	Descritivo	Item	Descritivo
1	Duplo dark-slide	2	cabeça de pinhão para focar a imagem do sol
3	colar fresado para focar as linhas cruzadas	8	colar e grampo para rotação em torno do eixo de posição
4	liberação para obturador instantâneo	5	cabeça fresada para ajuste da largura do setor
6	tecla para definir a velocidade do obturador	7	disco colorido giratório

Fonte: Arquivo Carl Zeiss (Zeiss, 1920)

O modelo de câmera fotográfica existente apresenta documentação limitada. As informações obtidas referem-se apenas a alguns ajustes operacionais identificados por meio da análise de registros de observação.

Figura 22 : Fotografia da estrutura da ocular/câmera fotográfica, não se apresenta alterada, restando sistema de diafragma e obturador



Fonte: Silva, Antonio R., 2024(Silva, 2024h)

O uso de placas fotográficas e das técnicas associadas à sua produção foi sendo gradualmente abandonado, em decorrência da perda de função científica do equipamento como instrumento de pesquisa. A partir de 1960, o instrumento passou por uma modificação estrutural, caracterizada pela introdução de um anteparo de visualização.

A instalação desse anteparo poderia ter sido executada de diferentes maneiras, de modo a minimizar danos adicionais ao equipamento, especialmente considerando o desgaste acumulado ao longo das décadas anteriores. Constatou-se a adição de dois parafusos na estrutura de suporte da placa fotográfica, conforme ilustrado na Figura 23.

Entretanto, o método de fixação adotado não atende aos padrões técnicos mínimos, uma vez que a amarração estrutural deveria ter sido estendida à estrutura central do instrumento, a fim de reduzir as torções mecânicas e preservar a integridade do conjunto óptico.

Figura 23: Fotografia da estrutura da ocular/câmera fotográfica, que foi adaptada para implementar suporte de observação visual para observação das manchas solares



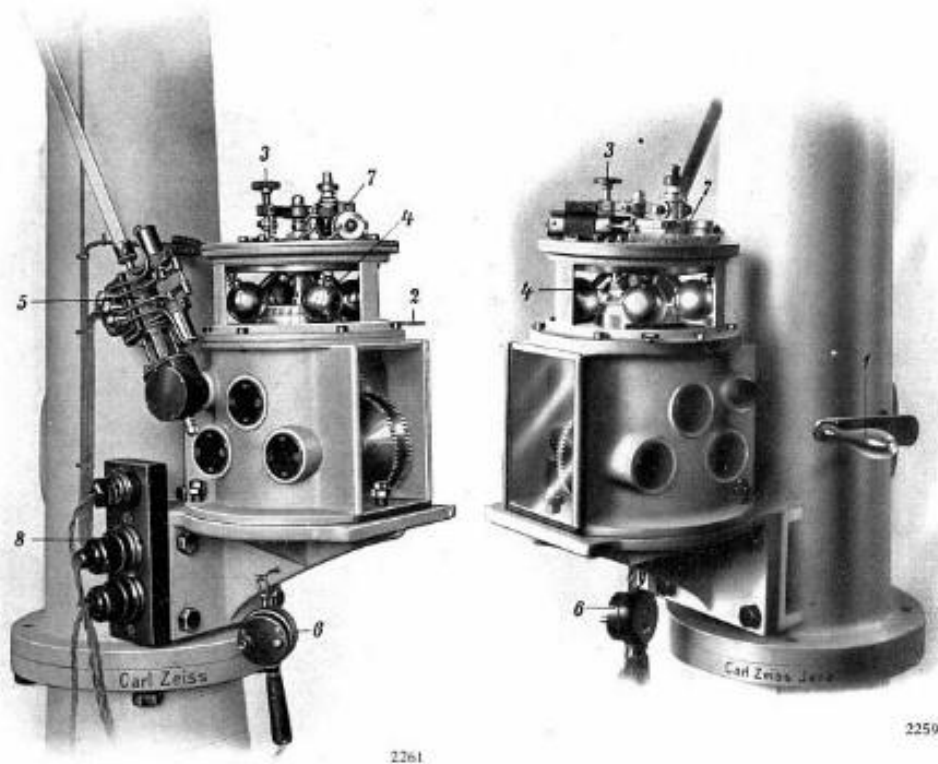
Fonte: Silva, Antonio R., 2024(Silva, 2024g)

2.4.6 Sistema de Acompanhamento ou Motorização

A tecnologia empregada nos telescópios do final do século XIX refletia a preocupação em minimizar os efeitos adversos decorrentes, tanto das condições ambientais dos locais de observação quanto das tensões internas do próprio sistema mecânico. Quando acionado o mecanismo de acompanhamento, o conjunto era submetido às forças geradas pelo sistema de pesos responsável por movimentar o motor. Este, por sua vez, operava segundo um mecanismo de relojoaria, projetado para compensar o movimento de rotação da Terra. Nessa configuração, havia contato direto entre componentes metálicos, exigindo um ajuste preciso das tensões para evitar sobrecargas e assegurar o funcionamento estável do equipamento.

Afinal este é o ponto central da boa fotografia, variações ou vibrações levaria a perda do material fotográfico.³⁶

Figura 24 : Detalhamento do segundo modulo – câmera fotográfica acoplada ao segundo modulo.



Fonte: Archive Carl Zeiss ((Zeiss, 1920), pag. 60)

Tabela 4: Relação dos Elementos Identificados no modulo de motorização da Luneta equatorial do fotoheliografo.

Item	Descritivo	Item	Descritivo
1	engrenagem de enrolamento	6	interruptor para câmera lenta elétrica
2	alavanca estorninho	7	controle de segundos elétricos
3	mudança de velocidade	8	fios de conexão para câmera lenta elétrica, controle de segundos elétricos e arranjos de iluminação no telescópio
4	regulador de fricção	5	câmera lenta elétrica em R.A.
Fonte: Arquivo Carl Zeiss (Zeiss, 1920)			

³⁶ Na pesquisa sobre o sistema de motorização, foi possível identificar qual dos modelos o instrumento possuía.

O sistema atualmente existente, conforme indicado na figura 25, contudo, não se assemelha a nenhum dos modelos observados nos manuais da Zeiss. Segundo a pesquisa realizada, esse sistema apresenta semelhança com o modelo utilizado pela Luneta Equatorial de Steinhell.

Figura 25 : Fotografia apresentando a modificação do sistema de motorização, que foi modificado para a substituição do sistema mecânico para o elétrico.



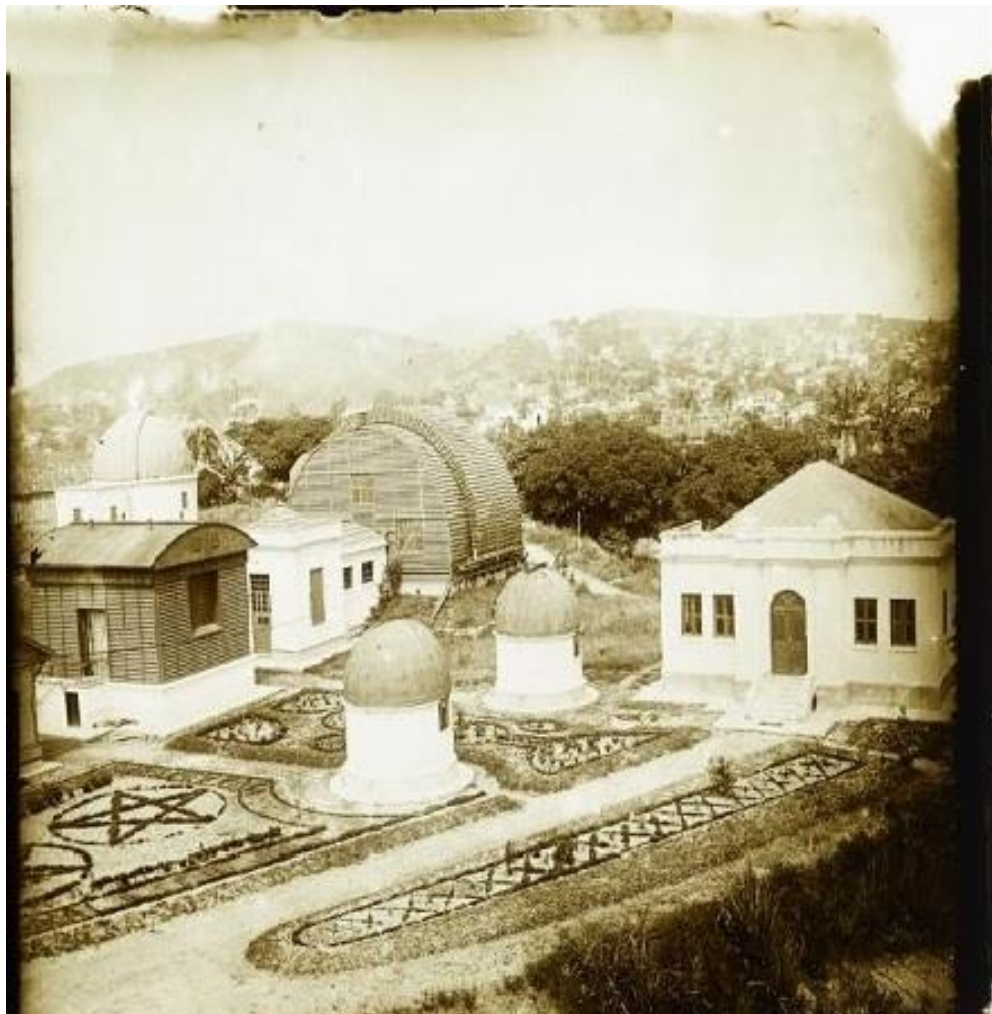
Fonte: Silva, Antonio R., 2024 (Silva, 2024i)

Em momento posterior, o sistema de motorização foi substituído pelo sistema atualmente presente, o qual utiliza um conversor de energia elétrica de 220 V para alimentar um motor de passo, conforme ilustrado na Figura 25. Com o objetivo de evitar perdas por atrito nos mancais, o motor foi alinhado verticalmente ao parafuso sem-fim do círculo máximo.

2.4.7 Cúpula ou Domo de Observação

Na Figura 26, observa-se o campus já construído do Observatório Nacional, desenvolvido sob a coordenação do diretor Henrique Morize. No projeto arquitetônico original, não foram identificadas cúpulas ou domos destinados aos fotoheliografos, uma vez que essas estruturas não constam do projeto inicial (Brito, 2002). As cúpulas foram incorporadas em momento posterior, não documentado. Na Figura 26, observam-se duas estruturas fabricadas pela firma francesa Leduc & Fils, projetadas para abrigar instrumentos de pequeno porte, como as lunetas equatoriais das marcas Zeiss e Steinhell.

Figura 26 : Fotografia do Campus do Observatório Nacional, onde podemos ver no centro da fotografia: as cúpulas menores, onde encontrava-se as lunetas equatoriais dos fotoheliografo da Zeiss e Steinhell, um pouco a esquerda temos as lunetas meridianas: Zenital, Askania, Bamberg e Gaultier.



Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1922. Todos os direitos das imagens são reservados ao Observatório Nacional/MCTI.

As duas cúpulas construídas teriam abrigado os seguintes instrumentos: uma luneta equatorial com fotoheliógrafo da Steinhell, da qual há registros de dois exemplares semelhantes, com placas fotográficas de dimensões distintas (15 × 15 cm e 10 × 10 cm), o que sugere diferenças nas distâncias focais. Uma dessas lunetas teria sido transferida para o campus avançado de Santa Cruz, conforme registrado em boletim da revista do Observatório, redigido pelo diretor L. Cruls. (Cruls et al., 1886) O segundo instrumento seria a luneta equatorial do fotoheliógrafo da Zeiss.

As cúpulas Leduc & Fils instaladas são estruturas metálicas, recobertas externamente por material cimentício e, internamente, por placas metálicas em todo o diâmetro, estruturadas metalicamente em conjunto com o material cimentício. Essas estruturas apresentam raio efetivo relativamente pequeno, com cerca de quatro metros de diâmetro, e orientação arquitetônica otimizada, garantindo uma face norte desobstruída e um alinhamento Leste-Oeste livre de interferências visuais.

Uma das cúpulas Leduc & Fils foi posteriormente demolida, embora as razões para tal decisão não tenha sido encontradas na documentação consultada. Na dissertação da arquiteta e ex-funcionária do MAST, Jusselma Brito (2002), a autora sugere a possibilidade de falha estrutural como causa do desmonte; contudo, não foi localizada documentação que comprove essa hipótese.

A Figura 26, datada de 1922, revela um momento em que o conjunto arquitetônico do Observatório Nacional e o entorno do Morro de São Januário já começavam a ser afetados pelas transformações urbanas em curso na cidade do Rio de Janeiro. O processo de modernização urbana do Rio de Janeiro nas primeiras décadas do século XX produziu transformações ambientais profundas que impactaram diretamente a prática astronômica desenvolvida pelo Observatório Nacional. O desmonte do Morro do Castelo provocou o deslocamento de parte da população residente nas imediações, transferida tanto para áreas próximas quanto para regiões mais afastadas, como a Praça da Bandeira e adjacências. Nesse contexto, a cidade apresentava-se altamente dinâmica e atrativa, marcada por profundas modificações em seu tecido urbano. Nos primeiros vinte anos do século XX, o Rio de Janeiro duplicaria sua ocupação urbana, o que alterou significativamente a configuração da cidade. O crescimento demográfico acelerado, a expansão industrial, as reformas urbanas e a ampliação dos sistemas de iluminação pública alteraram significativamente as propriedades físicas da

atmosfera e as condições de escuridão do céu noturno. Essas mudanças ocorreram simultaneamente à consolidação internacional da astrofísica, campo que impunha exigências crescentes de estabilidade atmosférica, transparência e baixa luminosidade de fundo. (“Sinopse do Censo Demográfico 2010”, [s.d.]).

Entre os fatores ambientais frequentemente subestimados nesse processo encontra-se a degradação das áreas florestais no entorno da cidade. A expansão urbana e o incremento populacional pressionaram encostas, morros e áreas periféricas, resultando em desmatamento progressivo. A redução da cobertura vegetal impactou diretamente o microclima regional, modificando regimes de umidade, temperatura e circulação local de ventos. A supressão florestal favoreceu o aumento da erosão, a elevação de poeiras em suspensão e a maior incidência de material particulado na atmosfera urbana. A vegetação, que desempenha papel fundamental na retenção de partículas e na regulação térmica, deixou de atuar como elemento estabilizador do sistema atmosférico local.

Paralelamente, a poluição química resultante da queima de carvão mineral, das atividades portuárias, das indústrias emergentes e do crescimento do tráfego urbano elevou a concentração de aerossóis e gases na atmosfera. Do ponto de vista físico, esses elementos intensificam os processos de espalhamento e absorção da radiação luminosa, reduzindo a transparência atmosférica. O aumento do espalhamento molecular e por partículas, eleva o brilho difuso do céu e diminui o contraste entre os corpos celestes e o fundo noturno. Como consequência, observa-se redução da magnitude limite detectável, perda de definição em objetos de baixo brilho superficial, como nebulosas e galáxias, e comprometimento da precisão em observações fotográficas e espectroscópicas.

A intensificação das chamadas ilhas de calor urbanas, agravada pela substituição de áreas vegetadas por superfícies construídas, contribuiu para maior instabilidade térmica da coluna atmosférica. A turbulência resultante deteriora o “seeing”³⁷ astronômico, reduzindo a resolução angular possível aos instrumentos ópticos. Assim, não apenas a transparência, mas

³⁷ O *seeing* astronômico refere-se à qualidade da imagem obtida por um telescópio em função da estabilidade da atmosfera. A turbulência atmosférica provoca variações no índice de refração do ar, distorcendo a frente de onda da luz proveniente dos astros. Como resultado, as imagens apresentam cintilação e perda de nitidez, reduzindo a resolução angular alcançável pelo instrumento. O *seeing* é geralmente medido em segundos de arco, indicando o grau de borramento da imagem estelar. Trata-se de um parâmetro fundamental para a escolha de locais destinados à instalação de observatórios astronômicos.

também a estabilidade da atmosfera foi afetada pelas transformações ambientais associadas ao crescimento da cidade.

A ampliação da iluminação elétrica urbana, gerada pela queima de material combustível, introduziu ainda um componente adicional de degradação: a poluição luminosa. A luz artificial emitida por luminárias públicas e privadas, ao interagir com moléculas do ar e com os particulados em suspensão, produz o fenômeno do brilho artificial do céu (*skyglow*³⁸). A interação entre desmatamento, poluição química e iluminação artificial possui caráter cumulativo: maior presença de partículas implica maior eficiência no espalhamento da luz, intensificando o fundo luminoso e reduzindo drasticamente a visibilidade de estrelas de fraca magnitude.

Esse conjunto de fatores ambientais afetou profundamente a prática observacional. Observações de longa exposição tornaram-se menos eficientes, medições fotométricas perderam precisão e programas sistemáticos enfrentaram limitações crescentes. Em contraste, observatórios internacionais passaram a buscar regiões montanhosas, áridas e afastadas de grandes centros urbanos. O caso carioca evidencia, portanto, um descompasso entre as exigências técnicas da astronomia moderna e as condições ambientais produzidas pelo avanço urbano.

A degradação do céu noturno do Rio de Janeiro deve, assim, ser compreendida como resultado articulado de processos urbanos e ecológicos: desmatamento, poluição atmosférica e intensificação da iluminação artificial. Mais do que um efeito colateral do progresso, tratou-se de uma transformação estrutural que condicionou práticas científicas, redefiniu possibilidades instrumentais e estabeleceu limites concretos à observação sistemática na ex-capital brasileira. O céu, elemento fundamental da infraestrutura epistemológica da astronomia, tornava-se progressivamente mais instável, turvo e luminoso, comprometendo a inserção competitiva da instituição no cenário científico internacional. Tanto o Dr. Luis Cruls e H. Morize, tinham conhecimento e compreensão desta situação. (Morize, 2019), (Barreto,

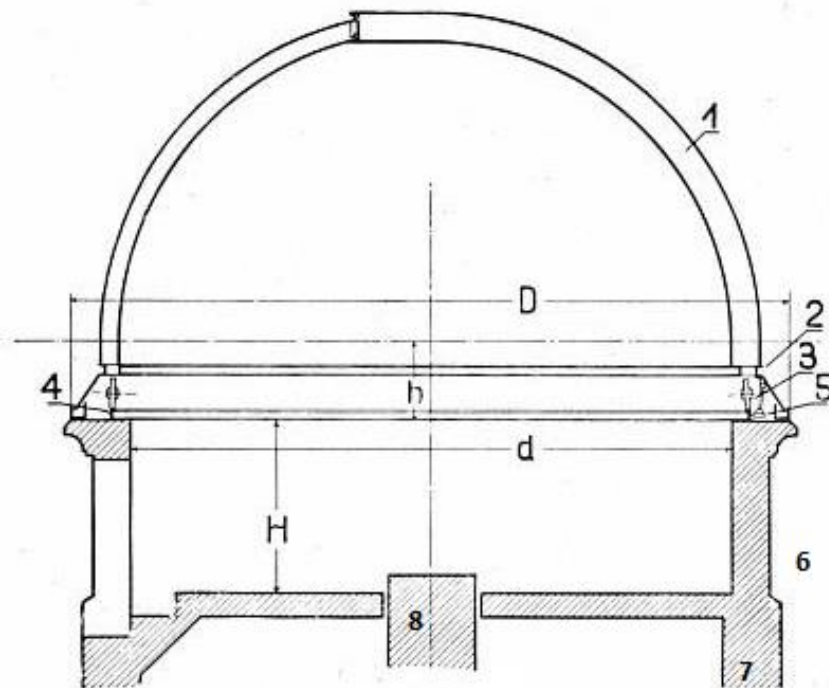
³⁸ O “*skyglow*” corresponde ao brilho artificial do céu noturno provocado pela dispersão da luz emitida por fontes urbanas. Essa luz, ao ser espalhada por moléculas do ar e por partículas em suspensão, cria uma luminosidade difusa que eleva o fundo celeste. O fenômeno é intensificado pela presença de poluição atmosférica, que aumenta a eficiência do espalhamento. Como consequência, reduz-se a magnitude limite observável e o contraste de objetos de baixo brilho superficial. Trata-se de um dos principais fatores contemporâneos de degradação das condições astronômicas em centros urbanos.

1987; Gama, 1978; Videira, 2002) (The right to dark skies / El derecho a los cielos oscuros, 2016)

O projeto da construção do campus do Observatório não apresenta uma descrição das plantas das duas cúpulas menores, assim como do seu sistema construtivo. Nas plantas existentes do Campus, todas os pavilhões apresentam-se documentados inclusive da Luneta Foto Equatorial, que apresenta uma assinatura eclética e francesa. A descoberta de uma planta ou descrição do sistema construtivo da Cúpula do fotoheliografo contribuirá para dissipar estas dúvidas. (Alves, 2009)

A Luneta Equatorial do fotoheliografo encontra-se inserido em uma cúpula de observação, construído de acordo com a suas dimensões, sendo um domo de aproximadamente quatro metros de diâmetro, sua cobertura em formato semiesférico de estrutura metálica, revestida de chapa metálica tendo uma abertura (trapeira) de manejo manual. A cúpula/domo do instrumento, segue um padrão bem conhecido para construções de pequeno porte para observatórios, de acordo com a Zeiss, como podemos observar na figura 29, onde temos um domo ou cúpula de pequeno porte.

Figura 27 : Cúpula/Domo de 3 a 6 metros - padronizado da Zeiss Group.



Fonte: Zeiss Group, 1905., Documento extraído de:

Tabela 5: Identificação dos elementos da Cúpula.

Item	Descritivo	Item	Descritivo
H	Altura da cumeeira da parede acima do piso	3	Rolos apoiados em rolamentos de esferas, fixados à cúpula
h	Altura do centro da cúpula acima do pico da parede	4	Trilho fixado à alvenaria
D	Diâmetro Externo	5	Rolos laterais
d	Diâmetro Interno	6	Estrutura de Alvenaria
1	Trepaduras de ferro	7	Fundação em Alvenaria
2	Coroa de ferro da cúpula	8	Base em Alvenaria Isolada da estrutura da Cupula.
Fonte: Arquivo Carl Zeiss (Zeiss, 1920)			

Na figura 27, temos os dados de projeto para uma cúpula construída pela Zeiss Group, que apresenta diferenças construtivas com a existente da firma Leduc & Fils, Detalhamento da estrutura do domo, pode variar de acordo com o tipo de abertura, assim como o tipo de material a ser utilizado, neste desenho não fica explicitado parte do escoamento de chuva ou neve, que as cúpulas possuem, assim como os engates de interligação do sistema de abertura da trapeira, nem como o sistema de movimentação do domo. Não fui encontrado documentos ou plantas referentes as interligações mecânicas para a abertura da trapeira ou da movimentação do domo. De acordo como o diâmetro (D) da cúpula, podemos ter diferentes elementos de suporte do domo, assim como de materiais utilizados.

Na figura 28 observamos a cúpula do fotoheliografo o domo pintado de uma cor escura em forte contraste com as paredes da cúpula, talvez indicando o uso de uma tinta de proteção. Na figura 29, observamos a imagem da cúpula, já com as cores do domo pintadas na cor branca, o que favorece a diminuição da temperatura interna da cúpula.

Ao mesmo tempo devemos observar na figura 28, a falta de arvores instaladas ao redor dos equipamentos, atualmente observamos na figura 29, encontramos diversas mangueiras, jabuticabeiras e outras espécies de arvores. Iremos detalhar uma espécie arbórea, que são as mangueiras arvores frondosas podendo atingir até 30 metros de altura, as raízes da mangueira são do tipo pivotante, o que significa que possuem uma raiz principal que se aprofunda bastante no solo (aproximadamente 1/3 do brotamento), proporcionando boa sustentação à árvore e permitindo que ela sobreviva em períodos de seca. Elas também podem se estender

lateralmente, alcançando até 2 metros de distância do tronco, especialmente no sentido da entrelinha, facilitando a absorção de água e nutrientes. (“Embrapa”, [S.d.]).

Na dissertação da ex-funcionária e arquiteta Jusselma Brito está apresentava o alerta sobre o processo de infiltração no solo, das raízes das arvores, que poderia provocar desnivelamento do solo e consequentemente rachaduras nos pavilhões das cúpulas. (Brito, 2002)

Devemos ressaltar que apesar da grande quantidade de arvores atualmente existentes e as alterações na região, ainda assim o equipamento dispõe de um ângulo estimado de 120° de observação solar no alinhamento Leste-Oeste, apesar da face Norte apresentar já um significativo comprometimento devido a cobertura vegetal. Logo o instrumento é viável de observação, executando os processos de manutenção cotidiana e limpezas adequados.

Figura 28 :Cúpula da Luneta equatorial do foteheliografo, no campus do ON



Fonte: Autor Desconhecido, Cúpula da Luneta do Photoheliografo, Todos os direitos de imagem, pertencem ao Observatório Nacional/MCTi

Figura 29 : Cúpula da Luneta equatorial do foteheliografo, no campus MAST/ON.



Fonte: Silva, Antonio R., Fotografia da Cúpula, 2024

Em função da musealização dos objetos e dos protocolos para a sua preservação física, o acesso ao mesmo foi limitado durante o período desta pesquisa, e consequentemente as análises relativas à sua estrutura e funcionamento basearam-se também nas informações obtidas por meio de pesquisa nos arquivos do fabricante. Deste modo, existem lacunas de informação que só serão preenchidas em outro momento, em futuras pesquisas.

3. O Fotoheliografo e o desenvolvimento da Astronomia.

Ao observar as fotografias do instrumento e da cúpula, identificam-se marcas do tempo. No entanto, tais registros visuais não permitem apreender o passado nem as ações das quais esse instrumento participou ou para as quais foi empregado. Nesse sentido, torna-se necessário recorrer aos arquivos do Observatório Nacional, bem como a outros acervos documentais, com o objetivo de reconstruir sua trajetória histórica.

3.1 Observando o Sol no Império

A astronomia no Brasil, no final do século XIX e no início do século XX, apresentava-se dividida entre observações meridianas e extrameridianas. Essa distinção justificava-se pelo fato de que, naquele período, a astronomia se concentrava predominantemente na determinação das posições relativas dos astros, seja em relação a outros corpos celestes, seja tomando como referência a posição do observador. (Barreto, 1987).

O segundo diretor do Imperial Observatório, Antônio Manoel de Mello (1802–1886), representa mudanças relevantes na condução administrativa e científica da instituição, alinhadas às demandas estratégicas do Império, especialmente no que se refere às observações astronômicas aplicadas, à padronização das práticas científicas e ao fortalecimento do papel institucional da astronomia no país. (Morize, 2019)

Qual era a motivação e a demanda para a observação de um eclipse solar? No final do século XIX e nas primeiras décadas do século XX, a observação de eclipses solares consolidou-se como uma das práticas científicas mais estratégicas da astronomia e da nascente astrofísica. Esses eventos configuravam-se como verdadeiros “experimentos naturais”, nos quais condições observacionais extremamente raras tornavam acessíveis fenômenos solares que permaneciam invisíveis em circunstâncias ordinárias. A ocultação completa do disco solar durante um eclipse total permitia o estudo sistemático da cromosfera, das proeminências e, sobretudo, da coroa solar, cujas propriedades físicas, extensão, estrutura filamentar, variabilidade temporal e relação com o ciclo de manchas, constituíam problemas centrais da física solar. Nesse contexto, a demanda científica por eclipses estava diretamente vinculada à transição epistemológica da

astronomia do século XIX, cada vez menos centrada na determinação precisa de posições e cada vez mais orientada à compreensão da natureza física dos corpos celestes. O eclipse oferecia, assim, uma oportunidade única de aplicar técnicas inovadoras, como a espectroscopia e a fotografia astronômica, à investigação do Sol, transformando-o em um objeto de laboratório físico. A identificação de linhas espectrais desconhecidas na coroa, a tentativa de correlacionar a atividade solar com fenômenos terrestres — como tempestades magnéticas e variações ionosféricas — e a busca por modelos explicativos para a origem e a dinâmica da coroa solar justificavam o elevado investimento financeiro, logístico e humano mobilizado por essas expedições, frequentemente organizadas com anos de antecedência e envolvendo múltiplas instituições. (Barboza, 2010a)

Paralelamente às motivações estritamente científicas, as observações de eclipses solares respondiam a uma forte demanda instrumental e institucional, inserida em um contexto de profissionalização e internacionalização da ciência. As expedições eclipsais funcionavam como espaços privilegiados para o teste, a calibração e a legitimação de novos instrumentos e métodos observacionais, como telescópios portáteis de grande abertura, lunetas equatoriais, espectrógrafos de alta dispersão, câmeras fotográficas especialmente adaptadas e mecanismos de acompanhamento preciso do movimento aparente do Sol. O sucesso ou fracasso desses instrumentos em condições extremas tornava-se um critério fundamental de avaliação técnica e científica. Além disso, os eclipses estimulavam a padronização de procedimentos, a comparação sistemática de dados e a cooperação entre observatórios de diferentes países, fortalecendo redes científicas internacionais e reforçando a autoridade dos centros envolvidos. Do ponto de vista político e simbólico, a participação nas expedições constituía um poderoso marcador de modernidade científica. Para nações que buscavam afirmar-se no cenário internacional, como os países da América Latina no período republicano, sediar ou organizar observações de eclipses era uma forma de demonstrar domínio técnico, capacidade organizacional e alinhamento com as práticas da ciência contemporânea. Assim, os eclipses solares tornaram-se não apenas eventos científicos, mas também instrumentos de legitimação institucional, de negociação de recursos públicos e de construção da identidade científica nacional. (Crispino, 2020)

No início do século XX, essa centralidade dos eclipses solares adquiriu uma dimensão ainda mais profunda com o surgimento de questões teóricas fundamentais na física, especialmente após a formulação da Teoria da Relatividade Geral por Albert Einstein (Dahmen, 2022), em 1915. A previsão do desvio da luz das estrelas ao passar nas proximidades do campo gravitacional do Sol transformou o eclipse total em um experimento decisivo para a validação empírica de uma nova concepção de espaço, tempo e gravitação. Pela primeira vez, um evento astronômico periódico assumia o papel explícito de teste crítico de uma teoria física de alcance universal (Videira, 2016). As expedições organizadas para observar eclipses nas décadas seguintes, com destaque para as de 1919, não surgiram de forma isolada, mas apoiaram-se em uma longa tradição observacional, instrumental e metodológica construída ao longo do final do século XIX. A confiança na fotografia astronômica, o refinamento dos métodos de medida, a experiência logística acumulada e a autoridade científica dos observatórios envolvidos foram condições indispensáveis para que o eclipse pudesse ser reinterpretado como um experimento de física fundamental. Nesse sentido, a observação dos eclipses passou a ocupar uma posição singular na história da ciência: ao mesmo tempo em que preservava práticas herdadas da astronomia clássica e da astrofísica emergente, tornou-se o palco privilegiado de uma ruptura conceitual profunda, na qual o céu deixou de ser apenas um objeto de observação para converter-se em um espaço experimental capaz de testar as bases teóricas da própria física moderna.

A observação do eclipse solar em território brasileiro, era coberto de uma maior significância, em termos de recursos e prestígio, para a instituição anfitriã, o Observatório Nacional. A organização de uma expedição astronômica reflete não apenas a competência técnica da comissão, mas, sobretudo, a capacidade de liderança na articulação de diferentes elementos, tais como logística, domínio técnico, influência política, recursos financeiros e a infraestrutura do local destinada a receber um contingente de pessoas de diferentes nacionalidades e idiomas, reunidas com um único propósito, observar um evento astronômico de grande relevância. Para a instituição anfitriã, tal empreitada resulta em projeção e fortalecimento de sua capacidade de articulação em uma perspectiva internacional. (Barboza, 2010b)

3.2 Porque, quando e como chegou o Fotoheliografo da Zeiss

Na engenharia, constitui prática corrente, no âmbito de projetos ou equipamentos, a elaboração de documentação, como manual do equipamento, manuais de uso, roteiros de utilização, entre outros. Ao longo do tempo, identificou-se que todo instrumento inserido em uma ação específica deve apresentar uma documentação tão precisa quanto possível, de modo a contemplar as diversas operações necessárias à sua correta utilização.

Quando a professora Cristina Barbosa afirma que “o historiador é um detetive”, revela-se, certamente, uma faceta até então pouco evidente, uma vez que, conforme mencionado no primeiro parágrafo desta seção, não dispor de documentação sobre um instrumento equivale, em certa medida, à inexistência do próprio instrumento, é a inferência a partir do processo comparativo com outros semelhantes, mas sem revelar as etapas e processos para o uso deste instrumento.(Barboza, 1997)

Um dos objetivos iniciais deste projeto, em novembro de 2023, consistia em responder a um conjunto de questões relacionadas ao instrumento. Diante das limitações encontradas nas fontes de pesquisa, muitas das questões inicialmente formuladas ainda não puderam ser respondidas, outras porém se mostraram pertinentes diante do contexto do projeto, entre elas, destacamos: por que um instrumento como o fotoheliógrafo foi adquirido? Por que a Zeiss? Quando ocorreu essa aquisição e por quais razões? Qual era o objetivo de sua incorporação? Destinava-se a substituir algum equipamento preexistente? De que forma se deu o processo de compra?

Essas podem ser consideradas as perguntas mais elementares que se poderia formular acerca do instrumento. Contudo, há ainda outras, talvez mais pertinentes. Uma vez adquirido, em que contexto esse instrumento foi utilizado? Ou não utilizado ? e o porquê de não ter sido utilizado ? De que maneira contribuiu para as pesquisas no campo da física solar?

A busca por respostas a essas questões envolveu o levantamento de informações nos arquivos do Observatório Nacional, atualmente depositados no Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), bem como a consulta a documentos produzidos por terceiros e a materiais disponíveis em bibliotecas especializadas. Esperava-se, ainda, localizar registros

sistematizados nas bases de dados do MAST, o que não se configurou como uma alternativa consistente.

3.3 Talvez o início da História.

Em 25 de agosto de 1911, o Observatório Nacional do Rio de Janeiro emitiu uma carta direcionada à firma alemã C. A. Steinhell & Söhne, na qual se informa que dois equipamentos haviam sido encaminhados para reparo pela firma Janowitz, Vahle & Cia., desta cidade, para a empresa Theiner & Janowitz, sediada em Hamburgo, Alemanha. Ambos os equipamentos eram de fabricação da Steinhell.

Nesse ofício, o diretor do Observatório Nacional, Henrique Morize, indica que o referido material deveria ser reparado em tempo hábil para a observação do eclipse total do Sol, prevista para outubro de 1912. Esse documento encontra-se reproduzido no Anexo A, Figura 49. (BRASIL, 1911)

Como já mencionado na seção dedicada aos instrumentos existentes no Imperial Observatório, é necessário considerar que essa instituição dispunha dos seguintes equipamentos: um celóstato e duas lunetas foto-heliógrafas da marca Steinhell, além de um conjunto de acessórios, como espectrômetros, cronógrafos, entre outros. Esse conjunto de instrumentos foi utilizado em eventos anteriores e seria empregado, ao longo do tempo, na observação de eclipses e de trânsitos.

Passa-se, então, a considerar que o próximo evento astronômico de duração observacional, de aproximadamente dois minutos, seria o eclipse solar total de 1912, que ocorreria na região central do Brasil, no estado de Minas Gerais, no município de Passa Quatro. Coube ao Observatório Nacional e, em particular, ao seu diretor, Henrique Morize, atuar como instituição anfitriã e coordenar a realização desse evento.

Nessa condição, a ausência dos equipamentos necessários para a realização das medições teria sido, certamente, embaraçosa, somando-se à constante disputa por recursos junto ao governo federal para a viabilização da empreitada. Acresce-se a isso a demanda de acesso aos pontos de observação por diversas equipes de diferentes nacionalidades, motivadas não

apenas pelo evento em si, um eclipse solar total com cerca de dois minutos de apagamento completo do disco solar, mas também pela expectativa, então extraordinária, de testar e aferir parâmetros associados à possível comprovação da Teoria da Relatividade Geral, proposta por Albert Einstein (Barboza, 2012)

Assim, a pesquisa nos arquivos do Observatório Nacional teve como objetivo identificar documentação referente a instrumentos da empresa Carl Zeiss, como ofícios e correspondências emitidas ou recebidas no período de 1900 a 1921, com especial atenção ao processo de aquisição do fotoheliógrafo da Zeiss. Havia, na base museológica do MAST, a indicação de que o referido processo de aquisição dataria de agosto de 1911; contudo, tal informação não estava associada a qualquer documento específico, como ofício, carta ou outro registro administrativo. Desse modo, tratava-se de mais uma referência lacunar no acervo museológico.

Nos arquivos do Observatório Nacional, contudo, localizou-se o Ofício sem número, mas emitido pelo diretor do observatório, ver Anexo A 1, (BRASIL, 1911), destinado ao Inspetor do Porto do Rio de Janeiro, no qual se comunicava a chegada de material identificado como Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo, transportado pelo vapor Hamburgo, em 12 de janeiro de 1912. O documento menciona explicitamente a fatura n. 1281 e solicita o apoio do referido inspetor para viabilizar o processo de entrada do equipamento no país.

À primeira vista, esse documento poderia ser interpretado como o registro oficial da chegada do instrumento ao Brasil. Nesse caso, infere-se que o fotoheliógrafo teria sido adquirido aproximadamente seis meses antes de sua entrada no Porto do Rio de Janeiro, situando a compra em torno de julho de 1911. Tal cronologia mostra-se compatível com a referência presente na documentação museológica do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), ainda que esta não indique, de forma direta, a fonte documental que a sustente.

A surpresa emerge, contudo, quando, em outro ofício, (ver figura 48) datado de 14 de março de 1911 (BRASIL, 1911), encontra-se o diretor do Observatório Nacional, Henrique Morize, solicitando auxílio para o transporte do fotoheliógrafo da Carl Zeiss, agora na remessa do instrumento à fábrica da própria Carl Zeiss, em Jena, para reparos decorrentes de problemas de alinhamento do eixo óptico, ou seja, a quanto tempo este equipamento encontrava-se no Observatório ? Quando ele chegou ? Esse registro desloca a possível data de aquisição para

um período anterior, aproximadamente seis a doze meses antes, situando-a em torno de 1909 ou 1910.

Em novo ofício, de 26 de setembro de 1912 (BRASIL, 1912), localiza-se novamente Henrique Morize solicitando auxílio no processo de liberação de um fotoheliógrafo no Porto do Rio de Janeiro. O documento alerta que o referido material seria utilizado na observação do eclipse total do Sol em Passa Quatro, Minas Gerais, previsto para o dia 10 de outubro de 1912, portanto, a apenas quatorze dias do evento. Nesse caso, permanece a ambiguidade quanto à identidade do equipamento, não sendo possível determinar, de forma inequívoca, se se tratava do instrumento da Carl Zeiss ou de um dos fotoheliógrafo Steinhell em processo de retorno ao país.

A sobreposição temporal desses registros evidencia as dificuldades inerentes à reconstrução da trajetória material de instrumentos científicos, especialmente quando a documentação administrativa não distingue, de forma precisa, equipamentos de diferentes fabricantes, tampouco explicita números de série, características técnicas detalhadas ou descrições individualizadas dos aparelhos. Nessa circunstância, os ofícios passam a registrar predominantemente o movimento administrativo dos instrumentos, como envio, retorno, liberação alfandegária e solicitação de reparos, mais do que sua identidade material inequívoca.

Essa ambiguidade documental torna-se ainda mais significativa quando se considera que o Observatório Nacional dispunha, simultaneamente, de mais de um fotoheliógrafo em operação, provenientes de distintas casas fabricantes e empregados em campanhas observacionais sucessivas. Assim, a simples menção a um “fotoheliógrafo” em determinados documentos não permite, por si só, identificar se se trata do instrumento da Carl Zeiss ou de um Steinhell, sobretudo em situações de retorno de equipamentos após reparos no exterior ou de remessas realizadas em caráter de urgência.

Dessa forma, a análise desses documentos exige uma leitura cruzada, na qual os ofícios não são tomados como registros conclusivos, mas como indícios parciais de um processo mais amplo de circulação, uso e manutenção de instrumentos científicos. Essa condição reforça a compreensão de que a história desses instrumentos não pode ser reconstruída apenas a partir de registros administrativos isolados, demandando a articulação entre fontes arquivísticas,

inventários museológicos, relatos institucionais e o contexto científico específico. No caso em análise, destaca-se a preparação do Observatório Nacional para a observação do eclipse total do Sol de 1912, circunstância que condicionou decisões administrativas, logísticas e técnicas relativas à circulação e ao uso desses equipamentos

O conjunto de documentos analisados, composto por ofícios e cartas emitidos ou recebidos pelo Observatório Nacional, não permitiu identificar, de forma conclusiva, os motivos que orientaram a aquisição do instrumento. No entanto, é plausível considerar que sua concepção modular, aliada à necessidade imediata de dispor de instrumentos adequados para a observação de determinados eventos astronômicos, tenha constituído um fator relevante para sua incorporação. Tampouco foi possível determinar quais garantias esse tipo de equipamento oferecia ou em que medida se distinguia, do ponto de vista técnico ou operacional, dos instrumentos produzidos por outros fabricantes.

A Carl Zeiss dispunha, à época, de lunetas com aberturas de 10 e 15 cm, bem como de uma linha de acessórios, que incluía câmeras fotográficas e espectroscópios. Nesse contexto, a aquisição do instrumento pode ser interpretada como uma solução circunstancial, orientada pelas exigências específicas do momento e pelas necessidades observacionais imediatas da instituição.

Em diversos documentos consultados no arquivo institucional do Observatório Nacional, observa-se que os diretores da instituição solicitavam o auxílio da Inspetoria do Porto do Rio de Janeiro para que materiais destinados ao Imperial Observatório ou ao próprio Observatório Nacional, identificados pelas siglas IORJ ou ON, fossem devidamente encaminhados à instituição. No entanto, a documentação não permite identificar o conteúdo das caixas despachadas, uma vez que a conferência do material, assim como a confirmação de sua chegada, ocorria apenas após sua entrada nas dependências do Imperial Observatório ou do Observatório Nacional.

No catálogo de instrumentos e acessórios do Observatório Nacional, datado de 1921 e posteriormente de 1924, consta a relação dos seguintes materiais: dois foteheliografos da Steinhell e um foteheliógrafo da Zeiss. Este último encontra-se referenciado pela codificação interna do Observatório como 87.040 e pelo número de fabricação da Zeiss 6618, conforme documento apresentado no Anexo A, Figura 51 (BRASIL, 1921; 1924).

A identificação desse número de fabricação suscita, entretanto, uma série de indagações. Não é possível determinar se tal numeração se refere ao conjunto completo do instrumento ou a uma de suas partes específicas, como a objetiva, a câmera fotográfica ou outro componente. A documentação consultada não esclarece essa questão. Pesquisa realizada no Zeiss Archive indica que o número 6618 não corresponde ao número de série da câmera fotográfica do foteheliógrafo, entendida como um acessório, tampouco à objetiva ou à ocular. Assim, permanece em aberto o significado dessa numeração no contexto da catalogação do instrumento.

3.4 A participação no Eclipse Solar Total em Passa-Quatro – Minas

Antes de entrarmos na questão do eclipse de Passa Quatro, temos a seguinte questão básica a ser respondida. O que é um eclipse ? De forma simples e em termos técnicos, um eclipse ocorre quando um objeto celeste, como um planeta, uma lua ou uma estrela, interpõe-se na linha de visada de outro corpo celeste. Dessa maneira, não existem apenas eclipses solares, mas também eclipses lunares. Há, ainda, outras denominações, como trânsito ou ocultação.

No caso particular do eclipse solar, a Lua posiciona-se à frente do Sol, bloqueando sua luz de forma total ou parcial³⁹. Durante um eclipse solar total, observa-se um fenômeno singular: a visualização da camada externa do Sol, que se torna perceptível em razão dessa interposição. Essa camada é denominada coroa solar⁴⁰, normalmente invisível devido à intensa luminosidade do disco solar.(Oliveira Filho, 2018)

No século XIX, a observação da coroa solar somente era possível durante os eclipses totais do Sol. Esses eventos proporcionavam uma oportunidade singular para os astrônomos testarem as efemérides, entendidas como tabelas que indicam a posição dos corpos celestes, avaliarem métodos de cálculo astronômico, estudarem a estrutura da coroa solar e analisarem a dinâmica

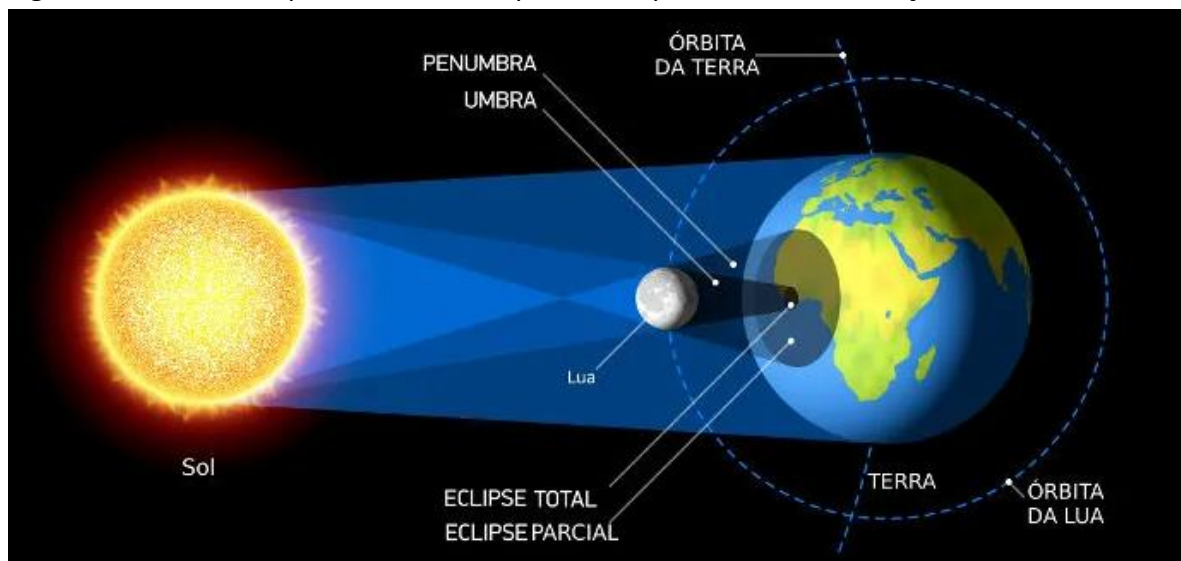
³⁹ A diferença entre eclipse solar total e eclipse solar parcial está na região da sombra da Lua que atinge o observador na Terra. Favor olhar as figuras 30 e 31, sobre esta questão.

⁴⁰ A Coroa Solar é a camada mais externa, extremamente quente e rarefeita, estendendo-se por milhões de quilômetros e intimamente ligada à atividade magnética e ao vento solar.

dos corpos celestes envolvidos, a saber, Terra, Lua e Sol, nesse movimento complexo e sincronizado.

As faixas de observação dos eclipses solares resultam diretamente da geometria do alinhamento entre o Sol, a Lua e a Terra, bem como da projeção das sombras da Lua sobre a superfície terrestre. Durante um eclipse solar, a Lua projeta duas regiões principais de sombra, a umbra, correspondente à sombra total, e a penumbra, associada à sombra parcial, sendo a primeira responsável pela chamada faixa de totalidade (ver Figura 32 e 33). Essa faixa corresponde a uma região estreita e alongada da superfície terrestre, uma vez que o diâmetro da Lua é inferior ao da Terra e sua sombra alcança o planeta de forma limitada, permitindo a observação do eclipse total apenas aos observadores nela situados, inclusive de fenômenos associados, como a visualização da coroa solar.

Figura 30 : Desenho apresentando os tipos de eclipses e as denominações das sombras.



Fonte: Astronomia e Astrofísica, Eclipses, página do Instituto de Física, Departamento de Astronomia, UFRGS. (Oliveira Filho, 2018) (“Astronomy Simulations and Animations”, [S.d.])

A largura e o traçado dessa faixa variam conforme a distância entre a Terra e a Lua no momento do eclipse e resultam da combinação dos movimentos de rotação da Terra, da translação da Lua em torno da Terra e do deslocamento do sistema Terra e Lua em torno do Sol, o que produz uma trajetória contínua da sombra lunar sobre o globo terrestre. (Oliveira Filho, 2018)

Fora da faixa de totalidade, nas regiões atingidas pela penumbra, observa-se apenas o eclipse solar parcial, perceptível em áreas geograficamente muito mais extensas. Dessa forma, a compreensão das faixas de observação fundamenta-se na escala relativa dos corpos celestes

envolvidos e na dinâmica orbital do sistema, conforme ilustrado na Figura 32, permitindo explicar o caráter localizado, raro e cientificamente relevante dos eclipses solares.

Figura 31 : Imagem do Eclipse Solar de 11 de agosto de 1999, observado pela estação espacial internacional (ISS).

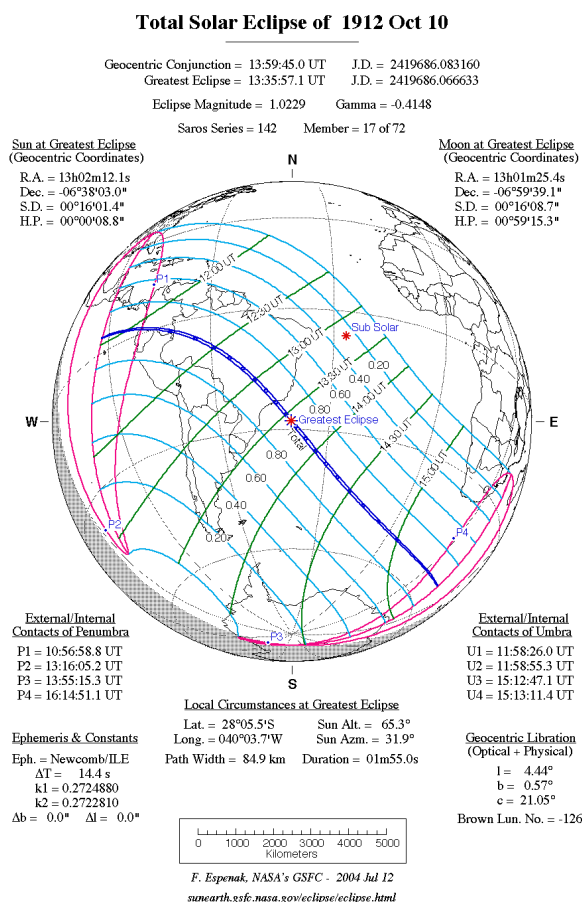


Fonte: NASA, 2009, disponibilizado em <https://astro.unl.edu/classaction/images/lunarcycles/solareclipse1999mir.html>. Acessado em 26.05.2024 (“Solar eclipse from MIR 1999”, 1847)

Em 12 de outubro de 1912 ocorreu um eclipse total do Sol, cujo máximo se deu às 13h59min UT, com duração da fase de totalidade de 1 minuto e 55 segundos e uma faixa de totalidade com aproximadamente 85 quilômetros de largura. Esse eclipse, conforme ilustrado na Figura 34, apresenta um mapa característico no qual a área de totalidade (linha tracejada em azul) abrangeu o território brasileiro e partes da América Latina, especificamente regiões do Peru e da Colômbia.

O eclipse apresentou um curto período de observação, com aproximadamente 1 minuto e 55 segundos de ocultação do Sol pela Lua. A equipe brasileira posicionou-se em dois pontos de observação, um no município de Silveira e outro em Passa Quatro, ambos localizados no estado de Minas Gerais, com o objetivo de realizar as observações astronômicas.

Figura 32 : Mapa com as efemérides do Eclipse de 1912 [5]. A linha central (azul escuro) mostra o caminho percorrido pela sombra do Sol durante o evento. No Observatório Nacional o eclipse foi quase total, mais de 95% do disco foram encobertos pela Lua.



Fonte: NASA, 2024

O município de Passa Quatro insere-se em uma região de clima tropical de altitude, por situar-se na Serra da Mantiqueira, a uma altitude média de 938 metros e cercado por elevações que atingem cerca de 2.000 metros. As temperaturas médias são mais baixas no inverno e relativamente amenas no verão, em função de sua posição geográfica serrana. Os verões caracterizam-se pela ocorrência de chuvas, enquanto os invernos são secos e frios, com registros frequentes de geadas, associados à redução das precipitações entre o final de março e o final de junho. As estações do outono e da primavera configuram-se como períodos de transição entre o inverno e o verão e vice-versa. (“IBGE | Cidades@ | Minas Gerais | Passa Quatro | Panorama”, 2025)

Em razão da importância do evento no meio científico, seis expedições estrangeiras dirigiram-se à região da Serra da Mantiqueira com o objetivo de observá-lo, às quais se somaram três expedições organizadas por instituições científicas brasileiras. No dia do eclipse, registrou-se ainda a presença do presidente da República, Hermes da Fonseca, acompanhado por uma comitiva integrada por ministros de Estado. (Barboza; Damasceno; Barbosa, 2012)

A observação da coroa solar ampliava significativamente o escopo das investigações científicas associadas aos eclipses totais. Para além da astrometria, essas observações incorporavam questões centrais da astrofísica nascente, como a determinação da composição química do Sol por meio da análise espectral da coroa, registrada em placas fotográficas durante a totalidade. Os eclipses constituíam, assim, verdadeiros laboratórios naturais, articulando estudos sobre a física solar, a atmosfera terrestre e fenômenos magnéticos.

Em 1912, o astrônomo Charles Dillon Perrine⁴¹, então diretor do Observatório Nacional Argentino, organizou uma expedição à cidade de Cristina, em Minas Gerais, com o objetivo de testar uma previsão publicada no ano anterior por Albert Einstein. Em 1911, Einstein propusera que a luz das estrelas sofreria um desvio ao passar nas proximidades do Sol, devido à ação de seu campo gravitacional. Para verificar essa hipótese, seria necessário fotografar estrelas durante a totalidade do eclipse — quando a Lua bloqueia a luz solar e obscurece o céu — e comparar posteriormente essas imagens com placas obtidas à noite, em outra época do ano, a fim de detectar variações mínimas nas posições aparentes das estrelas.

Entretanto, em 10 de outubro de 1912, condições meteorológicas adversas — céu encoberto e chuvas intensas — inviabilizaram as observações em território mineiro. A frustração científica daquele momento adquiriu, retrospectivamente, um significado histórico singular. O valor do desvio estimado por Einstein em 1911 era de apenas 0,83 segundos de arco, aproximadamente metade do valor correto que ele apresentaria em 1915, ao concluir a formulação completa da Teoria da Relatividade Geral. Caso Perrine tivesse obtido placas fotográficas nítidas em 1912, poderia ter encontrado um desvio próximo ao previsto pela física newtoniana ou mesmo um valor indistinguível do erro experimental o que talvez fosse

⁴¹ Charles Dillon Perrine (1867-1939) foi um astrônomo nascido nos Estados Unidos que se naturalizou argentino. Reconhecido por suas descobertas de luas de Júpiter e por sua contribuição à astronomia observacional, dirigiu o Observatório Astronômico de Córdoba e impulsionou o desenvolvimento da astrofísica na Argentina.

interpretado como refutação precoce da hipótese relativística ainda em sua forma incompleta.

O desfecho ocorreria apenas em 1919, quando nova campanha internacional foi organizada, desta vez liderada por Arthur Eddington. O Brasil voltou a ocupar lugar central nesse episódio, com observações realizadas em Sobral durante o eclipse de 29 de maio. As medições indicaram um desvio estelar próximo de 1,98 segundos de arco, valor compatível com a previsão de 1,75 segundos estabelecida pela formulação madura da relatividade geral. A confirmação empírica projetou internacionalmente o nome de Einstein e consagrou os eclipses solares como eventos decisivos na articulação entre observação astronômica e teoria física no início do século XX. (Júnior; Barboza, 2020)

Figura 33 : Na fotografia em preto e branco vemos, na fileira inferior: Gualter Soares, Carlos Morize, James Worthington, Henrique Morize, Jaromir Kralicek, Mário de Souza e Augusto Lancasame. Acima: Domingos Costa, Theophilo Lee, Alix Lemos, Charles Davidson, Marc Ferrez, Milan Stefanik, Arthur Eddington, John Atkinson e Antônio Ferreira da Silva. Em pé: Pierre Seux, Rodolpho Hess, Olyntho de Aguirre e Leslie Andrews. Foto tirada em Passa Quatro, Minas Gerais, por ocasião do eclipse total do Sol de 1912



Fonte: (Caffarelli, 1979)

“Quanto ao observatório Nacional do Rio de Janeiro, seu diretor, o prof. Henrique Morize, decidiu organizar duas comissões. Para a primeira, que iria ser chefiada por ele, destinou a estação de Passa Quatro, depois de ter examinado vários pontos convenientes; enquanto a segunda comissão deveria fazer suas observações em Silveira. Durante o eclipse, o Dr. Mario Rodrigues de Souza e o Dr. Domingo Costa deveriam realizar observações foto astronômicas; o Dr. Alix Lemos deveria fazer as observações magnéticas e de física do globo em geral tendo como assistente o Sr. Gualter Macedo Soares. Auxiliavam a comissão o fotografo Augusto Soucaseaux e o médico Camilo Fonseca. A comissão dispunha dos seguintes instrumentos: um grande coelóstato de 8.0 metros de distância focal, de 30 cm de abertura destinado a fotografia do disco solar e da coroa; uma equatorial fotográfica da Zeiss de grande luminosidade, destinada a fotografar as partes mais tênues e delicadas da coroa solar, dois fotheliografos, um fotômetro destinado a medição da intensidade luminosa durante o fenômeno; um piroeliometro destinado a detectar a quantidade de calor recebido e a estudar as variações magnéticas.” (Caffarelli, 1979)

Constata-se, assim, a participação da Luneta Equatorial do Fotheliógrafo da Zeiss no evento do eclipse solar total de 1912. Conforme se observa na Figura 35, no setor direito da fotografia, o instrumento encontra-se montado para a realização das observações.

Não foi possível localizar documentação ou material específico relativo às atividades realizadas com o fotheliógrafo durante o evento. Contudo, é necessário considerar que a montagem do conjunto instrumental empregado pela equipe brasileira não se deu na véspera do eclipse. A preparação do terreno, o posicionamento dos instrumentos segundo uma sequência lógica de observação e a adequação ao espaço disponível constituíam etapas fundamentais do processo observacional.

Além disso, todo o equipamento deveria receber algum tipo de cobertura provisória, com o objetivo de minimizar os efeitos da umidade, da chuva ou de outras condições meteorológicas adversas. Uma vez posicionados, os instrumentos demandavam recalibração, incluindo ajustes no sistema de acompanhamento e o alinhamento das diferentes partes do conjunto, os quais precisavam ser testados previamente.

Figura 34 : Fotoheliografo da Zeiss, esta foto teve sua resolução diminuída devido ao tamanho do arquivo original.



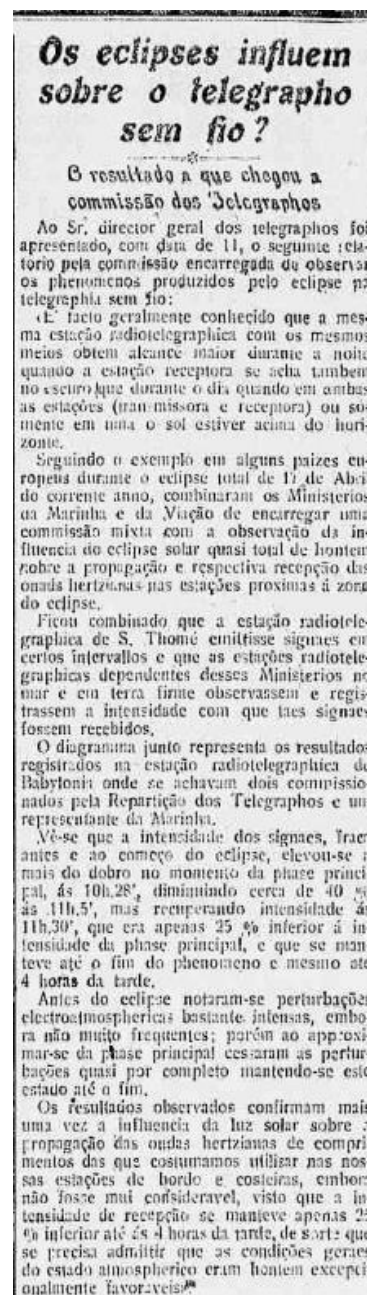
Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1922. Todos os direitos das imagens são reservados ao Observatório Nacional/MCTI.

Paralelamente, as placas fotográficas exigiam preparação cuidadosa, com a verificação das emulsões frente às condições ambientais locais. Testes de exposição e revelação eram realizados para avaliar a qualidade dos registros obtidos e assegurar que os procedimentos adotados em campo fossem adequados e estivessem plenamente operacionais no momento do eclipse. Esse conjunto de práticas, em grande medida imateriais e efêmeras, permanece inscrito apenas de forma indireta nos registros disponíveis, diluindo-se no tempo.(SILVA JÚNIOR, 2018)

Cabe ainda lembrar que, antes do deslocamento do material para o campo, realizava-se uma vistoria criteriosa de todas as peças do conjunto instrumental, incluindo os componentes ópticos, com o objetivo de assegurar seu adequado funcionamento e alinhamento prévio. (Brandão, 2017).

Em paralelo à observação do eclipse solar de 1912, outro evento científico encontrava-se em curso, articulando o diretor-geral dos Telégrafos e engenheiros do Exército Brasileiro. O objetivo consistia em acompanhar os efeitos que o eclipse do Sol poderia produzir nas transmissões radiotelegráficas sem fio. Para esse fim, foram utilizadas duas estações, uma emissora e outra receptora, responsáveis pela geração e recepção de pulsos regulares, permitindo observar o impacto do fenômeno no processo de transmissão radiotelegráfica.

Figura 35 : Um novo ramo de pesquisa, nascia de forma sutil, em uma nota minúscula em um jornal.



Fonte: ("Os eclipses influem sobre o telegrafo sem fio", 1912)

Os resultados obtidos confirmaram, mais uma vez, a influência da luz solar sobre a propagação das ondas hertzianas, conforme ilustrado na Figura 36. Esta comprovação abriria uma frente de trabalho, que integrava o foteheliografo da Zeiss, no processo de acompanhamento das manchas solares e a identificação da radiação ionizante que chega a Terra.

3.5 Novos caminhos da pesquisa em física solar

Durante o período de 1922 a 1931, observa-se, nos relatórios emitidos pela direção do Observatório Nacional, a manutenção de uma orientação voltada às práticas de observação solar por meio da fotografia, associadas às investigações sobre interferências nos padrões de comunicação decorrentes da atividade solar. (Videira, 2002)

Na Figura 36 temos uma fotografia de manchas solares realizada pelo astrônomo Domingo da Costa, em 1927, no Observatório Nacional, cujo objetivo era a calibração do instrumento. Trata-se de uma das poucas imagens com o uso desse equipamento.

Figura 36 : Observações das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Domingo da Costa em 22 de agosto de 1927, com a ocular Amplificadora da imagem do Sol

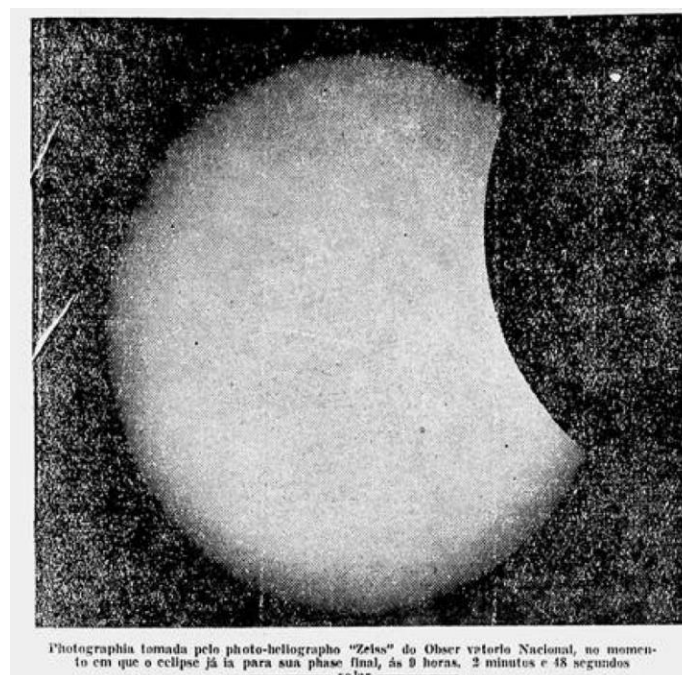


Fonte: Observatório Nacional, Arquivo Iconográfico, (Domingos Costa, 1927)

A qualidade da fotografia original, localizada no arquivo iconográfico do Observatório Nacional, é notável, considerando-se que se trata de uma placa fotográfica produzida em 1927, com emulsão e tratamento químico característicos do período, associada ao uso de uma câmera de elevado desempenho técnico para os padrões da época. Esse registro sugere a realização de procedimentos rigorosos de calibração do instrumento, possivelmente vinculados à verificação de seu desempenho óptico e mecânico. Embora a documentação disponível não permita afirmar com precisão os objetivos específicos dessa calibração, é plausível supor que o instrumento tenha passado por algum processo de manutenção ou ajuste prévio, compatível com as exigências das práticas observacionais da época.

Em 1933, mais precisamente em 24 de fevereiro de 1933, ocorreria na cidade do Rio de Janeiro, um eclipse parcial do Sol. O Observatório Nacional acompanhou e registrou com o uso do Fotoheliografo da Zeiss, uma fotografia que foi apresentado em alguns jornais da cidade, como: A noite, O Diário da Noite. Um fato interessante nesta exposição a mídia é a fotografia da Luneta Equatorial do Fotoheliografo e principalmente pela presença do diretor Sodré da Gama e Domingo da Costa, que realizou a fotografia do eclipse.

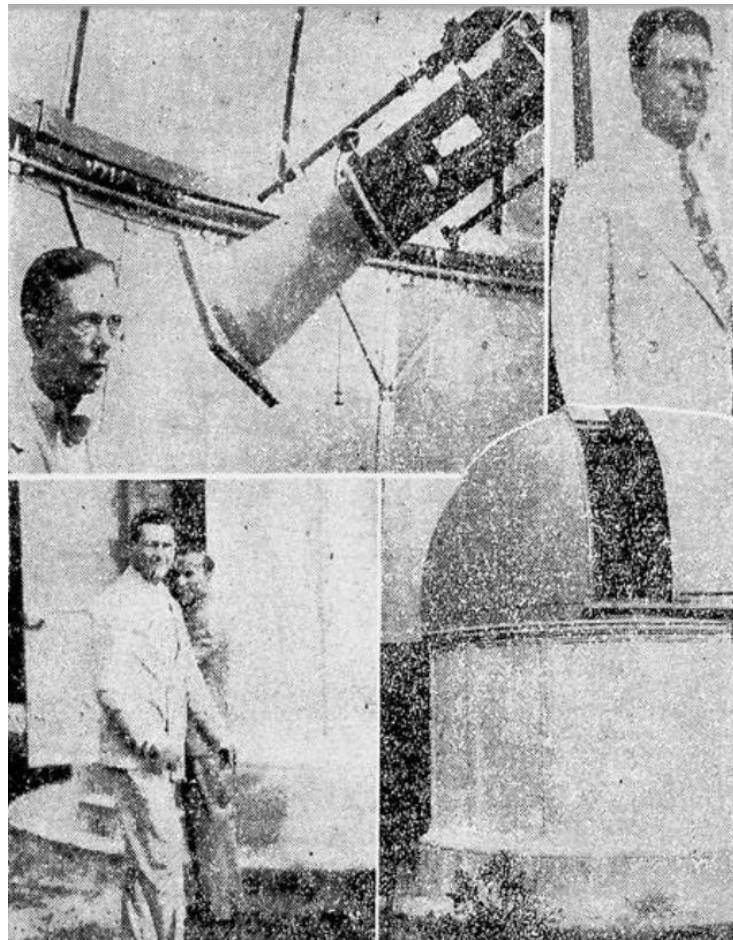
Figura 37 : Fotografia do eclipse parcial do Sol, em 1933, realizado pelo fotoheliografo da Zeiss, pelo astrônomo Domingo da Costa, retirada do Diário da Noite.



Fonte: ("Diário da Noite, O Observatório Nacional photographou todas as fases do eclipse solar de hoje.", 1933)

No Diário da Noite, na sua terceira edição, temos a fotografia da Luneta Equatorial do Fotoheliografo e principalmente pela presença do diretor Sodré da Gama e Domingo da Costa, que realizou a fotografia do eclipse.

Figura 38 : Fotografia do Diário da Noite, onde temos o diretor em pose, próximo ao fotoheliografo da Zeiss, após as fotografias do eclipse que ocorreu as 07:00 hs. Na fotografia menor, temos Domingo da Costa entrando no fotoheliografo.



Fonte: ("Diário da Noite, foi muito favorecido pelas condições do tempo a apreciação do eclipse do sol, nesta capital.", 1933)

No que se refere aos eclipses solares totais posteriores, destaca-se o evento ocorrido em 1º de outubro de 1940, no início da Segunda Guerra Mundial, marcado por importantes desdobramentos de natureza científica, histórica e política. Um dos locais de visibilidade total

do eclipse situava-se na cidade de Recife, em Pernambuco, para onde se deslocaram equipes norte-americanas com o objetivo de realizar observações sistemáticas do fenômeno.

A expedição tinha como foco principal o estudo da coroa solar e da atmosfera externa do Sol, incluindo a obtenção de fotografias da coroa em diferentes faixas espectrais, a realização de medições de brilho e polarização e o desenvolvimento de estudos espectrográficos da cromosfera e das linhas espectrais coronais, com vistas a aprofundar a compreensão da composição e da física das camadas externas solares. Paralelamente, foram conduzidas medições da ionosfera terrestre e análises dos efeitos do eclipse sobre a atmosfera superior, como variações nos níveis de ionização e nas propriedades do céu durante o período de totalidade.

As observações espectrográficas realizadas nesse eclipse, tanto em Patos quanto em estações correlatas localizadas em outras regiões do mundo, como a África do Sul, revelaram-se fundamentais para a consolidação da conclusão de que o Sol é constituído predominantemente por hidrogênio.

Do ponto de vista geopolítico, e "Ciência em Nome da Guerra": o eclipse serviu como justificativa para o envio de técnicos norte-americanos ao Brasil, encobrendo interesses estratégicos mais amplos, entre os quais se destacam o levantamento de recursos naturais, especialmente o quartzo, material essencial para sistemas de comunicação, e o fortalecimento da aproximação política entre o Brasil e os Estados Unidos no contexto da Segunda Guerra Mundial.

Nesse cenário, o Nordeste brasileiro, em particular o interior da Paraíba, apresentava-se como uma região estrategicamente favorável, tanto em função de sua posição geográfica quanto das condições meteorológicas adequadas à observação da trajetória da totalidade do eclipse.

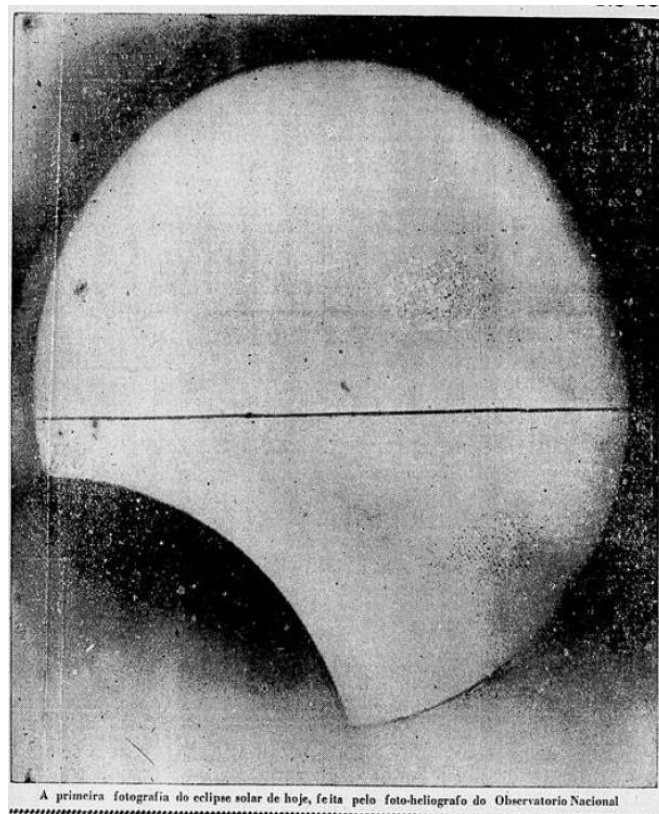
A participação brasileira ocorreu de forma direta e indireta, com destaque para a atuação do Dr. Lélío Gama, que acompanhou institucionalmente as atividades da expedição, ainda que sem envolvimento direto nas observações de campo.

"Imagine, em plena Segunda Guerra Mundial, um navio americano navegando pelo oceano repleto de submarinos alemães para trazer ao Brasil duas equipes de astrônomos e seis toneladas de equipamentos apenas para observar o eclipse a partir do Sertão nordestino, mais precisamente em

Patos, na Paraíba. Na data e hora esperada, o Sol foi completamente encoberto pelo disco lunar, transformando o dia em noite. Aqueles cinco minutos de escuridão alteraram a rotina da cidade, mas também mudaram para sempre a história da ciência. As chapas fotográficas do espectro da coroa solar obtidas naquele eclipse, tanto a partir de Patos quanto da África do Sul, permitiram que os cientistas finalmente concluíssem que o Sol era feito predominantemente de hidrogênio.” (Jorge, 2024)

Mas no Rio de Janeiro, o astrônomo Domingo da Costa iria fotografar o eclipse, pelo fotoheliografo da Zeiss, permitindo que os jornalistas tirassem uma foto da placa fotográfica revelada. (Afins, 2023) (Tavares, 2013)

Figura 39 : Fotografia do eclipse solar de 1940, publicada no jornal – “A Noite”, de 01 de outubro de 1940, realizada pelo fotografo que acompanhava a



Fonte: (“Jornal A Noite de 01 de outubro de 1940”, 1940)

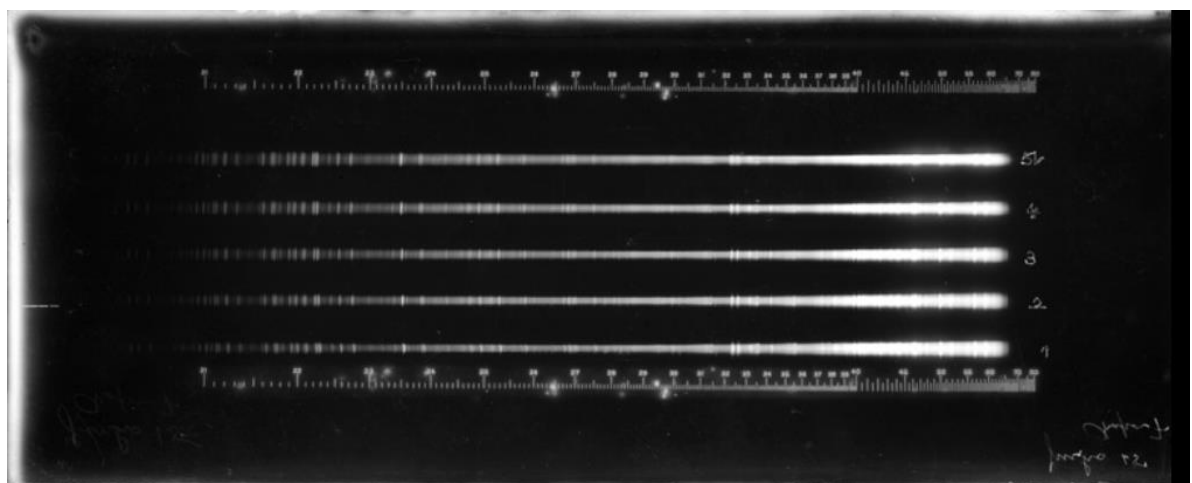
No relatório do Observatório Nacional referente ao período de 1951 a 1957, elaborado por Lélío Gama, observa-se a continuidade das atividades de pesquisa em Física Solar. Estava previsto o acompanhamento sistemático por meio de fotografias do Sol, destinadas ao registro das manchas solares, em articulação com os registros magnéticos dos observatórios

de Vassouras e de Tatuoca. Os fenômenos geomagnéticos apresentavam correlação significativa com a atividade solar, o que justificava o empenho institucional no estudo conjunto dos fenômenos magnéticos e solares, inclusive em função de seus impactos sobre as comunicações.

Diversas tentativas haviam sido realizadas, desde o início do século XX, com o objetivo de investigar se a interposição Terra–Lua–Sol durante um eclipse poderia afetar, e de que modo, a intensidade e a direção do campo magnético terrestre (GAMA, 1978).

Em 14 de junho de 1953, encontra-se no arquivo iconográfico do Observatório Nacional, o registro de aproximadamente 11 placas fotográficas de 25 cm por 10 cm, estas placas apresentam um conjunto de medidas realizadas com o fotoheliografo, que sofreu uma adaptação para permitir a instalação de um quartzo duplo, que permitia a divisão do feixe luminoso oriundo do Sol, que seria agora passado por espectrômetro, neste registro fotográfico consta as marcações conhecidas para o Hélio. Nas anotações observadas na caderneta de observação pelo astrônomo Domingo da Costa e as medidas precisas dos elementos observados.

Figura 40 : Observações espectroscópicas do Sol, realizadas em 14 de junho de 1953.



Fonte: ("ESP0006 - Espectro Solar (fotoheliografo)", [S.d.])

Em 1960, por ocasião da observação de um eclipse total do Sol, que ocorreria na região de Bagé no Rio Grande do Sul, os registros jornalísticos indicam uma configuração semelhante à observada em 1912. A equipe brasileira era composta não apenas por astrônomos do Observatório Nacional, mas também por pesquisadores do Observatório do Valongo, Observatório de São Paulo, evidenciando a atuação conjunta de diferentes instituições científicas nacionais.

Figura 41 : Prof. Muniz Barreto fotografado para o jornal Correio da Manhã, nos dias que antecedem ao eclipse total do sol, que abrangia o Rio de Janeiro de forma parcial. Manejando a Luneta Equatorial do Fotoheliografo da Zeiss.



Fonte: ("Correio da Manhã, 05 de abril de 1960", 1960)

Essa situação ocorria em Bagé, onde o Observatório Nacional enviara dois pesquisadores, Lélío Gama e M. Barreto, para a realização de observações estritamente astrométricas, enquanto outra equipe permanecia no Rio de Janeiro. Paralelamente, uma terceira equipe, instalada nas proximidades de Campos do Jordão e chefiada pelo professor Pierre Kaufmann, dedicava-se ao estudo de micro-ondas e dos efeitos do eclipse sobre a ionosfera. A ampla mobilização científica foi acompanhada por intensa cobertura da imprensa: jornais do Sul do país e os

principais periódicos nacionais divulgaram, com grande riqueza de informações, os locais e os modos de observação do eclipse solar de Bagé (Perreira, 1960)

Figura 42 : Registro Fotográfico, do acompanhamento do eclipse solar em Bagé – Rio Grande do Sul. Em 20 de abril de 1960. Devemos observar o sistema de acompanhamento mecânico-gravitacional para realizar a observação e posteriormente a fotografia do evento.



Fonte: Arquivo Iconográfico do Observatório Nacional, 1922. Todos os direitos das imagens são reservados ao Observatório Nacional/MCTI. (Videira, 1997)

Um dos problemas observados e relatados, foi que apesar da grande propaganda sobre o eclipse solar e a observação do Sol, mesmo assim ocorreu uma grande quantidade de queimaduras na retina, pela observação direta do Sol. (“Jornal do Brasil, 25.07.1962”, 1962) (Nunes, 1975) (“Jornal do Brasil, 24.11. 1966”, 1966)

“Entre os trabalhos avulsos, que compreendem em geral observações e eclipses e cometas, destacam-se: uma determinação do tempo das efemérides baseadas na observação do eclipse solar de 11 de junho de 1967

e a observação de uma estrela, por transparência, através dos anéis de Saturno, em 30 de abril de 1960. O primeiro destes trabalhos foi realizado não só no observatório do Rio, onde foi o eclipse parcial, como na cidade de Bagé, na faixa de totalidade. O fenômeno foi fotografado de 4 em 4 minutos no Rio, com o fotoheliografo e o refrator de 32 cm , e em Bagé, com um celóstato e um fotoheliografo. “ (Gama, 1977)

No período compreendido entre 1960 e 1980, o Observatório Nacional (ON) participou de um convênio com o Royal Observatory of Belgium, voltado à coleta e ao compartilhamento de observações regulares produzidas pelo Solar Influences Data Analysis Center (SIDC) – World Data Center for the Sunspot Index. O Royal Observatory of Belgium consolidou, nesse contexto, uma linha de pesquisa dedicada à Física Solar e ao Clima Espacial (Space Weather), cujo objetivo central é o estudo do Sol e de sua influência no Sistema Solar por meio de programas sistemáticos de observação e análise.

Figura 43 : Acompanhamento da atividade solar e seus impactos na atividade de telecomunicações.



Fonte: (“O Globo, 16 de julho de 1982”, 1982)

Esse projeto foi estruturado de forma cooperativa, envolvendo diferentes instituições da comunidade científica internacional, com o propósito de promover uma compreensão fundamental da nossa estrela. O programa articulava atividades observacionais, operacionais e de divulgação científica. As atividades observacionais integravam instrumentos instalados tanto no espaço quanto em superfície terrestre, com ênfase na padronização dos processos de aquisição e calibração dos dados. Como meta de longo prazo, buscava-se o desenvolvimento de tecnologias avançadas, a operação de instalações próprias e o estabelecimento de infraestruturas estáveis capazes de sustentar o monitoramento contínuo da atividade solar e de seus padrões de variabilidade ao longo do tempo.

O observatório Nacional emitiu ao longo de vários anos de forma não regular os boletins de Observações Solares, no período 1967 a 1969, encontram-se catalogadas na biblioteca do Observatório. (Nunes; Zordan, 1970). Um dos trabalhos, mas impressionantes versa sobre a análise das fotografias das manchas solares, realizadas pelo Observatório Nacional, algumas realizadas com o foteheliografo da Zeiss.

O serviço operacional desse programa compreendia a monitorização contínua da atividade solar, com elevados padrões de precisão e qualidade, voltada tanto para as previsões de meteorologia espacial quanto para a produção de índices solares, em especial o Índice Internacional de Manchas Solares. A terceira vertente do programa dizia respeito à disseminação das informações geradas, contemplando tanto aplicações operacionais quanto ações de caráter educacional e científico.

4. Os instrumentos científicos e a formação do conhecimento

Neste capítulo, abordaremos as questões relacionadas ao papel do letramento e da divulgação científica, assim como a atuação das instituições públicas sobre essa temática. Também discutiremos o papel dos museus e centros de ciência, destacando a importância da preservação dos instrumentos científicos históricos para a construção da história da ciência e para o entendimento de seu processo evolutivo.

4.1 O conhecimento científico no ensino básico.

A Constituição Federal Brasileira, em seu artigo 205, estabelece que:

“ A educação é um direito fundamental, sendo dever do Estado e da família promovê-la e incentivá-la, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, ao preparo para o exercício da cidadania e à qualificação para o trabalho.”(BRASIL, 2015b)

No artigo 208 especifica as garantias do dever do Estado com a educação, assegurando o acesso ao ensino básico, composto pela educação infantil, pelo ensino fundamental e pelo ensino médio. Por sua vez, o artigo 227 reforça que: “é dever da família, da sociedade e do Estado assegurar à criança, ao adolescente e ao jovem, com absoluta prioridade, o direito à educação, entre outros direitos fundamentais...” (BRASIL, 2015b)

A formação do conhecimento científico tem início no ensino básico, em um percurso de aproximadamente doze anos de estudo, conforme assegurado pela Constituição Federal. É na escola, que o estudante estabelece seu primeiro contato com a ciência e suas formulações, sendo este o espaço para a construção das bases cognitivas e conceituais que sustentam o pensamento científico.

Para Jean Piaget, o desenvolvimento do raciocínio lógico e a capacidade de compreender relações causais entre fenômenos emergem gradualmente na infância e na adolescência, sendo o ensino básico o período mais propício para consolidar essas estruturas mentais. O processo de aprendizagem, nesse sentido, deve favorecer a autonomia intelectual e a

capacidade de formular hipóteses, testar ideias e compreender o erro como parte do processo de descoberta. (Piaget, 1999)

Sob a perspectiva de Lev Vygotsky, a construção do conhecimento científico ocorre de forma socialmente mediada, em interação com o outro. O papel do professor e do ambiente escolar é, portanto, o de criar zonas de desenvolvimento proximal, nas quais o aluno, com a orientação adequada, possa transitar do conhecimento espontâneo ao conhecimento sistematizado. A ciência, nesse contexto, é compreendida como produto histórico e coletivo, e o ensino básico representa a primeira oportunidade de o estudante participar ativamente desse processo de construção cultural. (Goulart, 2010)

Para Paulo Freire, a educação científica deve ser entendida como prática de liberdade, na qual o ato de conhecer implica questionar, investigar e transformar a realidade. Assim, o ensino básico não deve se limitar à transmissão de informações, mas deve promover o desenvolvimento de uma postura crítica e investigativa, capaz de despertar a curiosidade e o espírito científico dos estudantes. (Freire, 1967)

Desse modo, o ensino básico constitui o alicerce da formação científica do indivíduo. É nesse período que se criam as condições cognitivas, sociais e afetivas para o desenvolvimento do pensamento científico, um processo contínuo que ultrapassa a mera memorização de conteúdos e se consolida por meio da reflexão, da problematização e da compreensão ativa do mundo.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB nº 9.394/1996) estabelece os princípios, os fins e a organização do sistema educacional brasileiro. Suas ações e diretrizes visam garantir o direito à educação e promover o desenvolvimento integral do cidadão. A LDB estrutura os níveis de ensino da Educação Básica em três etapas fundamentais: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. (BRASIL, 1996)

A Educação Infantil destina-se ao desenvolvimento integral da criança até seis anos de idade, em seus aspectos físico, psicológico, intelectual e social, complementando a ação da família e da comunidade.

No Ensino Fundamental I, que compreende os anos iniciais (1º ao 5º ano, com crianças de 6 a 10 anos), o foco está em introduzir e desenvolver a curiosidade e o senso crítico dos alunos em relação ao ambiente, sem necessariamente priorizar o vocabulário técnico. Os temas

centram-se no ambiente imediato do aluno, os seres vivos, o corpo humano, o meio ambiente e os fenômenos naturais, tais como: observação do tempo, as estações do ano, o dia e noite e o percurso dos astros no céu. A ênfase está no letramento científico⁴², ou seja, na capacidade observar, descrever, classificar e questionar o mundo natural. (BRASIL, 2017)

No Ensino Fundamental II, que compreende os anos finais (6º ao 9º ano, com estudantes de 11 a 14 anos), a disciplina de Ciências é aprofundada e organizada em três eixos temáticos: Vida e Evolução, Matéria e Energia, e Terra e Universo, com conteúdo específico para cada ano (Barretto; Mitrulis, 2001). Os conceitos tornam-se mais abstratos e sistemáticos, e a metodologia científica é apresentada com a realização de experimentos simples e a compreensão de etapas como hipóteses, observação e conclusão. Em algumas escolas, no 9º ano do Ensino Fundamental II, temos a divisão da matéria de Ciência, nas suas disciplinas formais: Biologia, Química e Física.

O Ensino Médio corresponde aos três últimos anos do ciclo do ensino básico (1º ao 3º ano, com jovens de 15 a 17 anos). Nessa etapa, o estudante deixa de ter formalmente a disciplina de Ciências, que passa a ser composta de: Biologia, Química e Física, que, em conjunto, formam a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). (BRASIL, 2017)

Com a implementação do Novo Ensino Médio, cuja estrutura ainda não foi totalmente consolidada em virtude de divergências e ajustes em curso, prevê-se que as três disciplinas permaneçam obrigatórias para todos os estudantes, de acordo com a nova regulamentação. (“O que muda no ensino médio a partir de 2025”, 2024)

O ensino de Ciências abrange um conjunto de conhecimentos consolidados que, no caso da Física, compreende o período entre o início do século XVI e o final do século XIX. Tradicionalmente, esse conteúdo é organizado em três grandes blocos: Mecânica, Termologia e Eletricidade. (BRASIL, 2017)

⁴² O termo letramento científico, foi utilizando nos documentos referentes a Base Nacional Comum Curricular, até a edição de 2018, posteriormente na edição de 2023, passa a aparecer nos documentos, o termo alfabetização científica. Estudos na área de pedagogia, apontam que a diferença reside no foco: a alfabetização está mais ligada ao processo de aprender a linguagem da ciência, enquanto o letramento foca no uso social e prático desse conhecimento. Mas não existe consenso, claro sobre os limites e atuações, sobre os termos. Irei utilizar letramento científico, devido a documentação da BNCC.

A consecução de todas as competências elencadas pela Base Nacional Comum Curricular, para a área de Física configura-se como uma tarefa árdua, dado o reduzido tempo destinado à disciplina tendo em vista a amplitude dos saberes previstos. Paralelamente, destaca-se a relevância do princípio da transversalidade, que é um conceito amplamente difundido no contexto educacional, que pressupõe a articulação dos conteúdos de Física com a Matemática e com as demais áreas das Ciências da Natureza. Tal integração contribui para a construção de uma compreensão mais ampla e contextualizada dos fenômenos, reforçando o caráter interdisciplinar da formação científica.

Toda essa carga de conhecimentos deve ser adequada às diversas variáveis do contexto de atuação. Assim, torna-se necessário adaptar o ensino à estrutura social, cultural e econômica dos indivíduos ou dos grupos que compõem a turma. Ao mesmo tempo, devem-se considerar as demandas oriundas da sociedade e do ambiente, as quais exigem observação atenta, de modo a orientar e fortalecer o processo educativo.

“O ensino, portanto, caracteriza-se como uma prática complexa que se concretiza essencialmente a partir das interações entre os indivíduos, as quais se modificam conforme o contexto social em que estão inseridos. O inacabamento e a incompletude, próprios do desenvolvimento humano refletem-se nas formas de fazer e compreender o processo educativo, que precisa encontrar meios de desenvolver o raciocínio crítico dos discentes com o intuito de formar cidadãos reflexivos e capazes de agir para transformar a realidade social.” (Pinto et al., 2020)

Nesse sentido, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio são claras ao indicar que um dos principais objetivos do ensino de Ciências é promover a compreensão, por parte dos alunos, da predominância de aspectos técnicos e científicos na tomada de decisões sociais significativas e dos conflitos gerados pela negociação política. (BRASIL, 2017)

Essa perspectiva visa possibilitar que o discente, ao final do processo formativo, desenvolva a capacidade de tomar decisões conscientes, exercendo pensamento crítico e participação cidadã. Trata-se de um trabalho de envergadura hercúlea, que demanda sensibilidade, reflexão contínua e compromisso pedagógico (Tardif; Raymond, 2000).

“A ciência é uma forma de conhecimento, um método de aprendizagem sobre a natureza. Enraizado no senso comum, o seu método formal e sistemático é designado por inquérito científico. Ao realizar inquérito científico, os cientistas usam uma variedade de perspectivas, técnicas e procedimentos empíricos para recolher dados da natureza, examinam e analisam esses dados e, assim, constroem conhecimento. Este conhecimento diz respeito aos organismos vivos, à matéria não viva, à energia e aos acontecimentos da natureza. Para analisar os dados, os cientistas, frequentemente, usam o raciocínio matemático e aplicam sempre argumentos lógicos que obedecem a padrões empíricos estritos e a um ceticismo saudável. O produto do inquérito científico é o corpo do conhecimento científico” (Werthein; Cunha, 2009)

É durante a escolaridade básica que se devem construir as bases para o letramento científico. Diante do amplo conjunto de atividades e compromissos envolvidos na formação integral, a escola precisa reestruturar-se continuamente, de modo a acompanhar o crescimento dos aspectos culturais e a constante transformação do conhecimento científico.

“Segundo a OCDE, temos - Definição Formal de Letramento Científico, é a capacidade de se envolver com as questões relacionadas com a ciência e com a ideia da ciência, como um cidadão reflexivo. Uma pessoa letrada cientificamente, portanto, está disposta a participar em discurso fundamentado sobre ciência e tecnologia, o que exige as competências para:

1. Explicar fenômenos cientificamente: Reconhecer, oferecer e avaliar explicações para fenômenos naturais e tecnológicos.
2. Avaliar e planejar investigações científicas: descrever e avaliar investigações científicas e propor formas de abordar questões cientificamente.
3. Interpretar dados e evidências cientificamente: analisar e avaliar os dados, afirmações e argumentos, tirando conclusões científicas apropriadas”

(OCDE - PISA 2015 - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, 2015)

Atualmente, dispomos de um conjunto de parâmetros estatísticos que evidenciam que a educação brasileira não apresenta bons resultados. O Brasil é um país de dimensões continentais e marcado pela diversidade geográfica, étnica e populacional, e os desafios são proporcionais a essa amplitude.

Indicadores internacionais, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) e as avaliações promovidas pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), são utilizados como critérios de comparação devido às características metodológicas das pesquisas realizadas. Embora Bélgica e Brasil sejam países estruturalmente distintos e não apresentem simetria de condições, esses indicadores ainda refletem as dinâmicas internas de cada nação, marcada por profundas desigualdades sociais e econômicas no caso brasileiro. (BRASIL, 2025)

A educação brasileira enfrenta um conjunto amplo e persistente de desafios estruturais, pedagógicos, sociais e econômicos que comprometem a qualidade do ensino e limitam o desenvolvimento integral dos estudantes. A precariedade da infraestrutura escolar — frequentemente marcada pela ausência de bibliotecas, laboratórios, quadras esportivas, equipamentos tecnológicos e condições mínimas de segurança e conforto, cria um ambiente pouco propício à aprendizagem. Soma-se a isso a desvalorização da carreira docente, expressa em salários insatisfatórios, falta de planos de carreira consistentes e oportunidades reduzidas de formação continuada, dificultando a adoção de metodologias inovadoras, com consequência.

“Na escola brasileira, o ensino de Ciências tem sido tradicionalmente livresco e descontextualizado, levando o aluno a decorar, sem compreender os conceitos e a aplicabilidade do que é estudado. Assim, as Ciências experimentais são desenvolvidas sem relação com as experiências e, como resultado, poucos alunos se sentem atraídos por elas. A maioria se aborrece, acha o ensino difícil e perde o entusiasmo” (Werthein; Cunha, 2009)

Os pontos falhos do processo formativo no Ensino Básico irão caracterizar a falha dos processos de alfabetização científica. O processo educativo é, por natureza, de longo prazo, exigindo uma relação dialógica e contínua entre educador e educando. Uma das formas de reduzir as lacunas do ensino formal é a ação dos elementos externos a escola que abordaremos na próxima seção.

4.1.1 O conhecimento científico para além da escola – a divulgação científica e a popularização da ciência.

A ciência pode ser compreendida como um produto histórico e coletivo, resultante da ação humana e de nossa cultura. A ciência é consumida, aprendida, assimilada, transmitida por diversos meios dentro do nosso ambiente social e por múltiplas experiências cotidianas que nos cercam muitas vezes sem nos darmos conta destas interligações. Muitas experiências cotidianas se desenvolvem num entorno social e cultural, dentro e fora da escola.

Atualmente, é possível observar uma ampla variedade de termos utilizados para designar as diferentes formas de compreender e transmitir o conhecimento científico, a jornalista Luísa Massarani na sua dissertação sobre divulgação científica no Rio de Janeiro, apresenta os seguintes termos: divulgação científica, difusão científica, disseminação científica, vulgarização científica, popularização científica e comunicação pública da ciência. Esses termos não são sinônimos, mas expressam distintas perspectivas e finalidades quanto à forma de comunicar e aproximar o público do saber científico. (Massarani, 1998)

A divulgação científica situa-se em um terreno intermediário, funcionando como uma ponte entre o conhecimento produzido nas universidades e centros de pesquisa e o público em geral, que pode incluir desde profissionais de outras áreas até cidadãos com interesse específico em ciência. Diferentemente da educação formal, a divulgação científica não possui caráter obrigatório ou avaliativo. Seu objetivo principal é informar, tornar o conhecimento acessível e interpretar os avanços e descobertas recentes da ciência para um público não especializado. A divulgação, portanto, lida predominantemente com a ciência em movimento, apresentando as novidades, os debates e as transformações em curso no campo científico, uma outra abordagem é da vulgarização científica, vejamos:

"A vulgarização científica bem conduzida tem, pois, por fim real, mais esclarecer do que instruir minuciosamente sobre este ou aquele ponto em particular. Mantendo constantemente a maioria das inteligências em contato com a ciência, ela virá criar um estado de espírito mais receptível e mais apto a compreender. Ela se destina mais a preparar uma mentalidade coletiva, do que realmente a difundir conhecimentos isolados." (Massarani, 1998)

As estratégias comunicacionais da divulgação científica são diversas, abrangendo desde artigos em revistas especializadas e documentários televisivos até palestras, blogs, podcasts e redes sociais mantidos por estudantes, cientistas, jornalistas e divulgadores de ciência. Uma estratégia educacional particularmente rica consiste no uso de jogos e brincadeiras, que estimulam o questionamento e o desenvolvimento das bases cognitivas da criança ou do estudante, favorecendo a ampliação de conceitos já existentes por meio de analogias e relações cognitivas.

"A divulgação bem-sucedida, por sua vez, exige uma forma de "tradução", na qual a linguagem técnica e os jargões científicos são substituídos por uma narrativa mais acessível, sem, contudo, comprometer o rigor e a precisão conceitual." (Gouveia, [S.d.])

A popularização da ciência representa um estágio mais amplo e massivo de aproximação entre o conhecimento científico e o público. Seu foco não recai necessariamente sobre a profundidade conceitual ou a exatidão técnica, mas sobre a inserção da ciência no cotidiano e na cultura popular. Esse processo pode ser compreendido como uma recontextualização do discurso da esfera científica para a esfera jornalística, mediada pelo discurso pedagógico (Motta-Roth; Scherer, 2016).

Tanto a divulgação científica quanto a popularização da ciência compartilham o propósito de tornar o conhecimento científico acessível ao público não especializado. Seus objetivos frequentemente se sobrepõem, buscando informar, educar, despertar o interesse e engajar a sociedade com a ciência, sem que haja uma divisão rígida entre suas funções.

A relação entre educação formal, divulgação científica e popularização da ciência é sinérgica e dinâmica. Um letramento científico de qualidade nas escolas cria um público mais

preparado e receptivo para a divulgação especializada. Por outro lado, materiais de divulgação de alta qualidade pode ser incorporados como recurso didático valioso no ambiente educacional, enriquecendo o currículo com exemplos atualizados e contextos reais da prática científica.

“Nesse ciclo virtuoso, museus, centros de ciência exemplificam a convergência dessas três dimensões: são espaços de popularização pelo caráter lúdico e acessível; de divulgação, pelas exposições temáticas que explicam conceitos complexos; e de educação, quando recebem visitas escolares orientadas por um projeto pedagógico. A falha em qualquer um desses elos fragiliza todo o ecossistema da comunicação científica. Uma educação científica deficiente gera um público vulnerável à desinformação; uma divulgação fragmentada e pouco acessível amplia o fosso entre especialistas e leigos; e uma popularização sensacionalista pode banalizar o conhecimento e fomentar visões distorcidas da ciência.” (Valente; Cazelli, 2015).

Os desafios contemporâneos — como as mudanças climáticas, as pandemias e a revolução das biotecnologias — tornam premente a necessidade de avançar em direção a modelos mais dialógicos e participativos de comunicação científica. Nesses modelos, o público não deve ser visto como mero receptáculo passivo de conhecimento, mas como agente ativo no diálogo com a ciência. (Chassot, 2003)

Modelos como o da ciência cidadã, em que leigos colaboram com cientistas em projetos de pesquisa, representam um passo além da tríade clássica: *educação, divulgação e popularização*, ao integrar a sociedade no próprio processo de produção do saber. (Krasilchik, 1988) Essa participação ativa redefine as fronteiras entre quem produz e quem consome conhecimento, configurando uma nova cultura científica baseada na cooperação e na corresponsabilidade social. (UNESCO, 2021)

A avaliação do impacto dessas três modalidades também se revela uma tarefa complexa. Como medir o sucesso da educação científica para além das notas em provas? Como avaliar se uma ação de divulgação realmente ampliou a compreensão pública sobre determinado tema? E como saber se uma iniciativa de popularização gerou um interesse duradouro ou

apenas um entretenimento passageiro? Essas perguntas evidenciam que a comunicação da ciência é um processo contínuo, multidimensional e interdependente (Motta-Roth; Scherer, 2016)

Em conclusão, a distinção entre educação, divulgação e popularização da ciência vai além de um mero exercício de taxonomia acadêmica, constituindo-se como premissa fundamental para o planejamento de políticas públicas eficazes em comunicação científica. Reconhecer que essas esferas possuem objetivos, linguagens e públicos específicos é o que viabiliza a elaboração de estratégias verdadeiramente adequadas e eficientes. Cabe à educação a formação da base cognitiva e conceitual; à divulgação, a tarefa de manter a sociedade informada sobre os avanços da pesquisa; e à popularização, o papel de despertar a curiosidade e o engajamento inicial. (Chassot, 2003) (Valente; Cazelli, 2015)

Trata-se, portanto, de dimensões complementares de um mesmo processo, cuja missão última é assegurar que o conhecimento científico — patrimônio da humanidade — não permaneça confinado em laboratórios e periódicos especializados, mas circule ativamente pela sociedade, informando as escolhas coletivas e fortalecendo os alicerces de uma democracia substantiva. A articulação harmoniosa entre educação, divulgação e popularização revela-se, assim, indispensável para a construção de uma sociedade em que a ciência seja não apenas compreendida, mas efetivamente valorizada e apropriada como instrumento de emancipação humana.

4.2 Outros espaços de formação do conhecimento científico.

Para Dantes, Alves e Maia, os espaços não formais de educação científica configuram-se como espaços complementares ao ensino formal, oferecendo oportunidades de aprendizagem que estimulam a curiosidade, o pensamento crítico e a construção autônoma do saber. A atuação desses espaços reforça a importância de uma educação científica que ultrapasse os limites da sala de aula, aproximando o público da prática científica e contribuindo para a formação de uma cultura científica mais ampla e participativa (Dantas; Alves; Maia, 2020). (Falcão et al., [S.d.])

Existe na contemporaneidade, uma ampla diversidade de ambientes destinados à ampliação do conhecimento científico, como museus, centros e espaços de ciência, também denominados espaços formais ou institucionais. Como observa Gouveia:

“As atividades de divulgação da ciência, realizadas pelo setor educativo dos museus de ciência e tecnologia, podem inserir o público visitante na cultura científica e assim fornecer elementos para a ampliação das cidadanias social e política desse público” (Gouveia, 2015)

Os espaços formais, como o MAST e o Museu da Vida da Fiocruz , apresentam ambientes internos e externos de caráter histórico, incluindo salas, laboratórios e cúpulas de observação e etc., cujo objetivo é promover a divulgação científica. Nesses espaços, a educação se manifesta sob uma perspectiva não formal, uma vez que esse tipo de ensino se encontra livre das amarras curriculares e das estruturas rígidas que caracterizam o ensino formal.

“À medida que o museu cumpre suas funções elementares de conservar e mostrar um patrimônio tangível ou intangível ele está gerando efeitos educativos. Nesse sentido, independentemente de contar ou não com um programa específico de atividades pedagógicas, a instituição é em si mesma um meio educativo. E, sendo assim, como observa Jaime Trilla (1998), a dimensão educativa inerente ao museu pode ser ampliada, potencializada e orientada, passando de uma função implícita e quase inconsciente a uma tarefa explícita e premeditada.” (“Educação e Museus: a dimensão educativa do museu”, 2009)

Os espaços mencionados, assim como muitos outros, devem ser planejados para atender a diferentes públicos, com distintas faixas etárias, etnias, orientações sexuais, pessoas com deficiências, classes socioculturais ou econômicas, populações vulneráveis. Desenvolver ambientes que possam ser compreendidos e experienciados por um público diversificado constitui, sem dúvida, um objetivo essencial a ser alcançado. Atualmente, grande parte do público que visita esses espaços é proveniente das escolas .(Falcão 1 et al., 2004)

“Nesse sentido, a equipe de educação ao pensar suas atividades tem de elaborar táticas de retóricas que são materializadas em linguagens e estão

repletas de intencionalidades que expressam uma concepção de divulgação da ciência.” (Gouveia, 2015)

Por meio de uma abordagem interdisciplinar e interativa, esses ambientes buscam integrar múltiplas áreas do conhecimento, promovendo a compreensão dos fenômenos científicos de maneira acessível e contextualizada. Além disso, quando as exposições são articuladas em torno de grandes temas, elas permitem abordar com naturalidade não apenas conceitos e fenômenos ligados às ciências naturais, mas também questões relacionadas às artes, às ciências sociais e humanas. (Porto; Zimmermann, 2010).

Existem, por outro lado, os espaços não formais, caracterizados pela ausência de uma estrutura institucional rígida. Esses dois padrões se articulam por meio da utilização de ambientes formais por instituições que desenvolvem ações educativas, bem como pela implementação de propostas não formais elaboradas por organizações de natureza formal.

Um exemplo dessa articulação pode ser observado no projeto “O Museu Vai à Praia”, desenvolvido pela equipe de estagiários do MAST. Embora se trate de uma instituição formal, o projeto utilizava as praias do Rio de Janeiro como ambiente não formal para promover atividades de divulgação científica. Cumpre mencionar que, de maneira implícita, o projeto também proporcionava aos estagiários a oportunidade de realizar atividades educativas nesse espaço.

“A praia é um local que propicia a observação de enorme gama de fenômenos naturais, dentre eles, o movimento aparente do sol, a manifestação da energia solar, o movimento das ondas. Explicados através de kits demonstrativos criados pelo Museu, aos quais se associam informações transmitidas pelos monitores e material de apoio distribuído, tais fenômenos podem ser claramente entendidos, proporcionando aos destinatários do projeto a possibilidade de melhor compreender e se integrar à Natureza “(“Museu de Astronomia e Ciências Afins, Projeto: O Museu vai à praia”, 1987)

Os ambientes de educação não formal têm condições de alcançar crianças e jovens que frequentam a escola, bem como jovens e adultos que se encontram fora do sistema escolar, a chave para isto encontra-se na linguagem e na proposta existente, desta forma favorecendo a aproximação entre ciência, tecnologia e sociedade. Sua metodologia própria envolve a realização de exposições científicas de diferentes naturezas e o uso de recursos audiovisuais com variados níveis de sofisticação.

A construção de uma abordagem educativa sobre um ambiente ou instrumento constitui elemento fundamental para a promoção da divulgação científica. Tal construção envolve a necessidade de elaborar conhecimentos a partir de questionamentos, de atividades lúdicas ou do uso de instrumentos científicos, mesmo quando estes carregam o peso de seu caráter histórico.

A experiência de visita não pode ser tratada como um simples passeio em um parque. Embora deva incorporar elementos de descontração, espera-se que o visitante seja conduzido não apenas à contemplação de um objeto exposto, como uma ampulheta pertencente a determinado autor e preservada em uma vitrine de vidro, identificada por uma etiqueta contendo informações como nome, fabricante, ano, peso, altura e comprimento. É possível, contudo, promover uma reflexão sobre os motivos que levaram à necessidade humana de medir o tempo, registrar a passagem dos anos e, de modo mais amplo, compreender por que se tornou indispensável mensurar qualquer fenômeno. Também se pode questionar por que se construiu aquela ampulheta específica e não outra, ou por que era produzida daquela forma e não de outra. Além disso, pode-se indagar se seria possível reconstruí-la e com qual finalidade tal reconstrução se justificaria (Marandino, 2004).

Esta é talvez a questão mais delicada. A proposta de uma sala, de um instrumento ou de uma exposição deve ser construída com um objetivo definido: levar o visitante, seja ele um estudante do quinto ano do ensino fundamental ou um adulto de 60 anos, a um processo de elucidação que o estimule a questionar o conhecimento existente por meio do aspecto lúdico. Uma experiência realizada em uma escola apresenta a seguinte pergunta: por que não ocorrem eclipses mensais do Sol ou da Lua? (Queiroz, Sousa e Machado, 2009). Outra pergunta possível é: quantos objetos cabem em uma sombra de luz? (Carvalho, 2018a; “Sombras no Espaço - YouTube”, s.d.). Ao trabalharmos com uma abordagem investigativa,

oferecemos ao público não apenas um conteúdo específico nem respostas prontas, mas condições para que ele próprio construa o conhecimento.

Uma abordagem adicional deriva do processo de disponibilização de recursos computacionais para pesquisas científicas. A incorporação desse processo, no final da década de 1990, após a expansão da Internet, alcançou o Brasil e outros países da América do Sul em um momento em que, na Europa e nos Estados Unidos, tais iniciativas já avançavam significativamente. Esse movimento é denominado processo distributivo de análise de dados gerados pelos sistemas dos grandes laboratórios. Em português, passou a ser conhecido como “Computação para a Ciência” (“Boinc”, 2025). Atualmente, existem 27 projetos nos quais o usuário pode participar, cedendo o uso ocioso de seus recursos computacionais para a análise desses dados.

Essa iniciativa impulsionou o desenvolvimento dos projetos de Ciência Cidadã, ou “Science Citizen” em sua designação em inglês, que não correspondem a um único programa, mas a um conceito ou abordagem voltada à participação voluntária do público não especializado em atividades científicas. Essa participação ocorre mediante a contribuição de tempo, esforço e equipamentos pessoais para o avanço da pesquisa científica. Esse modelo apresenta vantagens, pois permite que os pesquisadores ampliem o alcance geográfico ou temporal de seus estudos, algo muitas vezes inviável apenas com suas equipes internas. Os projetos podem assumir diferentes configurações, como coleta de dados, análise de informações ou discussão sobre experimentos voltados a objetivos específicos.

Entre os projetos internacionais mais conhecidos, destacam-se: eBird, plataforma de observação de aves na qual os usuários registram seus avistamentos (“eBird”, 2025); Galaxy Zoo, iniciativa que envolve a visualização e a análise de imagens de galáxias, patrocinada pela NASA e pela ESO (“Zooniverse”, [S.d.]); Foldit, rede social para naturalistas, onde os usuários registram fotos de seres vivos e a comunidade ajuda a identificar as espécies (“Foldit”, [S.d.]); iNaturalist, uma rede social para naturalistas, onde os usuários registram fotos de seres vivos e a comunidade ajuda a identificar as espécies (“iNaturalist”, [S.d.]); CoCoRaHS, rede de voluntários que mede e relata a precipitação (chuva, granizo, neve) nos EUA, Canadá e outros países, fornecendo dados cruciais para a meteorologia (“CoCoRaHS”, 2025); AAVSO (American Association of Lone Star Observers), grupos de astrônomos amadores de todo o mundo enviam regularmente seus desenhos e contagens de manchas solares para um banco de dados central (“For Observers | aavso”, [S.d.]); Astrometrica, sistema de análise de

imagens voltado à descoberta de asteroides ainda não catalogados (“IASC - Astrometrica”, 2025); Projeto Tamar, envolve comunidades costeiras na conservação das tartarugas marinhas. Os voluntários ajudam a monitorar praias, proteger ninhos e coletar dados sobre as tartarugas, sendo um exemplo clássico de ciência cidadã comunitária (“PROJETO TAMAR”, [S.d.]); EXOSS, projeto voluntário de observação de meteoros. (“EXOSS Citizen Science Project – Monitoramento de meteoros” 2025).

4.2.1 Os museus e os centro de ciências: outras possibilidades do conhecimento científico

A concepção moderna de museu científico tem suas raízes na Europa, associada ao surgimento do museu moderno a partir do século XVIII. Suas origens estão intrinsecamente ligadas às grandes exposições internacionais, à exibição de coleções de história natural e aos avanços industriais. O modelo clássico de museu estabeleceu um compromisso fundamental com a preservação da memória e do patrimônio, priorizando a contextualização histórica de suas coleções como eixo estruturante da narrativa expositiva.

O surgimento e consolidação dos centros de ciência ao longo do século XX representaram uma nova dinâmica no processo do conhecimento científico. Essa transição marcou a passagem de uma museologia centrada na acumulação e na guarda de objetos, a "museologia da acumulação", para uma museologia voltada à comunicação, à interatividade e ao processo de construção do conhecimento – a "museologia da comunicação". (Valente; Cazelli, 2015)

Dessa forma, a evolução histórica dos espaços de ciência, do museu clássico ao centro de ciência interativo, espelha e possibilita a aplicação dos mais sólidos princípios da divulgação científica: a transição do foco no objeto e no fato isolado para a valorização do método, do processo e da experiência ativa na construção do saber.

“A assinalar ainda mais tal mudança surge, principalmente nos Estados Unidos, um tipo de museu de ciência de contorno multidisciplinar integrando ciência, tecnologia e arte e recorrendo amplamente às técnicas interativas de caráter experimental. São os denominados science centers, espaços que provocam, atraem, seduzem e motivam o visitante a entrar em

contato com alguns fundamentos da ciência e da tecnologia por meio de experimentos do tipo ‘faça você mesmo’ ”. (Valente; Cazelli; Alves, 2005)

Um marco decisivo na consolidação do conceito moderno de centro de ciência ocorreu com a fundação do Exploratorium⁴³ em São Francisco, em 1969, por iniciativa do físico Frank Oppenheimer⁴⁴. Partindo de uma preocupação direta com a deficiência na compreensão pública da ciência, Oppenheimer idealizou uma "biblioteca de experimentos" que permitia aos visitantes explorar fenômenos científicos de forma autônoma e em seu próprio ritmo.

A filosofia central da instituição era dupla: além de possibilitar a aprendizagem sobre fenômenos naturais, visava desenvolver nos indivíduos a confiança em sua própria capacidade de investigar e compreender o mundo. Esse conceito representou uma ruptura radical com o modelo de museu tradicional, propondo um espaço que funcionava como um laboratório de descobertas abertas, em contraste com a ideia de um repositório passivo de fatos e artefatos históricos. (Oppenheimer, 1972)

A instituição também introduziu a figura do “Explainer” (mediador), em contraste com o “Docent” (guia tradicional ou monitor). O “Explainer” é geralmente um jovem — estudante do ensino médio ou universitário — treinado para estar igualmente engajado no ensino e na aprendizagem, atuando como facilitador da exploração e da interação. Esse modelo tornou-se uma referência mundial, sendo amplamente replicado em instituições similares. (Experience the Exploratorium at Pier 15, 2025).

Dessa forma, a abordagem pioneira do Exploratorium consolidou a visão do centro de ciência como uma resposta sociopolítica e educacional profunda. Ao priorizar a experiência hands-on, a mediação facilitadora e a autonomia do visitante, esse modelo passou a ser

⁴³ Segue o link para o site do Exploratorium, <https://www.exploratorium.edu/>

⁴⁴ Frank Oppenheimer (1912-1985) Físico formado pelo Caltech, trabalhou no Projeto Manhattan ao lado do irmão, Robert Oppenheimer, durante a Segunda Guerra Mundial. Sua carreira acadêmica foi interrompida na década de 1950, quando foi perseguido pelo macarthismo devido à sua breve filiação ao Partido Comunista, o que o levou a viver como fazendeiro no Colorado por quase uma década. Após retornar à vida científica, dedicou-se à educação e fundou em 1969 o Exploratorium, um inovador museu interativo de ciências em São Francisco que revolucionou a forma como o público se relaciona com o conhecimento científico

compreendido como um agente motivador e educador, cujo impacto ultrapassa a esfera do conhecimento individual para gerar transformação social e urbana significativa.

A diferença mais profunda entre museus e centros de ciência reside na sua natureza ontológica, isto é, naquilo que cada um elege como sua essência operacional – o que prioriza colecionar, preservar e, conseqüentemente, comunicar. Esta divergência fundamental manifesta-se de forma palpável no tratamento conferido ao patrimônio e no próprio critério de valor que orienta as suas exposições (Massabki, 2011).

Esta distinção materializa-se numa trajetória histórica clara. A evolução destes espaços de gabinetes de curiosidades do século XVI às instituições interativas do século XXI, testemunha uma mudança na concepção da comunicação pública da ciência. Somam à função de preservação, comumente exercida pelos museus, o diálogo, a experimentação e a construção colaborativa de significados, convidando o visitante a uma interação ativa com os fenômenos científicos, por meio da experiência direta e da descoberta pessoal.

Um emblemático embate de visões no final do século XVIII, no “Jardin des Plantes” de Paris, ilustra de forma vívida as tensões que moldariam o futuro da comunicação pública da ciência. De um lado, o naturalista Jean-Baptiste Lamarck, encarregado da reestruturação do gabinete, defendia uma reorganização baseada no rigor científico interno.

Em seu relato, Lamarck criticava a desordem e a falta de sistemática das coleções, que, apesar de ricas, estavam identificadas por nomes vulgares e organizadas de forma simplista. Para ele, "o valor de uma coleção não é medido pela quantidade de peças que contém, mas pela sua ordem na qual os objetos são dispostos e pela exata determinação de cada espécie". Ele prossegue denunciando um problema de acesso: os objetos estavam "expostos em vitrine, fora do alcance dos estudiosos, que além do mais são obrigados a pesquisar rodeados por pessoas desocupadas" (Camenietzki; Kury, 1997).

Em contraste direto, o jardineiro-chefe André Thouin propunha uma abordagem radicalmente diferente. Sua intenção era transformar o jardim em um espaço acolhedor para o público. Thouin focava na experiência do visitante, apresentando os nomes das plantas primeiro em francês, seguidos do latim para os estrangeiros, priorizando a acessibilidade e a educação do cidadão comum sobre o rigor taxonômico voltado apenas para os pares. (Camenietzki; Kury, 1997)

“O contraste entre as propostas de Lamarck e de Thouin é revelador das tensões que marcavam os rumos da Ciência e das coleções científicas em fins do século XVIII. Por um lado, a especialização da Ciência tendia a excluir a presença de amadores, curiosos dos ambientes delicados a História Natural. Por outro o estado revolucionário e os novos critérios de cidadania aboliam os privilégios do Antigo Regime e elegiam como critério único de justificação das Ciências a sua contribuição par o bem estar da humanidade.... Para André Thouin as classificações eruditas representavam o desejo antipatriótico de excluir a Ciência do domínio de decisão pública” (Camenietzki; Kury, 1997).

Assim sendo as instituições científicas passam a atuar como agentes essenciais na promoção de uma cultura científica democrática, inclusiva e crítica, na qual o conhecimento é um patrimônio vivo a ser usufruído e construído por todos.(Valente; Cazelli; Alves, 2005)

A aprendizagem em museus e centros de ciência é um processo singular, construído por cada visitante a partir da interseção de múltiplas dimensões. O contexto pessoal — suas experiências, motivações e conhecimentos prévios — combina-se com o contexto social das interações durante a visita, o contexto econômico que molda seu acesso e bagagem cultural, e o contexto físico do design expositivo e da clareza das explicações. Dessa conjunção surge uma experiência única de significado.

Nestes espaços, a interatividade representa um avanço paradigmático, materializando o princípio do "aprender fazendo" ao permitir que o público manipule aparatos, simule fenômenos e teste hipóteses. No entanto, é crucial superar a "ilusão da interatividade", onde a ação física não se traduz em atividade cognitiva. Para que a experiência seja verdadeiramente educativa, o design das exposições e a atuação qualificada dos mediadores devem convergir para estimular a reflexão crítica, assegurando que a manipulação de um giroscópio ou o fechamento de um circuito elétrico levem à internalização de conceitos abstratos. (Massarani; Moreira; Brito, 2002)

Finalmente, a efetiva integração com o sistema educacional formal potencializa enormemente o impacto dessas instituições. A visita escolar deve ser concebida não como um evento isolado, mas como um momento integrado ao currículo. Uma parceria estruturada entre

professores e educadores do museu, com trabalho preparatório em sala de aula e subsequente reforço dos conceitos explorados, permite que o estudante vivencie na prática o conhecimento teórico, rompendo a fragmentação disciplinar e consolidando uma aprendizagem mais profunda e duradoura (Cazelli et al., 1999).

“O que nos interessa problematizar é que o direito à educação, componente da cidadania social, pode ser ampliado por meio de ações de divulgação da ciência que poderá ampliar a participação política dos cidadãos em espaços de discussão.” (Gouveia, 2015)

Para consolidarem plenamente sua missão pública, museus e centros de ciência precisam superar desafios estruturais. Um dos mais prementes é a promoção efetiva da inclusão e da diversidade. Historicamente frequentados por um público majoritariamente de classes média e alta, esses espaços têm, muitas vezes, perpetuado a imagem da ciência como um domínio distante da realidade das maiorias. Romper com essa herança exige a implementação de políticas ativas que garantam não apenas acessibilidade física e econômica, mas também a representatividade nas narrativas expositivas e o diálogo respeitoso entre o conhecimento científico instituído e os saberes tradicionais. A democratização do conhecimento é, assim, um imperativo ético que define a própria legitimidade social destas instituições. (Massarani; Moreira; Brito, 2002)

O acervo de um museu de ciência é o seu principal elemento de comunicação com o público. Apresenta-lo sob uma perspectiva ampla, que traga as diversas visões sobre uma coleção, uma peça ou um objeto implica em contextualizá-lo, no tempo e no espaço. Nesse sentido deve ser consideradas as épocas ... com as restrições tecnológicas e os conceitos científicos vigentes. Para além do aspecto histórico a apresentação deve abranger todos os aspectos do objeto, construindo as múltiplas camadas do acervo, tornando-o acessível para ser explorado por todo o tipo de público, inclusive o escolar.

Paralelamente, a adaptação à era digital configura um outro eixo de desafios. A pandemia de COVID-19 acelerou a incorporação de ferramentas virtuais — como visitas imersivas, experimentos remotos e webinars, ampliando o alcance geográfico das instituições. Contudo, este avanço impõe o desafio de preservar a essência da experiência prática e sensorial ("hands-on") que caracteriza a aprendizagem nesses espaços. O futuro aponta, portanto, para

a consolidação de modelos híbridos, que integrem de forma criativa as dimensões presencial e virtual. (Gouveia, 2015; Ribeiro; Massarani; Falcão, 2022)

Os museus e centros de ciência vem consolidando seu papel afirmam-se como agentes indispensáveis na paisagem da divulgação científica. Eles transcendem a função de meros transmissores de informação para se tornarem espaços vivos de produção de sentido, onde a ciência é desmitificada, vivenciada e posta em debate. O êxito desta missão, contudo, está intrinsecamente vinculado à capacidade de estas instituições de renovarem constantemente suas estratégias de comunicação com o público e da apresentação do acervo, afastando-se da imagem de "templos do saber", elitistas e estáticos aproximando-se das "praças públicas do conhecimento", democráticas e dinâmicas, lugares onde o diálogo entre ciência e sociedade floresce, honrando assim o investimento público que as sustenta e contribuindo decisivamente para a formação de uma cidadania crítica e consciente. (Marandino; Ianelli, 2012)

4.3 O MAST – Museu de Astronomia e Ciências Afins

O acervo de ciência e tecnologia são produtos e testemunhos dos diversos processos científicos e tecnológicos de uma determinada época, revelando tanto suas limitações quanto o estado da arte.

O Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) inaugurado em 1985, no campus do Observatório Nacional (ON), situado no Morro de São Januário, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, no bairro Imperial de São Cristóvão. O local encontra-se a 33 metros acima do nível do mar e ocupa uma área de 42.650 m².

Seu projeto arquitetônico foi desenvolvido pelos engenheiros Batista de Moraes Rego e Thomas Cavalcanti de Gusmão, sob a orientação do então diretor Henrique Morize, também engenheiro. Atualmente, o campus encontra-se sob jurisdição consensual entre o Observatório Nacional (ON) e o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST). O conjunto arquitetônico foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1986 e pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural do Estado do Rio de Janeiro (INEPAC) em 1987.

“O MAST é guardião de um valioso patrimônio, tanto em termos de edificações históricas quanto de objetos, especialmente instrumentos científicos, que são testemunhos da história das ciências do Brasil.” (Granato; Brito; Suzuki, 2005)

O MAST é responsável pela preservação das 27 edificações existentes no campus do Observatório Nacional (ON), bem como pela guarda de aproximadamente 2.500 objetos e instrumentos científicos e tecnológicos que abrangem diversas áreas do conhecimento, tais como: Astronomia; Cálculo e Desenho; Cosmografia; Eletricidade e Magnetismo; Energia Nuclear; Fotografia; Geodésia e Topografia; Geofísica e Oceanografia; Medição do Tempo; Meteorologia; Metrologia; Navegação; Óptica; Química; Tecnologia Mineral; e Termologia (MAST, 2011). Estas coleções de objetos são provenientes de instituições como o Observatório Nacional, o Instituto de Engenharia Nuclear, o Centro de Tecnologia Mineral e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, assim como de doações particulares (MAST, [15]).

O MAST apresenta múltiplas funções, como observa Valente:

“as funções fundamentais do Museu, incorporadas à instituição desde sua constituição renascentista, guardada as consequentes atualizações, ao longo do tempo, continuam sendo de pesquisar, preservar e difundir conhecimentos e, são elas em suas diferentes dimensões (social, educacional, comunicacional, econômica, política, cultural etc.), que vêm sendo estudadas por diferentes pontos de vista (histórico, antropológico, sociológico etc.).” [Valente, 2014]

A instituição é comprometida com a divulgação científica, entendendo-a como elemento transformador, tornando-a acessível e compreensível para o público de uma forma geral, ao mesmo tempo, tendo uma ação educadora e cultural para a população.

“...à Divulgação Científica visa mudar crenças e atitudes e, para tal, se empenha em: possibilitar que os indivíduos compreendam os benefícios que a ciência pode oferecer para a saúde, agricultura e industrialização; auxiliar para que as pessoas estejam preparadas para o futuro; e ampliar a aceitação, a consciência e a educação do público em relação à ciência” [Gascoigne e Schiele (2020):

A Astronomia e a História da Ciência podem ser utilizadas sobre a perspectiva educacional de Freire (1987), onde o problema pode ser capaz de permitir ao aluno (ou visitante) uma análise crítica do conhecimento a ele apresentado:

“o ponto central da problematização é proporcionar ao educando a necessidade da aquisição de outros saberes que ainda não possui, ou seja, entender que as situações-problema apresentadas, precisam ser exploradas.”[Delizoicov (1991)]

No campo da museologia e em sua interseção com o patrimônio cultural, os objetos preservados por seus valores históricos exigem permanente revisão de seus atributos, significados e enquadramentos interpretativos. A materialidade do artefato não se esgota em sua dimensão física; ela é continuamente reatualizada à luz de novas pesquisas, documentos e abordagens teóricas que ampliam o conhecimento disponível e possibilitam novas formas de apresentação pública. Assim, a preservação não implica cristalização de sentidos, mas abertura a leituras sucessivas.

Na identificação e documentação do objeto, um dos aspectos centrais consiste na reconstrução de sua trajetória histórica. Trata-se de esclarecer sua finalidade original, suas funções ao longo do tempo, os sujeitos e instituições a que esteve vinculado, as circunstâncias de sua fabricação e as condicionantes técnicas, científicas, sociais e culturais que moldaram sua existência. Essa contextualização não apenas enriquece a compreensão do artefato, como o reinsere em redes de práticas e saberes que lhe conferem inteligibilidade.

Frequentemente, ao recuperar a trajetória de um objeto preservado, também reconstruímos fragmentos de nossa própria história coletiva, atribuindo-lhe novos valores e significados. O processo de patrimonialização, portanto, é simultaneamente científico e simbólico: ele articula investigação histórica, curadoria e produção de memória, transformando o objeto em suporte material de narrativas e identidades em constante elaboração.

4.4 Instrumento Científico vetor de formação do conhecimento científico

Os instrumentos científicos que se encontram depositados nos museus de ciências desempenham importante papel na construção do conhecimento científico, uma vez que estes materializam inúmeros processos que transcendem a sua materialidade, conforme já foi dito. Pode-se mesmo dizer que o instrumento científico opera em um ciclo dialético: é a manifestação material da cultura que o engendra e, simultaneamente, um agente ativo de transformação cultural, gerando novos saberes e remodelando a apreensão da realidade.

O termo teria sido cunhado por Nehemiah Grew⁴⁵ em seu catálogo de objetos de 1681 pertencente à Royal Society, criou a classe “instrumentos relacionados à Filosofia Natural”, distinta dos instrumentos práticos (WARNER, 1990).

A formalização conceitual de uma teoria envolve a construção de um conjunto sistematizado de proposições que visam a modelar, descrever, explicar e, em muitos casos, prever fenômenos. A credibilidade teórica depende de sua capacidade de ser testada e de sua relação com evidências empíricas. Experiências ou procedimentos destinados ao teste de teorias ou hipóteses constituem o elemento decisivo para sua corroboração ou falsificação. (Chalmers; Fiker, 1993)

O instrumento científico é um elemento no processo de formalização dos conceitos teóricos é uma entidade indissociável e fundamental. Atua como elo material entre a ideia abstrata e a realidade empírica, ampliando e refinando a capacidade humana de observar o mundo. Sua utilização constitui o meio pelo qual a teoria é posta à prova, sendo frequente que o instrumento represente a própria teoria materializada. Sua participação implica, na maioria das vezes, um desafio crítico tanto às teorias quanto à tecnologia necessária para construí-lo. Em síntese, não há ciência sem instrumentos: eles são a extensão de nossas ideias e corpos, complementando os nossos sistemas sensórios. (Bachelard, 1970)

O conhecimento obtido, ou construído, por meio de um instrumento é, em última instância, condicionado pelo que conseguimos perceber através dele. Um exemplo emblemático é o de

⁴⁵ **Nehemiah Grew (1641-1712):** médico e botânico inglês, viria a ser conhecido como o pai da anatomia vegetal, seu trabalho pioneiro, com o uso de microscópio estabeleceu a base para o estudo moderno das plantas

Tycho Brahe⁴⁶, que, ao construir um quadrante mural⁴⁷ com aproximadamente dois metros de raio, buscava alcançar precisão superior à dos instrumentos de sua época. Ao aprimorar a resolução de suas medições, desenvolveu técnicas de divisão numérica, imprimindo-as na estrutura de latão de seus instrumentos, em sua busca pela consolidação do modelo ptolomaico, ou variantes a partir deste (TOSSATO, 2022; KOMATZ; SODRÉ, 2014). Contudo, a qualidade dos dados produzidos permitiu que Johannes Kepler⁴⁸ os utilizasse para fundamentar um modelo alternativo: o heliocêntrico.

A melhoria da técnica converte-se em meio de legitimação do conhecimento. Como observa Alexandre Koyré, o nascimento da ciência moderna dependeu da união entre a matematização da natureza e a construção de instrumentos capazes de tornar visíveis fenômenos invisíveis aos sentidos (KOYRÉ, 2006).

Os instrumentos participam ativamente da construção dos fatos científicos, atuando como extensões da prática laboratorial e como elementos de credibilidade nas redes de produção do conhecimento. Uma definição célebre, proposta por Gerard L'E. Turner, descreve o instrumento como “uma ideia feita de latão” (TURNER, 2025), enfatizando que ele constitui a transposição material e tridimensional de um conceito científico. A análise de um instrumento científico requer uma abordagem abrangente, capaz de integrar dimensões culturais, técnicas e históricas. (Sá Rego Matos et al., 2022)

O instrumento, portanto, materializa a teoria, tornando possível testá-la, explorá-la e aperfeiçoá-la. Pode-se afirmar que esses artefatos atuam como mediadores, termo que, embora problemático, expressa adequadamente sua função entre o sujeito e o fenômeno

⁴⁶ Tycho Brahe (1546-1601) astrônomo dinamarquês, famoso por suas observações celestes precisas. Ele construiu o observatório de Uraniborg, onde recolheu os dados que permitiram a Johannes Kepler descrever as órbitas elípticas dos planetas

⁴⁷ Quadrante **Mural** é um instrumento astronômico de grande porte, fixado permanentemente em um plano vertical, geralmente em uma parede orientada na direção Norte-Sul (um meridiano). Sua função principal era medir com alta precisão a altura angular de um astro no exato momento em que ele cruzava o meridiano local. Esse momento é chamado de passagem meridiana.

⁴⁸ Johannes Kepler (1571-1630): astrônomo, matemático e astrólogo alemão. É notório por formular as três leis do movimento planetário, que descrevem as órbitas elípticas dos planetas em torno do Sol, revolucionando a cosmologia

natural, possibilitando a construção, verificação e comunicação do conhecimento científico. (Bachelard, 2005)

Sob uma perspectiva histórica, é fundamental situar o instrumento em seu contexto de invenção e uso, considerando as condições materiais e institucionais que permitiram sua concepção. Os instrumentos são portadores de ideais epistêmicos como objetividade, precisão e padronização que variam temporalmente e moldam as práticas de observação. Assim, compreender um instrumento implica reconhecer as formas de ver e representar o mundo que ele possibilita.

Ademais, a análise deve incorporar a dimensão técnica do objeto. Os instrumentos constituem produtos de uma cultura material da ciência, na qual o saber técnico, as práticas artesanais e as interações entre cientistas e fabricantes desempenham papel decisivo. A fábrica, o observatório e o laboratório tornam-se, assim, espaços de convergência entre ciência e técnica.

4.5 Instrumentos científicos preservação e acesso.

Os instrumentos científicos existentes no campus do Observatório Nacional representam um processo evolutivo que reflete a dinâmica de transformação dos equipamentos utilizados nos laboratórios de ciência em todo o país. Cada instrumento foi explorado ao máximo de suas potencialidades e, ao longo do tempo, novos elementos mecânicos, elétricos, eletrônicos ou químicos foram incorporados, modificados ou substituídos. Em alguns casos, a própria estrutura mecânica sofreu alterações para se adaptar a adversidades operacionais ou a novos requisitos experimentais.

Essas transformações possuem um objetivo comum: assegurar que o instrumento continue cumprindo sua finalidade essencial, que é a produção de conhecimento científico. Assim, é plausível supor que todos os instrumentos do Observatório Nacional tenham passado por modificações ou adaptações ao longo de sua trajetória institucional.

As lunetas equatoriais, por serem instrumentos de grande porte, assim como os equipamentos utilizados em campo, devem passar por procedimentos de manutenção,

ajustes e limpeza, tanto na estrutura mecânica quanto nas lentes. Ressalta-se que o procedimento de manutenção ou limpeza de um instrumento pode iniciar-se na observação contínua e no uso do equipamento, cabendo ao astrônomo reportar à equipe de manutenção ou limpeza a necessidade de intervenção. Não foram encontrados relatos ou pedidos formais de manutenção ou limpeza nos arquivos do Observatório Nacional.

No caso do Observatório Nacional, situado em latitude subtropical (aproximadamente 23° S) e localizado em uma cidade com as características do Rio de Janeiro, as condições ambientais impõem desafios significativos ao funcionamento e à precisão desses instrumentos. A região apresenta variações térmicas relevantes ao longo do verão e expressivas oscilações de umidade, decorrentes da proximidade com o oceano e da influência do relevo montanhoso, que altera os padrões de circulação do ar. Esses elementos configuram um microclima complexo, com efeitos diretos sobre a estabilidade instrumental e sobre a durabilidade dos componentes ópticos e mecânicos.

Do ponto de vista físico, tais condições impactam diferentes níveis de desempenho dos equipamentos. Os gradientes térmicos diários produzem dilatações e contrações em componentes metálicos e estruturais, alterando alinhamentos finos e interferindo na colimação. As lentes e prismas, por sua vez, sofrem variações de índice de refração dependentes da temperatura, afetando a qualidade do foco e o comportamento cromático, fenômeno previsto por tratados de óptica e instrumentação científica do início do século XX. (Newcomb, 1900), (Young, 1897)

A umidade relativa elevada da cidade do Rio de Janeiro, frequentemente superior a 80%, favorece o crescimento de fungos nas superfícies ópticas, problema bem documentado em estudos sobre conservação de instrumentos astronômicos e científicos. As colas, vernizes e revestimentos empregados em instrumentos ópticos entre os séculos XIX e XX são particularmente sensíveis a ambientes úmidos e tropicais, exigindo cuidados específicos de conservação. (Schechner; Sliski, 2016)

Outro fator crítico são os processos de oxidação e corrosão que atuam sobre as partes metálicas. A atmosfera urbana do Rio de Janeiro, enriquecida por partículas de poluentes resultantes da expansão veicular e industrial, acelera a corrosão de engrenagens, eixos e suportes. Casos semelhantes foram reportados em outras instituições históricas de

observação astronômica e suas coleções de instrumentos. (“Scientific Instrument Society”, [S.d.])

A turbulência atmosférica local (seeing)⁴⁹ constitui outro problema relevante. Gradientes térmicos entre o interior da cúpula e o ambiente externo geram correntes convectivas que degradam a nitidez das imagens. A literatura técnica mostra que esse fenômeno afeta especialmente observatórios urbanos e costeiros, e que técnicas de ventilação e controle térmico foram desenvolvidas historicamente para mitigar esses efeitos .

Esses fatores ambientais permaneceram relevantes tanto no início do século XX quanto na atualidade, agravados pelo aumento de contaminantes atmosféricos. A historiografia recente enfatiza a importância da relação entre instrumentação e ambiente físico, bem como os contextos culturais em que as práticas observacionais evoluíram.

Deve-se ressaltar, portanto, a importância dos métodos e processos de obtenção de dados, captura de fotografias, rotinas de observação e objetivos específicos de determinadas medições. Esses procedimentos permanecem, em grande parte, obscuros ou esquecidos. Preserva-se o instrumento material, e conhecem-se suas características básicas, mas frequentemente desconhecem-se os procedimentos cotidianos de operação. A historiografia da prática científica destaca que grande parte da atividade observacional envolve rotinas não documentadas.(“Scientific Instrument Society”, 2025)

Infere-se que uma parcela significativa desses registros esteja irremediavelmente perdida. Até o momento, não foi possível localizar documentação específica sobre os processos de manutenção, limpeza e rotinas de observação nos materiais consultados referentes aos instrumentos, no caso da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo este é inexistente. Essa ausência reforça a interpretação historiográfica segundo a qual grande parte dos saberes operacionais e tácitos da prática científica não sobreviveram às modificações realizadas pelo tempo.

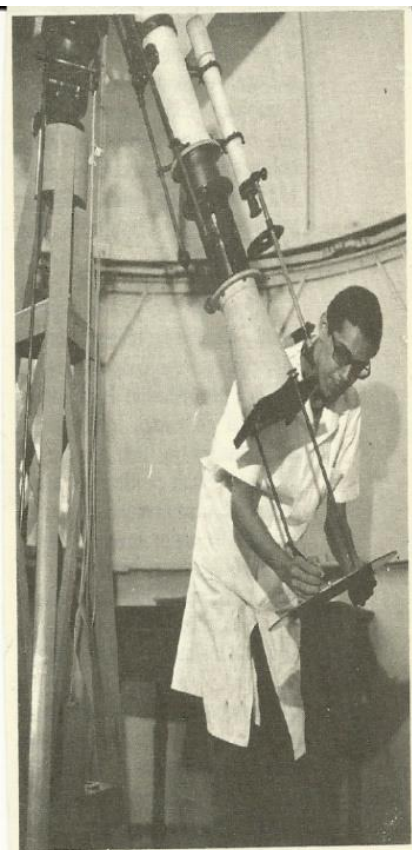
Um dos trabalhos contínuos do Observatório Nacional era a observação diária das manchas solares e o acompanhamento de sua evolução, este acompanhamento tinha como motivo

⁴⁹ Em astronomia, o termo em inglês seeing refere-se à medida da qualidade da imagem de objetos celestes formada por telescópios, a qual é afetada pela turbulência atmosférica local. Essencialmente, é o grau de instabilidade e distorção causado pelas flutuações de temperatura e movimento do ar na atmosfera terrestre.

principal as interferências eletromagnéticas, devido a atividade solar. Estes dados eram utilizados pelo Serviço da Hora do ON, sendo disponibilizados para “Solar Influences Data Analysis Center (SIDC), World Data Center for the Sunspot Index, no Royal Observatory of Belgium”⁵⁰.

A figura 44, apresenta o uso do instrumento para a monitorização do Sol e das manchas solares, realizadas na época pelo assistente de astrônomo – Sr. Marcomedes Rangel. Mas nesta fotografia em comparação com a figura 2, podemos observar as modificações realizadas no instrumento: novo tripé de sustentação do instrumento, anteparo de observação das manchas solares, sendo este fixado no suporte de fixação da placa fotográfica, luneta buscadora, com estrutura de anteparo, par observação do Sol, que não é observada nas fotografias, mas recentes, assim como na modificação do sistema de motorização do instrumento.

Figura 44 : Monitoramento das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Marcomedes Rangel, na cúpula da Luneta Equatorial do Fotoheliografo.



Fonte: (colocar referência apresentando....)

⁵⁰ Este serviço realiza o acompanhamento constante das atividades solar, para maiores informações procure o site do SIDC: <https://www.sidc.be/#research>

No final da década de 1960 e início da década de 1970, o Observatório Nacional (ON) iria descontinuar o serviço de acompanhamento das manchas solares esse acompanhamento deixou de ser necessário em razão dos avanços técnicos, o que resultaria em um período de inatividade do equipamento.(Barreto, 1987)

Dois astrônomos, contudo, modificaram essa trajetória: Ronaldo R. F. Mourão⁵¹, chefe do Departamento de Astronomia, e Marcomedes Rangel, astrônomo do Observatório Nacional alocado no Serviço da Hora. Coube ao primeiro permitir e incentivar o uso do equipamento e, ao segundo, utilizar o instrumento como elemento de divulgação da astronomia, trabalho este realizado de forma espontânea pelo astrônomo.

No âmbito educativo, o instrumento científico histórico transcende a função científica, definida ao longo dos anos de serviço, ele traz consigo a sua história, sua prática, sua funcionalidade que revela as suas outras potencialidades. Quando integrado a uma prática didática revelando potencialidades significativas quando integrado a uma sequência didática estruturada para o ensino básico. Constitui um recurso pedagógico capaz de mediar a aprendizagem de conceitos abstratos e de promover a articulação entre teoria e prática. Nessa perspectiva, o estudante deixa de se manter distante do objeto de estudo e transforma-se por meio de sua ação sobre o conhecimento. O uso histórico e filosófico de instrumentos, como parte de uma sequência didática, permite aos estudantes compreender a ciência como uma construção humana e cultural, situada em contextos sociais e tecnológicos específicos.(Valente; Cazelli, 2015)

A manipulação ativa de instrumentos, desde os mais simples até os mais complexos, conduz o aprendiz da condição passiva de receptor à condição de investigador participante. Essa experiência prática favorece a internalização de conceitos abstratos e posiciona o instrumento como uma ferramenta cultural que estabelece a mediação entre o sujeito e o objeto do conhecimento.

O uso de instrumentos científicos históricos no MAST apresenta uma longa experiência documentada em diversos momentos ao longo de sua história. Sempre que possível,

⁵¹ Ronaldo Rogério de Freitas Mourão (1935–2014) foi astrônomo, escritor e destacado divulgador científico brasileiro. Astrônomo do Observatório Nacional, idealizou a criação do Museu de Astronomia e Ciências Afins, desempenhando papel central em sua consolidação. Destacou-se pela popularização da astronomia no país e por pesquisas sobre estrelas duplas, asteroides e cometas. É considerado um dos principais nomes da astronomia brasileira contemporânea.

instrumentos como lunetas ou mesmo o foteheliógrafo foram utilizados em atividades de observação noturna ou da observação das manchas solares. A facilidade de acesso e a capacidade de manipulação desses instrumentos históricos permitiam uma nova perspectiva ao visitante. A proposta educativa ampliava o conhecimento ao explorar os instrumentos científicos, transcendendo os limites do conhecimento visível que eles incorporam (VALENTE; CAZELLI, 2015).

Figura 45 : Matéria publicada no Jornal do Brasil – caderno B, informando que o MAST irá promover uma atividade que é a observação do Sol, pela Luneta Equatorial do Foteheliografo da Zeiss – parte do projeto “ é Tempo de Verão no Museu”.

Criança vai brincar de astronomia

O Museu de Astronomia do Rio de Janeiro vai promover no próximo domingo, dentro de sua programação de verão a partir das 14h, Brincando com a Ciência, uma série de atividades com luz e cor para crianças e jovens, que poderão manipular prismas, lentes, tintas e outros materiais.

No sábado, dia 20, às 17h, o Coro de Câmara Pró-Arte vai apresentar 10 cantatas, um repertório que vai do século 7 até o período contemporâneo. Em seguida, às 19h, haverá uma palestra sobre energia solar.

Na segunda-feira, dia 22, a partir das 16h, a cúpula do foteheliógrafo (aparelho para observação do Sol) será franqueada ao público. O foteheliógrafo foi fabricado na Alemanha no início do século para observação das manchas solares e para fotografar o Sol. A cúpula, que acaba de ser restaurada pelo Mast, estará sendo reinaugurada. No mesmo dia, será aberta a exposição O Sol, com apresentação de vídeos mostrando sua utilização como fonte de energia. A programação será encerrada às 17h com o espetáculo O Mundo Colorido do Circo, por profissionais da Escola Nacional de Circo.

Todas as atividades do projeto É Tempo de Verão são gratuitas. O Museu de Astronomia fica na Rua General Bruce, 586, em São Cristóvão.

Fonte: (“Jornal do Brasil, 09 de dezembro de 1986”, 1986)

Como destacam Ester Valente e Cybele Cazelli, funcionárias do MAST, a contextualização de instrumentos históricos, especialmente os originais, favorece a compreensão dos processos de experimentação e estimula o desenvolvimento do pensamento científico entre os estudantes. Nesse sentido, o instrumento atua como um objeto de ação epistemológica e educativa, contribuindo de modo significativo para a alfabetização científica (CAZELLI; VALENTE; COIMBRA, [s.d.]).

A Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo é um instrumento projetado no final do século XIX que apresenta grande semelhança com o equipamento original concebido por William de La Rue⁵² em meados do mesmo século. Contudo, distingue-se por características mecânicas e ópticas aprimoradas, revelando a superioridade técnica e material do exemplar adquirido pelo Observatório Nacional.

A técnica e o processo de registro das manchas solares encontram-se preservados nos cadernos dos antigos astrônomos do Observatório, que utilizaram o instrumento ao longo de aproximadamente sessenta anos. Ao final de suas atividades científicas, a luneta passou gradualmente a ser utilizada em observações solares voltadas ao público escolar, sob orientação dos astrônomos Ronaldo Rogério de Freitas Mourão e Marcomedes Rangel. Essa prática educativa foi posteriormente retomada e incorporada em 1987 pelo MAST, integrando as visitas escolares realizadas à instituição (VALENTE; CAZELLI, [s.d.]).

Portanto, a história e a conceituação do instrumento científico o identificam como agente da descoberta e da consolidação teórica; no plano educativo, pode vir a ser um agente da aprendizagem e da cultura científica. Reconhecer esse duplo papel é fundamental para compreender o potencial pedagógico dos instrumentos preservados em instituições como museus de ciência e centros de pesquisa histórica.

⁵² **Warren De la Rue (1815 - 1889)** industrial, astrônomo e químico britânico. É reconhecido como pioneiro na fotografia astronômica, da Lua, desenvolvendo o fotoheliógrafo e obtendo a primeira foto de um eclipse total de Sol em 1860.

5. O Fotoheliografo e a Divulgação Científica.

Ao longo deste texto, foram explicitadas as características técnicas e históricas associadas ao uso do fotoheliografo, bem como discutidas as principais ações educativas e de divulgação científica desenvolvidas pelo MAST. Este capítulo constitui, assim, uma síntese dos aspectos centrais que evidenciam o potencial de um instrumento científico histórico, como o fotoheliografo, no processo de construção do conhecimento científico, apresentando, ao final, uma linha do tempo das atividades desenvolvidas por esse instrumento.

5.1 O caminho construído

Desde o Imperial Observatório os astrônomos respondiam ao imperador e a população em geral, sobre os grandes eventos da Astronomia, esta prática pode ser observada em quase todos os eventos noticiados pelos diversos jornais nos vários momentos da vida pública do observatório. No discurso proferido pelo Diretor Henrique Morize na abertura da sessão solene comemorativa do 1º Centenário da Independência do Brasil, realizada no dia 19 setembro de 1922.

“Entretanto, o grande público exige que se lhe forneça uma explicação que seja clara e fácil de assimilar, sem mesmo possuir os conhecimentos básicos exigidos pelos cientistas e que não dispensam estes de hesitar, de lutar, para adquirir as novas noções das quais algumas são paradoxais e parecem revolucionárias. Essa curiosidade geral é notável e até louvável. Ela provém de um sentimento nobre: o desejo de conhecer um pouco mais dos segredos do Universo em meio do qual vivemos” (Morize, 1922)

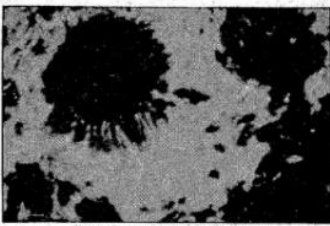
A citação do diretor do Observatório Nacional, Henrique Morize, encontra respaldo tanto em seus antecessores quanto em seus sucessores na direção da instituição.

As ações de divulgação científica no Observatório Nacional concentraram-se, sobretudo, em iniciativas individuais de seus astrônomos. Na década de 1970, Ronaldo Rogério de Freitas Mourão publicou colunas no jornal *O Globo*; nos anos 1980, Marcomedes Rangel escreveu no *Jornal do Brasil* textos dedicados à divulgação científica e a experiências simples em Física,

Química e Astronomia. Outros profissionais também ministravam cursos, muitos vinculados ao Clube de Astronomia do Rio de Janeiro (CARJ). A presença do público intensificava-se durante fenômenos astronômicos de grande repercussão, como eclipses, embora tais ações não configurassem um projeto institucional formal. Em 30 de março de 1975, um desses textos descreveu procedimentos seguros para a observação solar com pequena luneta, reafirmando o compromisso do Observatório com a educação e a divulgação científica. (Nunes, 1975).

Figura 46 : Matéria publicada no Jornal O Globo, com as instruções para observação do eclipse anular do Sol que ocorreria nos dias vindouros.

CIÊNCIA RECREATIVA
MARCELO DE RANGEL NUNES



Uma série de arte este tipo de uma mancha solar, feita em 1968 por um telescópio montado em um telescópio de 200 milímetros. Foto e núcleo da mancha (que ocorreu) e a penumbra (em pontos adjacentes).

Instruções para a observação das manchas solares

Muitas pessoas comparam a observação solar com a observação lunar, mas há diferenças importantes. O fenômeno solar é muito mais brilhante e a observação deve ser feita com cuidado para não causar danos à visão. A observação solar deve ser feita com um filtro adequado, como o vidro de segurança usado em soldagem.

Manchas solares

Quando se olha para o Sol com uma luneta, a primeira coisa que chama atenção é a superfície amarela, alaranjada ou vermelha. Essa é a fotosfera, a camada mais próxima da superfície solar. As manchas solares são regiões da fotosfera onde o campo magnético é muito forte, o que impede a convecção normal e faz com que essas regiões fiquem mais frias e, portanto, mais escuras.

Anteparo

O primeiro sinal de uma mancha solar é o aparecimento de uma pequena mancha escura na fotosfera. Essa mancha é chamada de "penumbra" e é a primeira etapa da formação de uma mancha solar. A penumbra é formada por um campo magnético muito forte, que impede a convecção normal e faz com que essa região fique mais fria e, portanto, mais escura.

Qualidade da imagem

Para obter uma boa imagem de uma mancha solar, é necessário usar um filtro adequado e uma luneta de boa qualidade. O filtro deve ser colocado na frente da luneta e não na frente dos olhos. A luneta deve ser de boa qualidade e deve ser usada corretamente.

Método de observação

Para observar uma mancha solar, é necessário usar um filtro adequado e uma luneta de boa qualidade. O filtro deve ser colocado na frente da luneta e não na frente dos olhos. A luneta deve ser de boa qualidade e deve ser usada corretamente.

Programa de observação

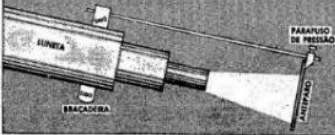
O programa de observação deve ser feito em um local seguro e deve ser feito com cuidado. O observador deve usar um filtro adequado e deve usar a luneta corretamente. O programa de observação deve ser feito em um local seguro e deve ser feito com cuidado.

CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS

Grupos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										

Dados recolhidos

Com o passar do tempo, no decorrer da observação, pode-se obter um gráfico, sendo na horizontal o dia e na vertical o número de manchas. Esse gráfico pode ser usado para determinar a atividade solar e a ocorrência de eclipses.



Fonte: (Nunes, 1975)

A partir de 1985, o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) instituiu o programa de observação do céu, assegurando regularidade à difusão da Astronomia no Rio de Janeiro, em articulação com iniciativas como o Planetário da Cidade do Rio de Janeiro e o Observatório do Valongo. No acolhimento ao público escolar, a observação do Sol consolidou-se como prática regular, realizada exclusivamente por técnicas indiretas e sempre acompanhada da explicitação dos riscos da observação direta. Estruturadas segundo rotinas condicionadas pelas condições meteorológicas e pelo perfil do público, essas atividades, em geral expositivas, buscavam estabelecer diálogo com os participantes e possibilitavam a abordagem de temas como a alternância entre dia e noite, o calendário solar e a observação das manchas solares. Ao longo de cerca de quatro décadas, as observações solar e noturna mantiveram-se como práticas contínuas do MAST, passando por um processo gradual de atualização instrumental; contudo, a substituição dos instrumentos históricos por equipamentos modernos, mais adequados ao manuseio pelo público, constitui um ponto controverso no que se refere à preservação do patrimônio científico.

5.2 Um caminho a pavimentar.

Como parte do processo de alfabetização científica, os fenômenos celestes são introduzidos já nos primeiros anos da escolarização básica. Com o objetivo de promover unidade curricular, a Astronomia é incorporada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como atividade temática do ensino básico, sendo recomendada no âmbito das Ciências da Natureza. A unidade temática “Terra e Universo”, presente ao longo de todo o ensino fundamental I e II, reúne um conjunto expressivo de conhecimentos essenciais à formação conceitual dos estudantes, abrangendo desde noções elementares, como a alternância entre dia e noite, escalas de tempo e distância, a esfericidade da Terra e o Sol como fonte de energia, até a compreensão da dependência energética do planeta e de seus efeitos sobre o sistema terrestre.

Para os professores, a BNCC oferece uma estrutura que possibilita diferentes níveis de articulação interdisciplinar, favorecendo abordagens integradas em detrimento da apresentação fragmentada de conceitos. No entanto, observa-se que, em geral, os docentes

não dispõem da formação necessária para implementar tais articulações de modo efetivo. Essa lacuna torna-se particularmente crítica diante do fato de que a maioria dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Biologia, Química, Física e Matemática não contempla, em suas matrizes curriculares, componentes específicos voltados ao ensino de Astronomia. (Langhi; Nardi, 2007) (Gonzatti et al., 2013)

5.3 O aprendizado que abre fronteiras

Como discutido ao longo deste texto, o projeto de observação do céu apresentou, em sua fase inicial, duas orientações principais. A primeira correspondia à observação noturna, voltada à exploração do céu visível em determinados períodos, enquanto a segunda dizia respeito à observação solar, realizada durante as visitas escolares sempre que as condições atmosféricas eram favoráveis. Ambas as modalidades envolviam questões e problematizações conceitualmente sensíveis, muitas vezes complexas de serem tratadas no próprio contexto da observação. Diante desse desafio, o MAST passou a responder por meio do estabelecimento de parcerias e da construção de projetos voltados à divulgação e à educação em Astronomia.

No âmbito do projeto *Museu vai à Praia*, desenvolvido nas edições de 1987, 1988 e 1989, as atividades consistiam fundamentalmente em levar às praias cariocas ações educativas voltadas à reflexão sobre os impactos do Sol no meio ambiente e sobre a influência desse astro na vida cotidiana. (Valente; Cazelli, 2015a).

“A equipe responsável foi para as praias, munida de diversos instrumentos ópticos (luneta, espectroscópio, prismas, lentes e espelhos) e também aparatos interativos por meio dos quais era possível observar a polarização da luz, o aquecimento solar, a formação das ondas, a marcação solar das horas (relógio de Sol). O evento foi um grande sucesso que marcou os primeiros anos de existência desta instituição.”

As reedições do “Museu vão a Praia” em 2012, 2013 e 2014, o contato e a ampliação da interação com o público em seu momento de lazer, transformaram o projeto.

“Além de dar visibilidade ao Museu, e às instituições parceiras, para a Coordenação de Educação em Ciências este contexto é um importante laboratório para as práticas e concepção do conceito de mediação” (Falcão, 2010)

As ações de troca entre o museu e a escola intensificam-se, levando à concepção e ao desenvolvimento de novos projetos voltados ao fortalecimento dessa relação.

“Talvez seja, então, na colaboração museu-escola que resida uma grande chance de alcançar um número maior de sujeitos expostos aos assuntos de cunho científico, sobretudo quando o museu, como espaço não formal de educação, proporcione esses estímulos por meio de ações continuadas. Colaborações do tipo museu-escola podem figurar o caminho mais eficaz para os esforços de popularização da ciência, e em especial da Astronomia, mas ainda estão longe de terem a possibilidade de implementação em todo território nacional”. (“Ao encontro do público”, 2015)

As ações de visita ao museu passam a adquirir um novo grau de interação à medida que os visitantes estabelecem diálogo direto com a equipe do MAST e conhecem a proposta pedagógica da Visitação Escolar Programada (VEP). Nesse contexto, o processo de mediação científica torna-se mais estruturado e intencional, permitindo à Coordenação de Educação em Ciências (COEDU) desenvolver estratégias voltadas à ampliação da popularização da ciência, em consonância com os objetivos educacionais da visita.

Na pesquisa “Percepção Pública da Ciência e Tecnologia no Brasil”, (“Percepção Pública da C&T no Brasil”, 2023) mostra que 11% da população brasileira costuma visitar museus e centros de ciência, portanto as ações extramuro devem ser priorizadas como ação governamental para executar a expansão do ato de divulgação da ciência na sociedade.

Instituída pelo Decreto Presidencial de 9 de junho de 2004, a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) convoca anualmente instituições de ensino, pesquisa e entidades científicas a promover, em todo o país, atividades de divulgação científica em torno de um tema central, destinadas ao público em geral. (“Semana Nacional de Ciência e Tecnologia”, 2025)

Uma das ações do MAST, nestes eventos

“O Planetário inflável digital, a observação do Sol e das manchas solares, o Brincando de matemático, os aparatos de energia limpa alternativa, o brincando com a ciência são exemplos de atividades que o MAST leva para a Semana como expositor, fornecendo recursos humano aos Polos, além da infraestrutura simplesmente.”

Ao longo dos anos, o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) consolidou parcerias com instituições universitárias e atuou em programas de ensino e divulgação da Astronomia, destacando-se a criação, em 2009, no âmbito do Ano Internacional da Astronomia, do Encontro Regional de Ensino de Astronomia (EREA), programa de capacitação docente realizado até a atualidade, com apoio de secretarias de educação e de órgãos federais. O EREA tem como foco a formação de professores do ensino fundamental e médio, a aproximação entre astrônomos profissionais e amadores e a difusão de metodologias práticas por meio de oficinas, que abordam temas como observação do Sol, estações do ano, fases da Lua, eclipses, sistemas planetários e o uso de instrumentos didáticos, além do incentivo à participação na Olimpíada Brasileira de Astronomia (OBA). (Bretones, 2025) (“Mast 30 anos de pesquisa - Ao encontro do público”, 2015)

5.4 Novas formas de ver, o que existe

Apesar das modificações e dos percursos por vezes tortuosos, a educação e a ciência passaram, e continuarão a passar, por transformações em múltiplas dimensões, incluindo a composição dos públicos, os métodos de ensino e os temas e perspectivas de estudo e pesquisa. Nesse contexto, a compreensão das ciências naturais tende a assumir caráter orientado por fenômenos, articulando atividades práticas e narrativas culturalmente integradas. O ensino de ciências desloca-se, assim, da simples transmissão de fatos ou procedimentos para a compreensão da ciência como uma atividade cultural, contribuindo para usos cada vez mais diversos de recursos históricos na educação formal e informal. (Cavicchi et al., 2022)

O ensino de ciências predominante no final do século XX caracteriza-se por elevado grau de descontextualização. Em contraste, nos contextos em que instrumentos históricos são incorporados às práticas educativas, os métodos e procedimentos científicos tornam-se mais evidentes, e o contexto histórico passa a constituir uma base fecunda para a reflexão e a discussão. O instrumento científico histórico funciona, nesse sentido, como uma forma de “viagem no tempo”, ao transportar para a presente característica distintiva da época de sua concepção, projeto e uso original. Essas características abrangem aspectos materiais, de design, mecanismos, modos operatórios e dimensões sociais da prática científica. Para os públicos contemporâneos, a aparência por vezes incomum e os materiais hoje pouco usuais despertam curiosidade e evidenciam a materialidade e a lógica construtiva de seu tempo de origem.

No caso da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo, evidencia-se um conjunto amplo de questões que pode ser explorado de forma sistemática, tanto no contexto da visita museal quanto nas ações desenvolvidas em parceria com as escolas. Essas possibilidades dialogam diretamente com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sobretudo no eixo das Ciências da Natureza, no qual a Astronomia figura como campo estruturante para a alfabetização científica nos anos iniciais e finais do ensino fundamental, bem como no ensino médio.

A própria estrutura do domo que abriga a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo constitui um ponto de partida privilegiado para a compreensão da relação entre ciência, técnica e arquitetura. Por que o domo possui forma circular e não quadrada? Essa escolha não é estética, mas funcional, pois a geometria circular permite o giro contínuo do instrumento e a abertura controlada da fenda de observação, acompanhando o movimento aparente do céu. Além disso, a análise dessa configuração permite abordar a construção de sólidos geométricos e de estruturas tridimensionais a partir de elementos bidimensionais. A partir dessa observação, torna-se possível discutir como o espaço arquitetônico é moldado pelas necessidades da prática científica e como ciência e engenharia dialogam na concepção e na construção de observatórios.

A observação com o Fotoheliógrafo suscita uma questão fundamental da astronomia: o céu se move ou é a Terra que se movimenta? A partir do acompanhamento do Sol pela luneta, torna-se possível discutir a rotação terrestre, o movimento aparente dos astros e a construção

histórica dos sistemas de referência. Esse debate conduz o público à compreensão de que aquilo que se observa depende do ponto de vista adotado, permitindo uma introdução acessível aos conceitos de movimento relativo e de referencial.

A pergunta “por que existem eclipses e por que não ocorrem todos os meses?” conduz à compreensão da geometria do sistema Sol–Terra–Lua. A partir dela, podem ser explorados conceitos como alinhamento, inclinação dos planos orbitais e periodicidade dos fenômenos naturais. Essa abordagem evidencia que os eclipses não são eventos aleatórios, mas fenômenos previsíveis, historicamente estudados e utilizados para o avanço do conhecimento astronômico.

O uso do Foteheliógrafo permite discutir por que a humanidade precisou medir o espaço e o tempo. Como se define um dia, um ano ou uma hora? Por que o dia possui 24 horas? Essas questões remetem tanto à observação dos movimentos celestes quanto à construção histórica dos sistemas de medição. Ao relacionar o funcionamento da luneta com relógios solares e mecanismos de acompanhamento, estabelece-se uma conexão direta entre astronomia, matemática e tecnologia.

A indagação sobre a forma da Terra, se esférica ou plana, oferece uma oportunidade para apresentar evidências observacionais acumuladas ao longo da história, como sombras, eclipses, variações na posição das estrelas e práticas de navegação. Mais do que afirmar um modelo correto, a abordagem museológica permite discutir como o conhecimento é construído, reforçando a ciência como um processo coletivo fundamentado em observações, argumentos e validações históricas.

A atribuição de nomes às constelações abre espaço para uma reflexão sobre o caráter cultural da astronomia. Por que as constelações receberam determinados nomes? Poderiam ter outros? Diferentes povos nomearam o céu de maneiras distintas? Essa discussão evidencia que a ciência não é neutra nem universal em sua origem simbólica, mas atravessada por contextos históricos, culturais e sociais.

O fato de a luneta permanecer aparentemente parada enquanto o Sol se move no céu permite explorar o funcionamento dos sistemas de acompanhamento. Para que serve a motorização? Como ela reduz oscilações e permite um seguimento mais preciso? A análise desses mecanismos conduz à compreensão de princípios físicos, como transmissão de movimento,

engrenagens e controle mecânico, inclusive em sistemas concebidos anteriormente à eletricidade. A utilização da força gravitacional no acionamento do instrumento suscita questões relacionadas à conversão de forças verticais em movimentos horizontais. Essa abordagem permite discutir sistemas mecânicos históricos e sua relação com relógios de precisão, evidenciando como diferentes tecnologias compartilham princípios físicos comuns. Dessa forma, a luneta constitui um elo entre astronomia, física e engenharia mecânica.

A impossibilidade de observar o Sol diretamente introduz discussões fundamentais sobre óptica e fisiologia da visão. Quais são os riscos da observação direta? O papel dos filtros, da projeção e da observação indireta evidencia como o conhecimento científico também se constrói a partir de limites e cuidados metodológicos. A presença de nuvens, por exemplo, não elimina os riscos, o que permite corrigir concepções recorrentes entre o público.

O Fotoheliógrafo possibilita abordar a fotografia científica em seu contexto histórico. Por que se utilizavam placas fotográficas? Quais eram as limitações químicas e técnicas desse processo? A comparação com as imagens digitais contemporâneas evidencia que a imagem científica não constitui um dado bruto, mas um artefato mediado por técnicas, materiais e escolhas metodológicas.

Por fim, questões como onde a luneta foi utilizada, quem a operou, por que deixou de ser empregada e se ainda pode funcionar atualmente permitem reconstruir sua trajetória institucional. Essa abordagem transforma o instrumento em testemunho material da história da ciência no Brasil, reforçando sua relevância como patrimônio científico ativo.

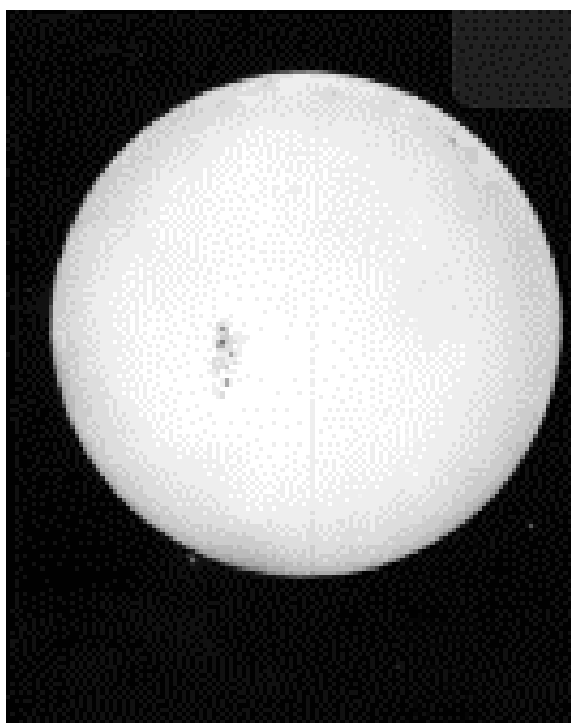
Apesar da multiplicidade de questões passíveis de investigação, a forma de abordá-las constitui o elemento central do processo educativo. Apresentar respostas prontas ou um conjunto fechado de evidências a crianças entre 10 e 14 anos tende a limitar a construção do conhecimento, uma vez que não promove a elaboração de algo além do saber já conhecido ou tácito. Nesse sentido, torna-se necessário conceber propostas e projetos que suscitem questionamentos mais incisivos, colocando os estudantes em uma posição reflexiva, ainda que isso implique repensar estratégias tradicionais de mediação e problematização.

A ampliação dessas questões demonstra que a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo não se configura apenas como um objeto expositivo, mas como um dispositivo epistemológico capaz de articular conceitos científicos, práticas históricas e dimensões culturais. Quando

transformadas em problemas investigativos, essas questões favorecem a alfabetização científica e consolidam o museu como espaço de produção de sentido, diálogo e aprendizagem significativa.

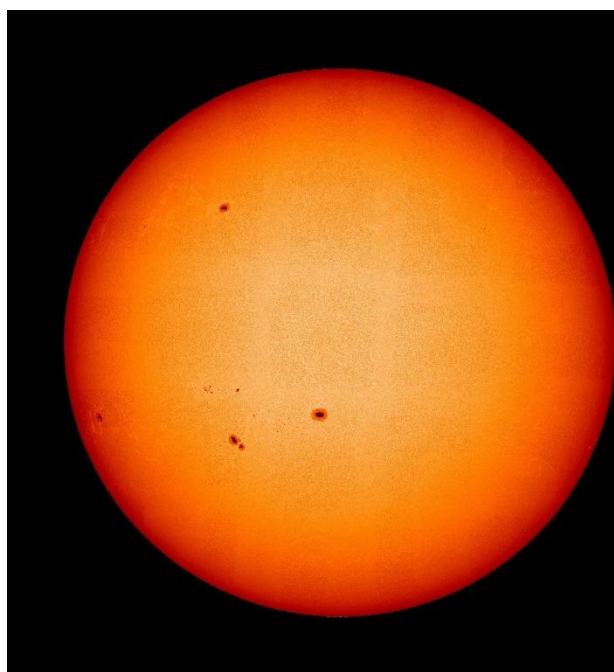
Outro aspecto relevante diz respeito ao tipo de informação produzida por instrumentos científicos históricos, que não se apresenta previamente analisada ou filtrada, como ocorre, por exemplo, com imagens digitais exibidas em telas de alta resolução. Diferentemente disso, uma imagem projetada em um anteparo por um fotoheliografo exige processos de mediação e interpretação, possibilitando ao observador participar ativamente da construção do objeto de conhecimento.

Figura 47 : Observações das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Domingo da Costa em 22 de agosto de 1927, com a ocular Amplificadora da imagem do Sol



Fonte: Observatório Nacional, Arquivo Iconográfico, (Domingos Costa, 1927)

Figura 48 : Sol em luz visível. Foi levado pelo Polarimetric and Heliosismic Imager (PHI) a bordo da sonda Solar Orbiter em 22 de março de 2023. O instrumento coletou luz vermelha com um comprimento de onda de 617 nanômetros.



Fonte ("ESA0000 - The Sun in high resolution", [S.d.]

O que se observa nos documentos produzidos por centros de ciência europeus é a ênfase na necessidade de estabelecer uma conexão entre o instrumento e a época em que foi concebido. Esses instrumentos podem ser originais, modelos físicos ou réplicas resultantes de pesquisas sistemáticas sobre seus processos construtivos. Em todos os casos, o instrumento não deve ser compreendido como um ponto final em si mesmo, mas como parte de um processo mais amplo. Seu valor reside também nas etapas de construção, nos materiais empregados e nas soluções técnicas adotadas, que devem ser analisadas à luz do contexto histórico em que foram produzidas. Ao se observar essas etapas dentro de um determinado período histórico, torna-se possível narrar de forma transparente o processo cultural de construção do instrumento científico. Um único objeto, como o foteheliografo, pode, assim, evocar e tornar inteligível o universo científico e cultural do final do século XIX. (Cavicchi et al., 2022)

Como observado nos documentos emitidos pela Comissão de Instrumentos Científicos da União Internacional de História e Filosofia da Ciência e Tecnologia, evidencia-se o grande potencial do uso de instrumentos científicos históricos na educação contemporânea. (“Scientific Instrument Society”, 2025)

“Museum of the University Groningen. Being astute to the workings and failings of original instruments allows him to apply these insights in returning originals to function and in producing replicas. After modifying his collection’s early twentieth century smoked drum kymograph for continual non-destructive use, he personally operated it throughout a 10-day exhibition”⁵³

Como exemplo de aplicação, destaca-se a experiência da Universidade de Atenas, na qual instrumentos científicos e didáticos históricos vêm sendo incorporados tanto por meio de seu uso quanto pela construção de narrativas em torno de suas práticas. Nesse contexto,

⁵³ Segue a tradução do texto, realizado pelo autor: “Sua perspicácia em relação ao funcionamento e às falhas dos instrumentos originais permite que ele aplique esse conhecimento para restaurar a funcionalidade dos originais e produzir réplicas. Após modificar o quirógrafo de tambor defumado do início do século XX, pertencente à sua coleção, para uso contínuo e não destrutivo, ele o operou pessoalmente durante uma exposição de 10 dias”

ênfatizam-se as biografias e as funções de instrumentos científicos específicos, as personalidades envolvidas na organização dos laboratórios e as particularidades de cada coleção de ensino. (Paparou, 2015)

Atualmente ainda existem oito observatórios, que possuem a câmera fotográfica da Zeiss, com características técnicas semelhantes, em alguns deles, continuam a funcionar, não, mas com objetivos científicos, mas para o trabalho de divulgação científica realizada nas suas localidades, podemos observar no Observatório de Istambul, onde temos a câmera fotográfica acoplada a uma luneta equatorial de aproximadamente 15 cm. de abertura, o anteparo de visualização foi inserido de forma a não danificar a base da chapa fotográfica, como pode ser observado na fotografia. O observatório de Istambul, recebe alunos e visitantes para observação do céu noturno e do Sol.

Figura 49 : Câmera fotográfica da Zeiss, instalada em luneta equatorial de 20 cm de abertura no Observatório da Universidade de Istambul



Fonte: (“Luneta Equatorial do Fotoheliografo do Observatório de Istambul”, 2020)

O valor simbólico e histórico da Luneta de 21 cm do ON/MAST foi analisado em trabalhos acadêmicos, como os de Costa (2009) e Bassalo (2016). Neste último estudo, verificou-se que 61% dos visitantes que participaram das observações noturnas preferiram a experiência proporcionada pelo refrator centenário a observar através de aparelhos modernos. Os entrevistados destacaram o valor histórico da Luneta de 21 cm e relataram que o instrumento despertava sentimentos de admiração. Ademais, o fato de o equipamento ter sido utilizado em pesquisas astronômicas no passado contribuiu para que alguns visitantes se sentissem “como verdadeiros observadores, cientistas e astrônomos” (Spinelli et al., 2018). (Falcão; Lins de Barros, 2015)

Para a Luneta do Fotoheliografo, temos a pesquisa realizada pelo Dr. E. Reis (2010), sobre o uso do instrumento, apontam de forma clara a importância do uso de um instrumento histórico, para a observação do Sol. Sendo que o mesmo, apresenta a peculiaridade de que a observação seja realizada de forma conjunta com um pequeno grupo de observadores, visto a limitação espacial da cúpula. (Reis; Falcão, 2010), (Reis, 2012)

Figura 50 : Observação realizada no Fotoheliografo, 2010



Fonte: (Reis; Falcão, 2010)

5.5 Produto Técnico – Científico

Por se tratar de um mestrado profissional, este programa exige, para além da produção textual e documental, a elaboração de um Produto Técnico-Científico (PTC), entendido como resultado concreto e aplicável do processo investigativo. Nesse sentido, a presente dissertação apresenta, em apêndice, um PTC que articula as três dimensões centrais deste trabalho: a dimensão científica, responsável pelo rigor metodológico; a dimensão histórica, que fundamenta o objeto de estudo; e a dimensão educacional, que orienta sua aplicação e relevância social

A metodologia adotada caracteriza-se por uma abordagem qualitativa e de natureza aplicada, estruturada a partir da articulação entre três procedimentos complementares: a pesquisa histórica, a pesquisa documental e o desenvolvimento de uma proposta didático-pedagógica centrada no foteheliógrafo e em seus desdobramentos educacionais. Essa configuração metodológica justifica-se pela necessidade de compreender o objeto em sua dimensão histórica e, simultaneamente, de produzir um resultado com aplicabilidade concreta no contexto educacional.

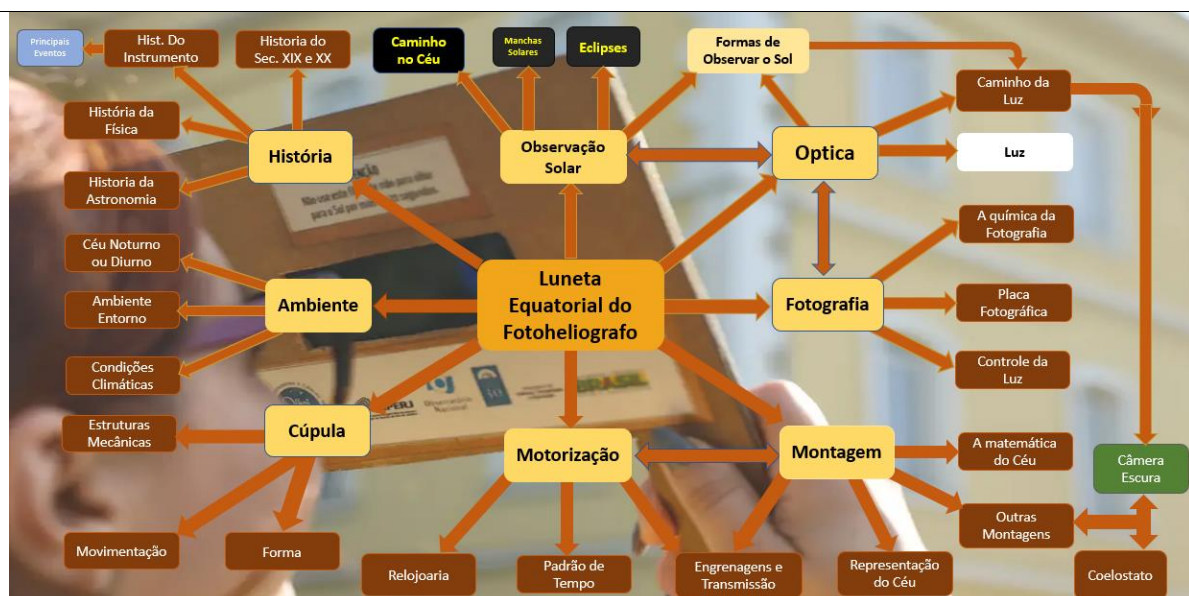
"O percurso investigativo inicia-se com o exame histórico do Foteheliógrafo, compreendido como artefato científico inserido em práticas observacionais específicas, sobretudo no campo da física solar e das observações de eclipses. Esse exame mobiliza fontes documentais e referências bibliográficas especializadas, permitindo reconstruir os contextos de uso do equipamento, suas funções técnicas e sua inserção na cultura científica do período. Com base nessa análise, procede-se à sistematização das informações obtidas, com vistas à identificação de conteúdo passíveis de transposição didática, particularmente aqueles relacionados aos fundamentos técnicos da Luneta Equatorial acoplada ao foteheliógrafo e às práticas de observação solar."

Tomando como referência as experiências apresentadas no livro de Elisabeth Cavicchi, nas quais instrumentos científicos históricos são submetidos a uma releitura que amplia suas possibilidades de apresentação e interação com diferentes públicos, este trabalho propõe uma abordagem que articula história, técnica e ciência como dimensões complementares da cultura produtora do foteheliógrafo, oferecendo ao leitor múltiplas rotas de acesso ao instrumento e ao contexto que lhe deu origem. (Cavicchi et al., 2022),

Reconhecendo as limitações inerentes ao trabalho transversal com os temas propostos, apresentam-se duas abordagens introdutórias que indicam possíveis caminhos para o desenvolvimento de atividades. No plano técnico, as partes constitutivas do fotoheliógrafo oferecem um conjunto amplo de possibilidades para a abordagem de conteúdos científicos, alguns dos quais foram explorados na Seção 5.4 ('Novas formas de ver o que existe'). Conforme observação da Profa. Dra. Eva Lobão Hollup, professora de Física e ex-mentora do projeto 'Brincando com a Ciência', trata-se de uma diversidade de conteúdos dificilmente esgotável em uma única iniciativa.

A partir da observação da Profa. Dra. Eva Lobão Hollup acerca da amplitude dos conteúdos associados aos diversos instrumentos, com foco especial no fotoheliógrafo, apresenta-se, a seguir, uma tabela com alguns dos temas passíveis de exploração didática. Não se pretende, com isso, oferecer um inventário exaustivo, mas sim evidenciar a diversidade de possibilidades que o fotoheliógrafo oferece como objeto de ensino

Figura 51 : Gama de conteúdo, identificando temas e subtemas passíveis de serem trabalhados com os alunos e visitantes do museu.



Fonte: Silva, Antonio R., 2026

A título de exemplo, apresenta-se a câmera escura como proposta de atividade didática: trata-se de um recurso de base histórica, de execução acessível e aplicável a diferentes faixas etárias, que permite articular fundamentos ópticos com a prática da observação solar. Parte significativa dos conteúdos relacionados à física solar e aos fundamentos técnicos da Luneta

Equatorial do fotoheliógrafo mostra-se passível de transposição didática para a educação básica, podendo ser trabalhada tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio, mediante adequada mediação pedagógica. A Base Nacional Comum Curricular oferece, nesse contexto, respaldo normativo para a integração entre história da ciência, prática científica e formação escolar.

5.6 Considerações Finais

Este documento busca contribuir para reduzir a carência de documentação existente no ON/MAST acerca da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo. O instrumento não se encontra registrado como peça única nos materiais consultados da Carl Zeiss nem nas principais bibliotecas de referência pesquisadas. Investigações futuras poderão ser realizadas nos arquivos históricos da Carl Zeiss, no Departamento Alemão de Patentes (“Deutsches Patent- und Markenamt”), na Biblioteca Nacional Alemã (“Deutsche Nationalbibliothek”) e no Arquivo Federal Alemão (“Bundesarchiv”), apesar das perdas e descontinuidades documentais decorrentes dos conflitos ocorridos ao longo do século XX.

A análise proposta neste trabalho não possui como foco principal a imagem solar produzida pelo instrumento. Para aqueles que puderam observar o Sol por meio da projeção, seja no fotoheliógrafo da Zeiss em períodos anteriores, seja em instrumentos similares, torna-se evidente a limitação visual dessas imagens, frequentemente marcadas pela baixa luminosidade e pela dificuldade de identificação das manchas solares. Sob essa perspectiva, a imagem obtida pelo fotoheliógrafo não pode ser comparada às imagens contemporâneas existentes na mídia, produzidas por sondas espaciais - Parker Solar Probe, nem às disponibilizadas pela NASA, capazes de fornecer observações solares em tempo praticamente real e em altíssima resolução (8k e 4k pixels) ⁵⁴..

Coloca-se, portanto, a seguinte questão: por que observar o Sol por meio do fotoheliógrafo? Conforme apontam Spinelli e Ribeiro (2018), a experiência relatada por visitantes das cúpulas de observação está associada à sensação de observar como cientistas e astrônomos de outro período histórico. Essa vivência ultrapassa a simples contemplação do fenômeno astronômico e aproxima o público das práticas observacionais que caracterizaram a astronomia até o início do século XX. Nesse contexto, o fotoheliógrafo configura-se como um instrumento privilegiado para a alfabetização científica, pois permite compreender não apenas os

⁵⁴ Pixels é a menor unidade de uma imagem digital, cada unidade funciona como um quadrado de cor, pelas cores primárias da luz (vermelho, verde e azul) para criar diferentes tonalidades. A quantidade total desses pontos define a resolução e a nitidez de uma imagem.

resultados produzidos pela ciência, mas também os processos históricos, técnicos e culturais envolvidos na construção do conhecimento científico.

Sob a perspectiva da história da ciência, o interesse desloca-se da imagem final para os instrumentos, técnicas e práticas que condicionavam a observação e o registro dos fenômenos solares. Aspectos ópticos e mecânicos, como os sistemas de suporte, fixação, acompanhamento do movimento aparente do céu, motorização, equilíbrio gravitacional e a própria arquitetura do domo, passam a integrar o percurso educativo e interpretativo, evidenciando a materialidade da prática científica. A utilização da fotografia como elemento central da observação, ainda submetida às limitações ópticas, mecânicas e químicas de um processo técnico em consolidação, explicita o caráter histórico e contingente do conhecimento científico. Ao tornar visíveis essas limitações e escolhas técnicas, o instrumento favorece uma aprendizagem situada, crítica e contextualizada, na qual ciência, técnica e cultura são compreendidas como dimensões indissociáveis.

Diante dessas questões, torna-se necessário apresentar a trajetória histórica da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo, bem como analisar seus usos científicos e educacionais. Nesse contexto, destacam-se sua participação no eclipse observado em Passa Quatro, em 1912, no estado de Minas Gerais, os fatores que levaram à não utilização do instrumento no eclipse de Sobral, em 1919, além das observações de eclipses totais e parciais realizadas na cidade do Rio de Janeiro e dos registros efetuados durante o trânsito de Mercúrio, em 1958.

A análise da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo evidencia a importância de articular o percurso histórico do instrumento ao exame de suas características técnicas e construtivas. A participação do equipamento em eventos científicos relevantes, como o eclipse de Passa Quatro, as observações solares realizadas no Rio de Janeiro e o trânsito de Mercúrio, bem como a escolha da luneta equatorial de Steinheil, para o eclipse de 1919, constitui um conjunto de elementos fundamentais para a compreensão de seus usos, limitações e potencialidades no contexto da astronomia observacional do início do século XX.

Do ponto de vista técnico, a comparação entre o fotoheliógrafo da Carl Zeiss e o instrumento da Steinheil revela especificidades construtivas e operacionais que ainda demandam

investigação, especialmente no que se refere à configuração dos tubos ópticos, à presença de elementos estruturais de reforço e aos sistemas de motorização empregados no acompanhamento do movimento aparente do céu. A análise dos dispositivos baseados no uso da força gravitacional, bem como dos mecanismos responsáveis pela conversão de movimentos verticais em deslocamentos horizontais, contribui para a compreensão das soluções técnicas desenvolvidas para os instrumentos astronômicos do período.

No que diz respeito às práticas observacionais, a opção pela observação solar indireta evidencia a articulação entre conhecimento científico, limitações fisiológicas da visão humana e soluções instrumentais voltadas à segurança e à precisão da observação. A compreensão desses aspectos reforça o papel do fotoheliógrafo como mediador entre técnica, ciência e cultura material.

Em um texto publicado na revista *Estudos Avançados*, o Prof. Mario Schenberg afirma: “Compreender a ciência não é somente conhecer os resultados; é saber como algo foi descoberto ou o que realmente significa” (Schenberg, 1991). Tal perspectiva sintetiza uma das questões centrais deste trabalho: compreender o fotoheliógrafo não apenas como instrumento destinado à produção de imagens solares, mas como artefato histórico capaz de revelar práticas científicas, escolhas técnicas e modos específicos de construção do conhecimento astronômico.

Sob a perspectiva educativa e museológica, o estudo do fotoheliógrafo demonstra o potencial dos instrumentos científicos históricos como recursos para a alfabetização científica e para a divulgação da ciência, ao possibilitar a compreensão do fazer científico em seu contexto histórico. A transposição desse conteúdo para o público da educação básica exige abordagens dialógicas e participativas, capazes de integrar aspectos técnicos, históricos e culturais sem recorrer a práticas excessivamente expositivas.

Por fim, este trabalho evidencia que a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo permanece como um campo fértil de investigação, tanto do ponto de vista histórico quanto educativo. As questões técnicas, institucionais, pedagógicas e epistemológicas aqui apresentadas indicam caminhos para pesquisas futuras e reforçam o papel das instituições científicas na

preservação, interpretação e ativação de seu patrimônio material. Ao reconhecer o instrumento como testemunho da história da ciência no Brasil e como dispositivo epistemológico contemporâneo, esta dissertação busca contribuir para o debate sobre os usos educativos e museológicos dos instrumentos científicos históricos, reafirmando o museu como espaço de produção de conhecimento, diálogo e aprendizagem significativa.



Bibliografia e Fontes Principais de Pesquisa

Acervo Arquivístico do Museu de Astronomia e Ciências Afins (2025), disponível em:

http://site.mast.br/hotsite_acervo_arquivistico/index.html

Biblioteca Nacional (2025), [Base de Dados], disponível em <https://www.gov.br/bn/pt-br>

Bibliothèque Nationale de France (2025), [Base de Dados], disponível em:

<https://www.bnf.fr/fr>

Das Bundesarchiv (2025), [Base de Dados], disponível em <https://www.bundesarchiv.de/>

Das Zeiss Archiv (2025) [Base de dados], disponível em

<https://www.zeiss.com/corporate/en/about-zeiss/past/history/archives.html>

Deutsche National Bibliothek (2024), [Base de Dados], disponível em

https://www.dnb.de/EN/Home/home_node.html

Deutsches Patent-und Markenamt (2024), [Base de Dados], disponível em

<https://www.dpma.de/index.html>

Library of Congress (2025), [Base de Dados], disponível em: <https://www.loc.gov/>

Portal de História da Ciência e da Tecnologia no Brasil (2025), disponível em:

<http://phct.mast.br/>

Referência Bibliográfica

AFINS, Museu de Astronomia e Ciência. **MAST Colloquia, Tratamento e Usos do Acervo Arquivístico de C&T do MAST**. Rio de Janeiro, RJ: MAST, 2023. v. 17

AFINS, Museu de Astronomia e Ciências. **Inventário da coleção de objetos de ciência e tecnologia do Museu de Astronomia e Ciências Afins**. Rio de Janeiro: MAST, 2011.

AZEVEDO, F. **As Ciências no Brasil - Vol. 1**. 1. ed. Rio de Janeiro: Edições Melhoramentos, 1955. v. 1

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico**. 5 Ed. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

BARBOZA, Christina Helena. O detetive e a história das ciências. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 4, p. 375–379, 1997.

BARBOZA, Christina Helena. Encontros e desencontros na observação do eclipse solar de 10 de outubro de 1912. **Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, v. 13, 2012.

BARBOZA, Christina Helena da Motta. Science and nature in astronomical expeditions to Brazil (1850-1920). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, p. 273–294, 2010a.

BARBOZA, Christina Helena da Motta. Ciência e natureza nas expedições astronômicas para o Brasil (1850-1920). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, p. 273–294, 2010b.

BARBOZA, Christina Helena; DAMASCENO, Arthur Cavalcanti; BARBOSA, Natasha Augusto. O presidente e o eclipse: ciência e política na observação do eclipse solar de 1912. **Anais do XV Encontro Regional de História da ANPUH-Rio.**, v. 10, n. 03, p. 2020, 2012.

BARRETO, Luiz Muniz. **Observatório Nacional - 160 Anos de História**. 1. ed. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1987. v. 1

BRANDÃO, Odílio Ferreira. **Os meus 40 anos de Observatório Nacional**. Rio de Janeiro, RJ: MAST, 2017.

BRASIL. **BRASIL, MEC, Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Ministério da Educação, , 20 dez. 1996. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>>. Acesso em: 8 dez. 2024

BRASIL. **OCDE - PISA 2015 - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes**. , 2015a. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf>

BRASIL. **BRASIL, Constituição da república federativa do Brasil**: Senado Federal, , 8 dez. 2015b. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/414/2018/10/1988-Constitui%25C3%25A7%25C3%25A3oFederal.pdf&ved=2ahUKEwjH59jU8aCLAxVIqZUCHUeOBccQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw3e--6ZTn298VOGEP2Z1OM4>>

BRASIL. **BRASIL, Ministério da Educação, Base Nacional Comum Curricular**. Fundação Carlos Alberto Vanzolini, , 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2025

BRASIL. **O que muda no ensino médio a partir de 2025**. Governamental. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2024/agosto/o-que-muda-no-ensino-medio-a-partir-de-2025>>. Acesso em: 2 nov. 2025.

BRASIL. **Pisa**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/pisa>>. Acesso em: 4 dez. 2025.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. **Ofício. C.A. Steinheil & Sölme.** Rio de Janeiro, 25 ago. 1911. . Acesso em: 1 jun. 2025

BRASIL, Universidade Federal do Pará. **LABDEMON - Câmara escura - Brinca Ciência.** Disponível em: <<https://labdemon.ufpa.br/experimentos/itens-brinca-ciencia/camara-escura-brinca-ciencia>>. Acesso em: 11 maio. 2026.

BRETONES, Paulo S. **Encontro Regional de Ensino de Astronomia | EREAs.** Disponível em: <<http://www.erea.ufscar.br/>>. Acesso em: 26 dez. 2025.

BRITO, Jusselma Duarte. **Conservação de Edifícios Históricos - um estudo sobre o Museu de Astronomia e Ciências Afins.** Dissertação de Mestrado—Brasília, DF: Universidade de Brasília, jul. 2002.

BRUNO, Giordano; SÁ, Víctor Matos; MONTENEGRO, Aura. **Acerca do infinito, do universo e dos mundos.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.

CAFFARELLI, Roberto Vergara. O eclipse solar de 1912. **Ciência e Cultura**, v. 32, n. 5, p. 561–573, 21 ago. 1979.

CAMENIETZKI, Carlos Ziller.; KURY, Lorelai Brilhante. Ordem e Natureza - Coleções e Cultura Científica na Europa Moderna. **Anais do Museu Histórico Nacional 75 Anos**, p. 56–87, 1997.

Carl Zeiss (1816-1888) 200th Birthday. , 14 set. 2016. . Acesso em: 15 fev. 2015

Carl Zeiss Jena, Lunettes Astronomiques. Jena, Alemanha: [S.n.].

CAVICCHI, Elizabeth *et al.* **Historical Scientific Instruments in Contemporary Education.** [S.l.]: BRILL, 2022.

CAZUZA; BRANDÃO, Arnaldo. **O tempo não para.** , 1988. . Acesso em: 10 jan. 2024

CGEE, Percepção Pública da C&T no Brasil - 2023. Governamental. Disponível em: <<https://percepcao.cgee.org.br>>. Acesso em: 26 dez. 2025.

CHALMERS, Alan Francis; FIKER, Raul. **O que é ciência afinal?** [S.l.]: Brasiliense São Paulo, 1993.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89–100, abr. 2003.

Company Seven | Carl Zeiss Companies History. Disponível em: <<http://www.company7.com/zeiss/history.html>>. Acesso em: 27 jan. 2025.

CRISPINO, Luís CB. The October 10, 1912 solar eclipse expeditions and the first attempt to measure light bending by the Sun. **International Journal of Modern Physics D**, v. 29, n. 11, p. 2041001, 2020.

CRULS, Luiz *et al.* **Revista do Observatório - Publicação Mensal do Imperial Observatório do Rio de Janeiro.** [S.l.]: Imprensa a Vapor de Lombaerts & Cia., 1886. v. 1

CRULS, Luiz. **Ofício emitido para Srs. Behrendt Schmidt Co.** , 14 mar. 1911. . Acesso em: 1 jun. 2025

CUE0022, Campus do Observatório Nacional. , 1922. Disponível em: <<http://servicos.on.br/daed/placas/desktop/cupulasedificacoes/cupulasedificacoes.html>>. Acesso em: 14 out. 2024

DAHMEN, Silvio R. **Relatividade Geral - Teorias e Aplicações.** Porto Alegre, RGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022.

Deutsches Patent- und Markenamt. web page. Disponível em: <<https://www.dpma.de/>>. Acesso em: 29 out. 2025.

Diário da Noite, Foi muito favorecido pelas condições do tempo a apreciação do eclipse do sol, nesta capital. **Foi muito favorecido pelas condições do tempo a apreciação do eclipse do sol, nesta capital.**, n. 1. Ed., p. 3, 24 fev. 1933.

Diário da Noite, O Observatório Nacional photographou todas as fases do eclipse solar de hoje. **Foi muito favorecido pelas condições do tempo a apreciação do eclipse do sol, nesta capital.**, n. 3. Ed., p. 1, 24 fev. 1933.

ECL0025 - Campus avançado em Sobral para observação do eclipse solar. , 1922. Disponível em: <<http://servicos.on.br/daed/placas/desktop/cupulasedificacoes/cupulasedificacoes.html>>. Acesso em: 14 out. 2024

ESP0006 - Espectro Solar (fotoheliografo). , [S.d.]. Disponível em: <<http://servicos.on.br/daed/placas/desktop/espectroscopia/espectroscopia.html>>. Acesso em: 24 jan. 2025

ESTANISLUA, Julia. A poluição luminosa das grandes cidades afeta, e muito, a observação astronômica. **Jornal da USP**, 15 mar. 2023.

FALCÃO 1, Douglas *et al.* A model-based approach to science exhibition evaluation: A case study in a Brazilian astronomy museum. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 8, p. 951–978, 2 maio 2004.

FALCÃO, Douglas. **Divulgação Científica e Instrumentos de Ciência em Museus.** , 2010. . Acesso em: 1 ago. 2025

FALCÃO, Douglas *et al.* **Do saber científico ao saber apresentado: estudo de duas exposições do MAST.** Disponível em: <https://abrapec.com/atas_enpec/iiienpec/Atas%20em%20html/o54.htm>. Acesso em: 26 mar. 2026.

FALCÃO, Douglas; LINS DE BARROS, Henrique. Estudo de impacto de uma visita a uma exposição de um museu de ciências. *In*: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Anais...** Campinas, SP, SP: 2015. Disponível em:

<<https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/iienpec/Dados/trabalhos/A12.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2025

Fotografia do Coelostato, no campus do Observatório Nacional. , 1947. . Acesso em: 24 jan. 2025

FREIRE, Paulo. **Educação como pratica de liberdade.** Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1967.

GAMA, Lélío Itapuambyra. **Relatório do sesquicentenário do Observatório Nacional.** Rio de Janeiro, RJ: Observatório Nacional, 1977. Disponível em: <<https://www.gov.br/observatorio/pt-br/assuntos/biblioteca/imagem/CienMemLelioGama.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2025.

GAMA, Lélío Itapuambyra. **O Observatório Nacional (1951 a 1957).** Rio de Janeiro: Observatório Nacional, , 1978. . Acesso em: 20 abr. 2025

GONZATTI, Sônia Elisa Marchi *et al.* Ensino de Astronomia: cenários da prática docente no ensino fundamental. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 16, p. 27–43, 2013.

GOULART, Maria Inês Mafra. **Psicologia da aprendizagem I.** [S.l.]: Editora UFMG, 2010.

GOUVEIA, Guaracira. Atividades de Divulgação da Ciência nos museus de ciência e tecnologia. **MAST: 30 ANOS DE PESQUISA**, v. 2, p. 35, 2015.

GOUVEIA, Guaracira. Atividades de divulgação da ciência nos museus de ciência e tecnologia: problematizando sentidos. *In*: **MAST: 30 ANOS DE PESQUISA**. Educação e Divulgação da Ciência. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: MAST, [S.d.]. v. 2 p. 396.

GUARNIERI, Massimo. Two Millennia of Light: The Long Path to Maxwell's Waves [Historical] The United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO) has desi. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 9, n. 2, p. 54–60, jun. 2015.

HALLEY, E. Dr. Halley's Dissertation on the Method of Determining the Parallax of the Sun by the Transit of Venus: June 6.1761. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 29, p. 454–464, 1716.

HOGDSON, R. On a curious Appearance seen in the Sun,. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 20, n. 1, p. 15–16, 11 nov. 1859.

Home | Deutsches Museum. Disponível em: <<https://www.deutsches-museum.de/en/>>. Acesso em: 29 out. 2025.

Home | Library of Congress. web page. Disponível em: <<https://www.loc.gov/>>. Acesso em: 29 out. 2025.

IBGE | Cidades@ | Minas Gerais | Passa Quatro | Panorama. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/passa-quatro/panorama>>. Acesso em: 15 jan. 2026.

INS0012, Luneta Equatorial Fotoheliografo (marca Steinhell). , 1919. Disponível em: <<http://servicos.on.br/daed/placas/desktop/instrumentos/instrumentos.html>>. Acesso em: 6 dez. 2024

Inventário de Instrumentos do Observatório Nacional - Aparatos e Utensílios -. Rio de Janeiro, 1 jan. 1921.

JANSSEN, M. III. On the solar protuberances. By M. Janssen. In a letter to Warren De la Rue, F. R. S. Communicated by Mr. De la Rue. **Proceedings of the Royal Society of London**, p. 276–277, 1870.

JORGE, Pedro. **Eclipse registrado em 1940 deu o apelido de “Morada do Sol” a Patos. Vídeo. Folha Patoense**, 8 dez. 2024. Disponível em: <<https://www.folhapatoense.com/2024/12/08/eclipse-registrado-em-1940-deu-o-apelido-de-morada-do-sol-a-patos-video-0/>>. Acesso em: 18 jan. 2026

Jornal A Noite de 01 de outubro de 1940. **O eclipse empolgou a cidade - primeira foto oficial do eclipse.**, v. Ano XXX, p. 1 e 2, 1 out. 1940.

Jornal do Brasil, 09 de dezembro de 1986. **Criança vai brincar de astronomia**, p. 10, 9 dez. 1986.

Jornal do Brasil, 24.11. 1966. **Dez cariocas perderam até 60% da visao por terem visto o eclipse a olho nú.**, p. 10, 24 nov. 1966.

Jornal do Brasil, 25.07.1962. **Como observar o eclipse anular do Sol, no proximo dia 31 de julho**, p. 10, 25 jul. 1962.

JÚNIOR, Renaldo Nicácio da Silva; BARBOZA, Christina Helena da Motta. História e memória de vidro: as fotografias brasileiras do eclipse de 1919 em Sobral. **Historia Ciencias Saude-manguinhos**, v. 27, p. 983–1000, 2020.

KRASILCHIK, Myriam. Ensino de ciências e a formação do cidadão. **aberto, Brasília**, v. 7, n. 40, p. 55–60, 1988.

LAUNAY, Françoise. OBSERVATIONS OF THE TOTAL SOLAR ECLIPSE OF 18 AUGUST 1868 CARRIED OUT BY JULES JANSSEN AT GUNTOOR, INDIA. **Journal of Astronomical History and Heritage**, v. 24, n. 01, p. 114–124, 1 mar. 2021.

LINDBERG, David C. **Theories of Vision from al-Kindi to Kepler**. [S.l.]: University of Chicago Press, 1976.

LINDSAY, L.; GILL, D. On Lord Lindsay’s Preparations for Observations of the Transit of Venus, 1874. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 33, n. 1, p. 34–45, 8 nov. 1872.

Luneta Equatorial do Fotoheliografo do Observatório de Istambul. , 2020. . Acesso em: 10 out. 2020

MARANDINO, Martha; IANELLI, Isabela Tacito. Modelos de educação em ciências em museus - análise da visita orientada. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 14, n. 1, p. 17–33, abr. 2012.

MARTINS, Roberto A. IBN AL-HAYTHAM E A REVOLUÇÃO MEDIEVAL NA ÓPTICA. **Ensaio sobre História e Filosofia das Ciências**, n. Quamcumque Editum, p. 125–165, 2021.

MASSARANI, Luisa. **A divulgação científica no Rio de Janeiro: Algumas reflexões sobre a década de 20**. Instituto Brasileiro de Informação em C&T: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de Castro; BRITO, Fatima. **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. [S.l.: S.n.].

Mast 30 anos de pesquisa - Ao encontro do público. Mast, , 2 dez. 2015.

MILLS, A. A. Heliostats, Siderostats, and Coelostats: A Review of Practical Instruments for Astronomical Applications. **Journal of the British Astronomical Association**, v. 95, p. 89, 31 mar. 1985.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, INDÚSTRIA E COMÉRCIO BRASIL. **Ofício do Gabinete do Director - Observatório Nacional do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 14 mar. 1911.

MORIZE, Henrique. **Ofício emitido para o Inspector da alfandega do Rio de Janeiro**. , 12 jan. 1911a. . Acesso em: 1 jun. 2025

MORIZE, Henrique. **Ofício emitido para o Inspector da alfandega do Rio de Janeiro**. , 26 set. 1911b. . Acesso em: 1 jun. 2025

MORIZE, Henrique. Discurso de abertura da sessão solene comemorativa do 1º centenário da Independência do Brasil. **Revista da Academia Brasileira de Science**, v. 6, p. 3, dez. 1922.

MORIZE, Henrique. **Observatório Astronômico: um século de história (1827-1927)**. Rio de Janeiro, RJ: Mast, 2019.

MOTTA-ROTH, Désirée; SCHERER, Anelise Scotti. Popularização da ciência: a interdiscursividade entre ciência, pedagogia e jornalismo. **Bakhtiniana: Revista de Estudos do Discurso**, v. 11, n. 2, p. 164–189, ago. 2016.

NELSON, Osman Rosso; MEDEIROS, José Renan. Assim na Terra como no céu: a teoria do dínamo como uma ponte entre o geomagnetismo e o magnetismo estelar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, dez. 2012.

NETO, Anibal F. F. *et al.* **Brinca ciências: um ensaio lúdico sobre ciência e tecnologia no município de Santo André**. Belem, PA: Soft Graf Editora e Produtos Ltda, 2010. v. 1

NETO, Eugenio Reis. **Ciência e História na Observação do Sol**. Museu da Vida, Casa de Oswaldo Cruz., 2012. . Acesso em: 10 out. 2025

NEWCOMB, Simon. **The elements of the four inner planets and the fundamental constants of astronomy**. [S.l.: S.n.].

NEWCOMB, Simon. **Elements of astronomy**. [S.l.]: American Book Company, 1900.

NUNES, Marcomedes R. Instruções para observação das manchas solares. **Jornal O Globo**, p. 5, 30 mar. 1975.

NUNES, Marcomedes Rangel; ZORDAN, Brasílio. **Observações Solares (3. Serie) Julho a Dezembro de 1969**. Rio de Janeiro Observatório Nacional, , jan. 1970. . Acesso em: 20 abr. 2025

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica, Vol. 4**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Edgard Blucher, 2022. v. 4

OPPENHEIMER, Frank. The Exploratorium: A Playful Museum Combines Perception and Art in Science Education. **American Journal of Physics**, v. 40, n. 7, p. 978–984, 1 jul. 1972.

Os eclipses influem sobre o telegrafo sem fio. **A Noite**, p. 2, 10 out. 1912.

Page d'accueil | Gallica. web page. Disponível em:

<<https://gallica.bnf.fr/accueil/fr/html/accueil-fr>>. Acesso em: 29 out. 2025.

PAPAROU, Flora. Teaching through historical scientific instruments: the material culture of science as an opportunity to explore science, history of science and science communication issues. **Turning Inside Out European University Heritage**, p. 135, 2015.

PERREIRA, Roberto. Jornal do Brasil, 09 de novembro de 1966. **O eclipse visto da Terra**, p. 12, 5 abr. 1960.

PIAGET, Jean. **Seis Estudos De Psicologia**. [S.l.]: Forense Universitária, 1999.

PINTO, Flávia A. C. P. *et al.* A trajetória da didática no Brasil: entre avanços e retrocessos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 11337–11349, 2020.

PONTES, Samantha; KOVAC, Lorena; PACHECO, Ana Paula Dias. **Manual para elaboração e normalização de trabalhos acadêmicos do PPACT**. , 2023. . Acesso em: 3 jan. 2026

REIS, Eugenio. **Ciência e História na Observação do Sol**. Casa da Ciencia: Fundação Oswaldo Cruz, fev. 2012.

REIS, Eugenio; FALCÃO, Douglas. Ciência e História na Trilha do Fotoheliógrafo. **MAST Colloquium**, 2010.

REIS, Eugenio; SOUZA, Lise. **Solar Observation and Solar Instruments**. . XXXI SIMPOSIO INTERNACIONAL DA COMISSÃO DE INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS, RIO DE JANEIRO, 2012. **Anais...** , 2012. . Acesso em: 10 out. 2025

RIBEIRO, Alice; MASSARANI, Luisa; FALCÃO, Douglas. VEIO PARA FICAR? O USO DAS MÍDIAS SOCIAIS POR CENTROS E MUSEUS DE CIÊNCIAS BRASILEIROS DIANTE DA PANDEMIA DE COVID-19. **Revista Ciências & Ideias** ISSN: 2176-1477, v. 13, n. 3, p. 120–139, set. 2022.

SÁ REGO MATOS, Claudia *et al.* INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS HISTÓRICOS DO MAST E MEDIAÇÃO ONLINE: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA DE AÇÕES DE EDUCAÇÃO MUSEAL EM CONTEXTO PANDÊMICO. **Revista Docência e Ciberultura**, v. 6, n. 4, p. 214–233, 23 set. 2022.

SCHECHNER, Sara J.; SLISKI, David. The Scientific and Historical Value of Annotations on Astronomical Photographic Plates. **Journal for the History of Astronomy**, v. 47, n. 1, p. 3–29, fev. 2016.

SCHOTT History. Disponível em: <<https://www.schott.com/en-gb/about-us/company/history>>. Acesso em: 26 jan. 2026.

SCHULZ, Peter A. Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 509–512, 2007.

Scientific Instrument Society. Disponível em: <<https://scientificinstrumentsociety.org/>>. Acesso em: 11 dez. 2025.

Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<https://www.gov.br/cnpq/pt-br/assuntos/popularizacao-da-ciencia/semana-nacional-de-ciencia-e-tecnologia>>. Acesso em: 26 dez. 2025.

SILVA JÚNIOR, Renaldo Nicácio da. **História e memória de vidro: preservação das fotografias brasileiras do eclipse de Sobral**. PhD Thesis—[S.l.]: Dissertação (Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e ..., 2018.

SIQUEIRA, Ivan Mateus. **O processo de industrialização na Alemanha no século XIX sob a ótica da inovação tecnológica**. Trabalho de conclusão de Curso—Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 4 nov. 2019.

TAVARES, Heráclio. Ciência em nome da guerra: do Sol no Brasil nos anos 1940. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 6, n. 2, p. 232–247, 2013.

The right to dark skies / El derecho a los cielos oscuros. Paris: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, 2016.

UNESCO. **UNESCO Recommendation on Open Science**. [S.l.]: UNESCO, 2021. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379949>>. Acesso em: 2 mar. 2026.

VALENTE, Maria Esther; CAZELLI, Sybele. **Educação no MAST: 30 anos de ações e pesquisas**. [S.l.]: Mast, 2015. v. 2

VIDEIRA, A. L. L. Um dos Maiores – Se Não Mesmo o Maior dos Feitos na História do Pensamento Humano”: A Teoria da Relatividade Geral. Monografias do CBPF. v. 2, n. 1, p. 1–17, nov. 2016.

VIDEIRA, Antonio A. P. **Observatório Nacional - 175 anos de História**. Rio de Janeiro, RJ: Observatório Nacional, 2002. . Acesso em: 27 nov. 2025.

WERTHEIN, J.; CUNHA, C. **UNESCO - Ensino De Ciências E Desenvolvimento: O Que Pensam Os Cientistas**. Brasília, DF: UNESCO Brasil, 2009.

WU, Ling-An *et al.* Optics in Ancient China | e-EPS. **AAPS Bulletin**, n. October, 2015, 22 out. 2015.

YOUNG, Charles Augustus. **The Sun**. London: The Appleton and Company, 1897.

ZEISS Archives - original documents, files, photos | ZEISS. Disponível em: <<https://www.zeiss.com/corporate/en/about-zeiss/past/history/archives.html>>. Acesso em: 11 jan. 2025.

A. Anexo A – Linha do Tempo da Luneta Equatorial do Fotoheliografo

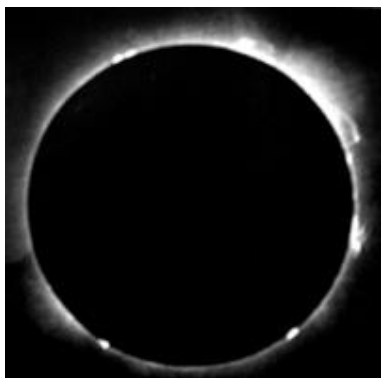


Fabrica da Carl Zeiss em Jena Alemanha, onde eram fabricados os instrumentos.

Não existe o documento que formaliza a chegada do instrumento dentro do Imperial Observatório, mas existe o documento posterior que identifica o retorno a Jena para reparos. Realizando uma pequena cronologia dos processos envolvidos, a data, mas provável seria o início do ano de 1910, como a data provável da chegada do instrumento no Morro do Castelo.

O diretor H. Morize encaminha para Jena o instrumento devido a problemas de alinhamento ótico no mesmo, estamos em março de 1911.

Com o desmanche do Morro do Castelo o Observatório se muda para o Morro de São Januário.



Eclipse Total do Sol de 1912 em Passa Quatro, Minas Gerais, onde o instrumento seria utilizado.

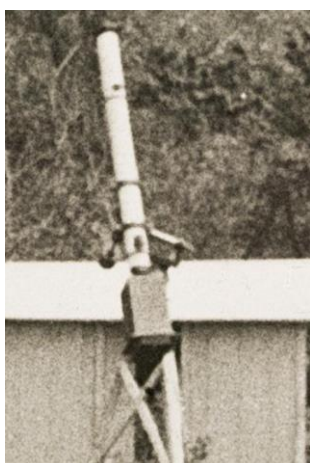
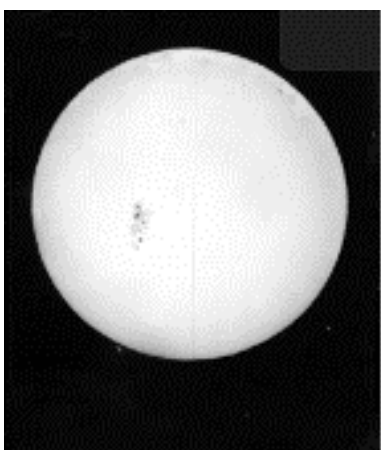
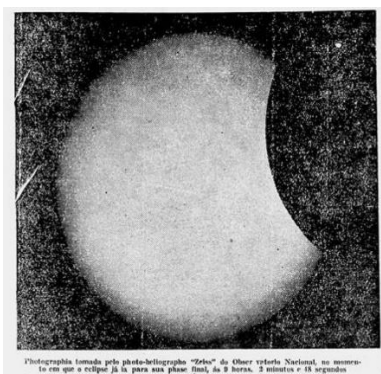


Imagem do fotoheliografo da Zeiss, em Passo Quatro Minas Gerais:



Observações das manchas solares, realizadas pelo astrônomo Domingo da Costa em 22 de agosto de 1927, com a ocular Amplificadora da imagem do Sol



Fotografia do eclipse parcial do Sol, realizado pelo fotoheliografo da Zeiss, pelo astrônomo Domingo da Costa, retirada do Diário da Noite

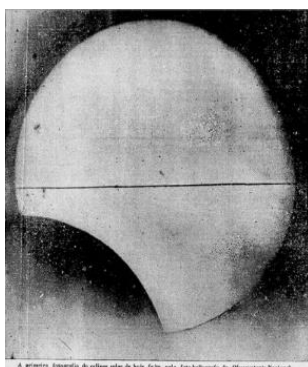


Fotografia do Diário da Noite, onde temos o diretor em pose, próximo ao fotoheliografo da Zeiss, após as fotografias do eclipse que ocorreu as 07:00 hs. Na fotografia menor, temos Domingo da Costa entrando no fotoheliografo.

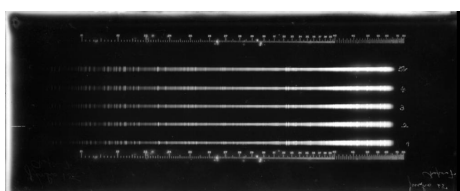
Em 1935 ocorrem reparos nas partes mecânicas (não identificado os elementos). Pintura da Cúpula e Fabricação de novo tripe do instrumento.

Em 1938, ocorre a demolição da cúpula do fotoheliografo e transferência para a atual cúpula, anteriormente ocupada pelo Altazimute de Heyde.

Em 1940, ocorre a observação do Eclipse do Sol, realizado por Domingo da Costa.



A primeira fotografia do eclipse solar de 1940, feita pela fotoheliografia do Observatório Nacional.



Em 14 de junho de 1953, o registro de aproximadamente 11 placas fotográficas de 25 cm por 10 cm, estas placas apresentam um conjunto de medidas realizadas com o fotoheliografo, que sofreu uma adaptação para permitir a instalação de um quartzo duplo, que permitia a divisão do feixe luminoso oriundo do Sol, que seria agora passado por espectrômetro, neste registro fotográfico consta as marcações conhecidas para o Hélio.



O sr. Muniz Barreto manejando um foto-heliografo

Prof. Muniz Barreto fotografado para o jornal Correio da Manhã, nos dias que antecedem ao eclipse total do sol, que abrangia o Rio de Janeiro de forma parcial. Manejando a Luneta Equatorial do Fotoheliografo da Zeiss

Em 1960, ocorre reparos e pintura no instrumento, assim como no obturador. Referência do Sr. Odílio. (Brandão, 2017)

Em 1967, ocorre reparos na instalação elétrica da cúpula e reforma geral, com desmontagem, limpeza e pintura. Referência do Sr. Odílio. (Brandão, 2017)

Em 1968, ocorre a fabricação de um anteparo, a ser adicionado ao instrumento para facilitar a visualização do Sol no anteparo de projeção. Referência do Sr. Odílio. (Brandão, 2017)

Em 1970, ocorre observações das manchas solares, realizada no ON, sob a supervisão do astrônomo Marcomedes R. Nunes. Multipolos registros deste tipo de evento, no jornal "O Globo". (Nunes, 1975)



Criança vai brincar de astronomia

O Museu de Astronomia do Rio de Janeiro vai oferecer ao público o primeiro observatório de astronomia do país, o Observatório de Astronomia do Rio de Janeiro, em 1975. O Observatório de Astronomia do Rio de Janeiro é um dos mais modernos do país, com telescópios de 1,5m de diâmetro e 10m de comprimento. O Observatório de Astronomia do Rio de Janeiro é um dos mais modernos do país, com telescópios de 1,5m de diâmetro e 10m de comprimento. O Observatório de Astronomia do Rio de Janeiro é um dos mais modernos do país, com telescópios de 1,5m de diâmetro e 10m de comprimento.

Em 1986 ocorre as atividades de observação solar, incluídas no projeto domingo no museu, que incorpora diversas atividades, como o Brincando com a Ciência, Observação do Sol no Fotoheliografo e Observação Noturna na Cúpula 21.



Em 1987 o programa de observação do Sol será uma das diversas atividades desenvolvidas pelo MAST em seu processo de construção de um espaço de ciência.

Em 2010, ocorre atividades de Observação Solar, utilizando equipamentos diversos e inclusive o foteheliografo. (Reis; Falcão, 2010)



Em 2013 ocorre o evento de divulgação na Observação do Sol, na Luneta Equatorial do Photoheliografo e outros instrumentos de observação. Atividade de divulgação – 50 Turismo Cultural no Bairro Imperial



Em 2015 ocorre o evento de divulgação na Observação do Sol, na Luneta Equatorial do foteheliografo e outros instrumentos de observação. Atividade de divulgação – 13^o Semana Nacional de Museus no MAST e 7^o Turismo Cultural no Bairro Imperial

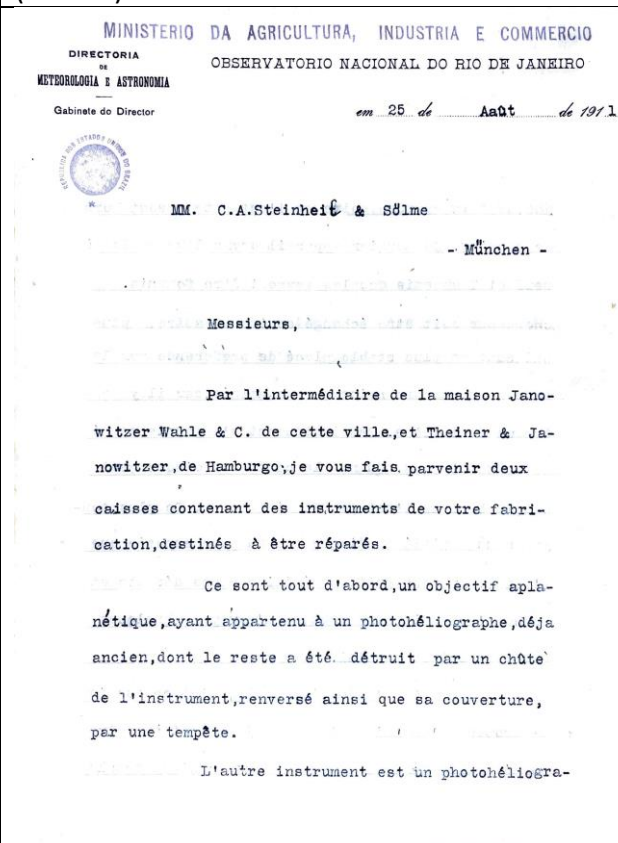
Em 2016 é realizado procedimento de conservação da fachada externa e cobertura do domo, identificado no TCG 2012, mas não identificado documentação no IPHAN. Termo de Controle de Gestão de 2012



Fotografia feita pelo autor da dissertação da Luneta Equatorial do Foteheliografo, em fevereiro de 2026.

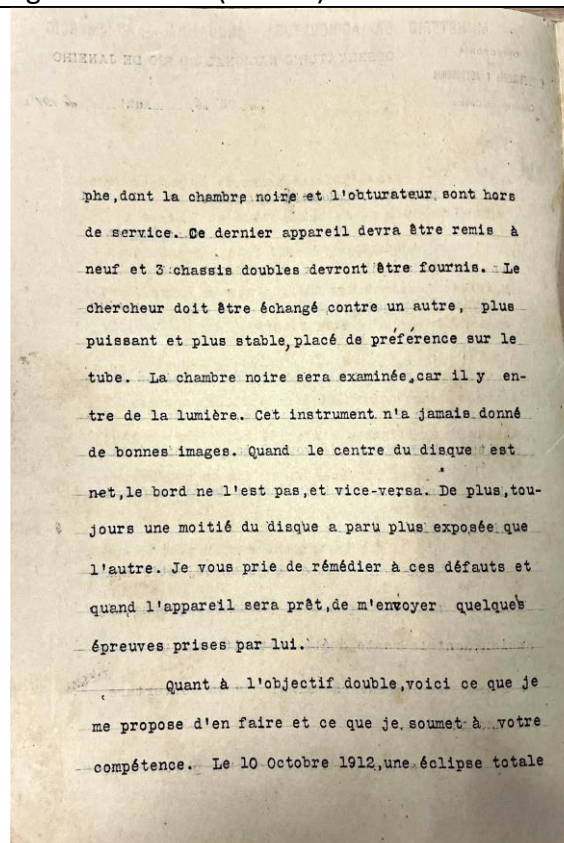
B. Anexo B – Ofícios e documentos.

Figura 52 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 1)



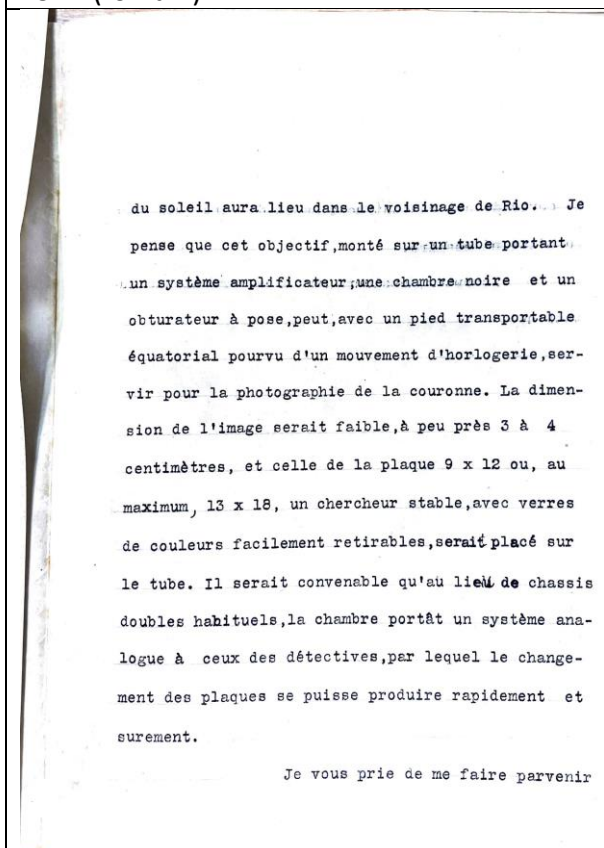
Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. (BRASIL, 1911)

Figura 53 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 2)



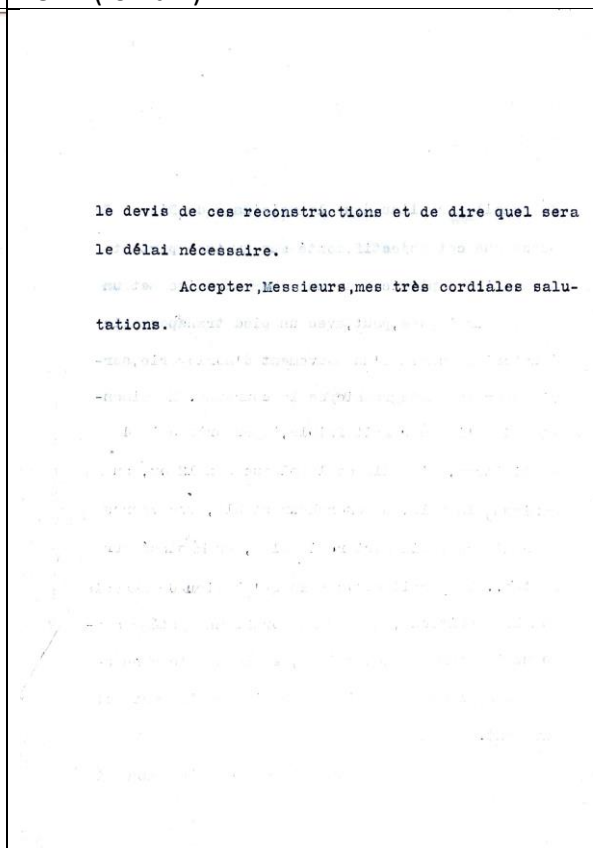
Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. (BRASIL, 1911)

Figura 54 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 1)



Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. (BRASIL, 1911)

Figura 55 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 25 de agosto de 1911 (folha 1)



Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. (BRASIL, 1911)

Figura 56 : Ofício do Observatório Nacional do Rio de Janeiro, sn, de 14 de março de 1911

MINISTERIO DA AGRICULTURA, INDUSTRIA E COMMERCIO
OBSERVATORIO NACIONAL DO RIO DE JANEIRO

DIRECTORIA
DE
METEOROLOGIA E ASTRONOMIA
Gabinete do Director

em 14 de Março de 1911

Illmos Snrs. Behrendt Schmidt & Co

Illmos Snrs.

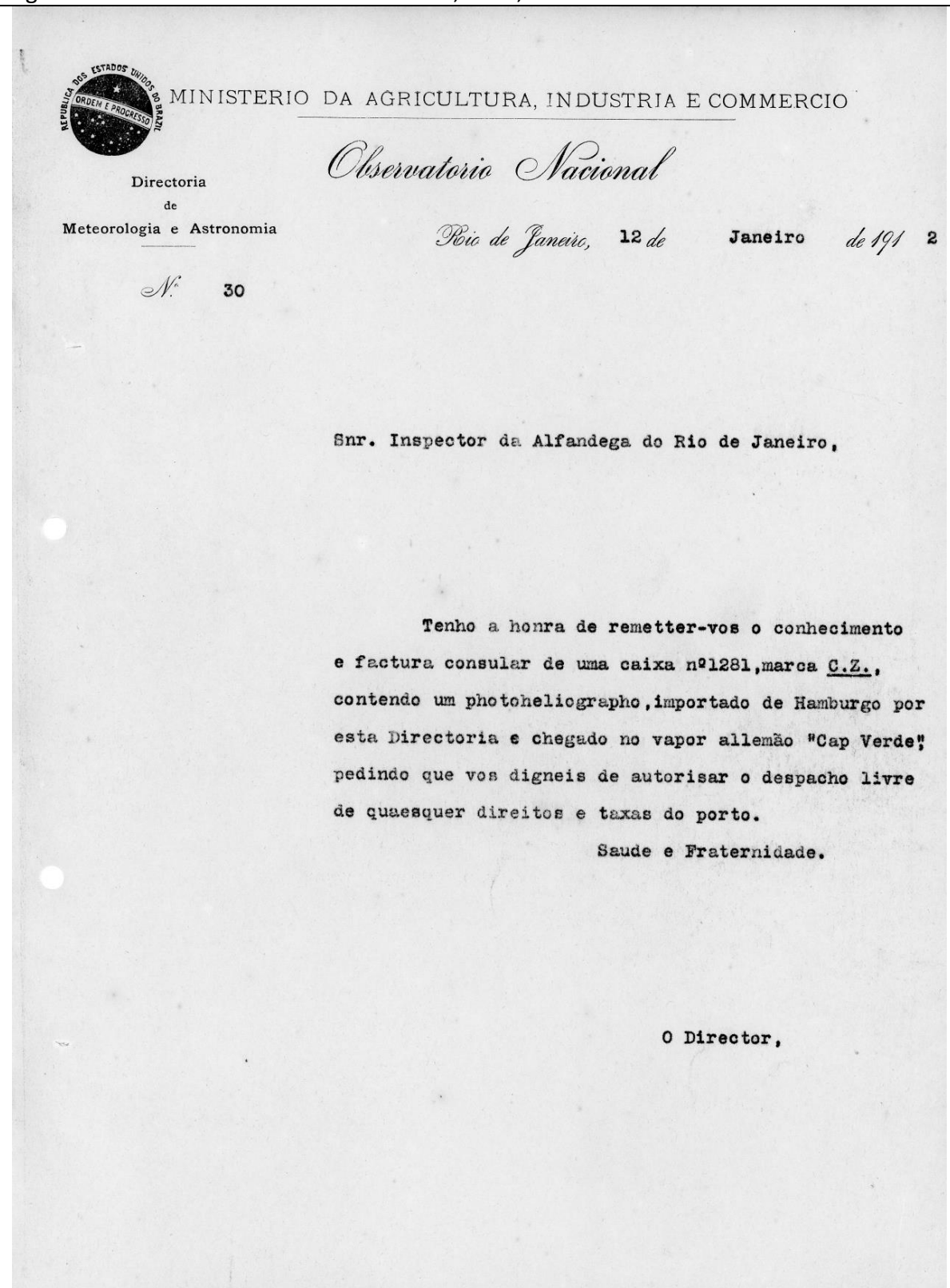
Tendo recebido a resposta da Firma Zeiss relativamente ao photoheliographo fornecido por vosso intermedio, o qual não dá satisfação, o chefe da divisão de instrumentos astronomicos é de parecer que o apparelho soffreu desarranjos durante a viagem e pede que se lhe devolva a parte optica para ser verificada e acertada. Consequentemente peço-vos mandar buscar o caixão a esta Repartição e envial-o a Iena, pedindo á casa constructora a possivel brevidade no reparo.

As despesas de viagem naturalmente correrão por conta desta Repartição.

Com toda a consideração subscrevo-me

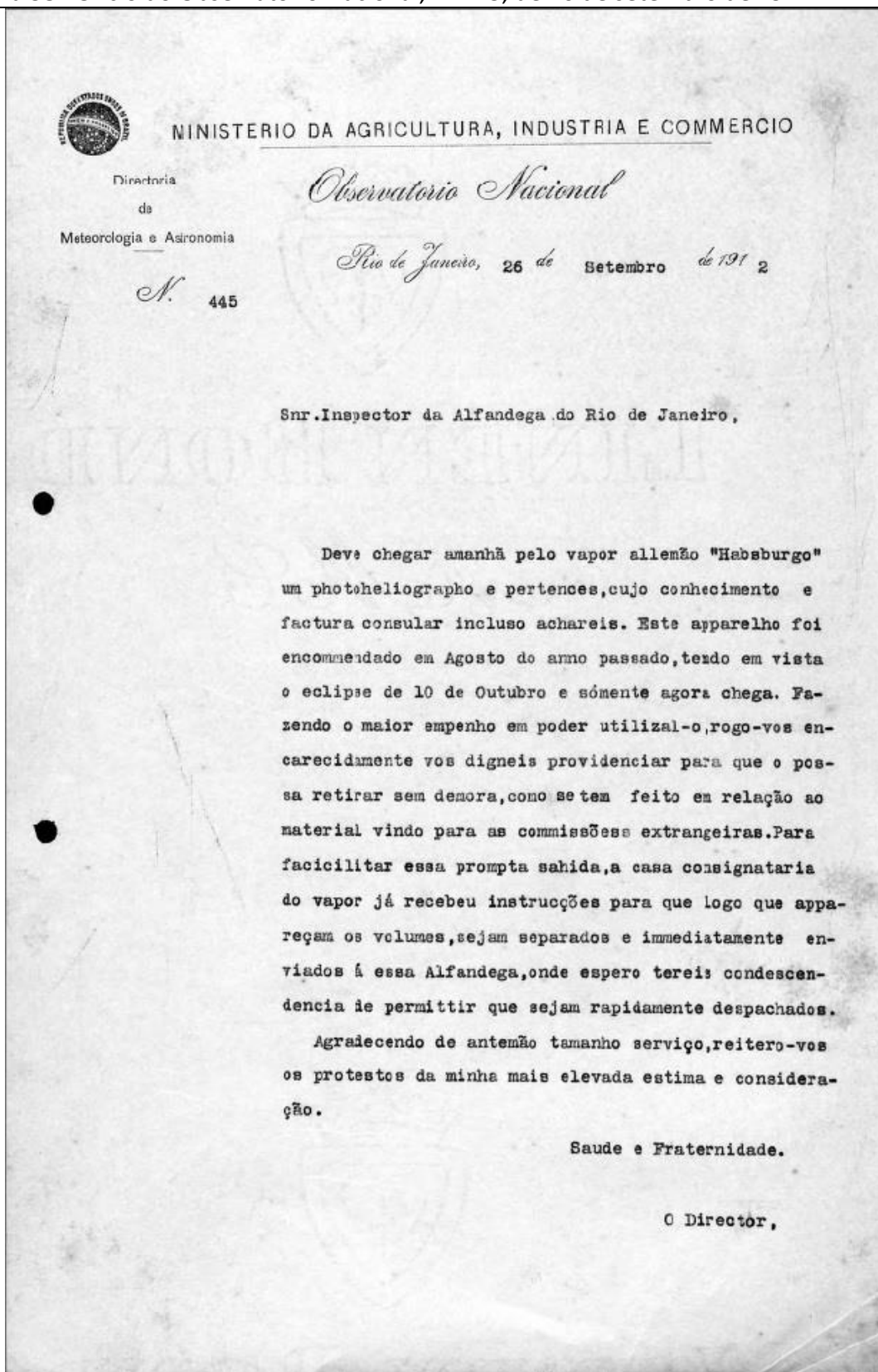
Attº Crº Obrº

Figura 57 : Ofício do Observatório Nacional, n. 30, 12 de Janeiro de 1912



Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. (Morize, 1911a)

Figura 58 : Ofício do Observatório Nacional, N. 445, de 26 de setembro de 1912



Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. (Morize, 1911b)

Figura 59 : Inventário do Observatório Nacional do Rio de Janeiro,

OBSERVATÓRIO NACIONAL		APPARELHOS E INSTRUMENTOS		GRUPO	
NUM. E LOGAR	DISCRIMINAÇÃO DOS APP. E INSTRUMENTOS	NUMERO DE FABRI- CAÇÃO	FABRICANTE (nome, logar, catalogo, etc.)	CARGA	DES- CARGA OBSERVAÇÕES
87.034 P.7	CÍRCULO MERIDIANO, luneta de 13 cm. de abertura, tres círculos graduados, cada círculo com quatro microscopios		G. HEYDE, Dresde-Allemania Preisliste I, n.44	1911	
87.040 P.14	PHOTOHELIOGRAPHO, luneta de 10 cm. de abertura, montado equatorialmente	6618	C. ZEISS, Jena-Allemania		
87.041	PHOTOHELIOGRAPHO, luneta de 10 cm. de abertura, para placas até 9 X 12, mon- tado equatorialmente (sem movimento de relojaria)	S/N	C. STEINHEIL		
87.042	PHOTOHELIOGRAPHO, luneta de 10 cm. de abertura, para placas até 18 X 24	S/N	C. STEINHEIL		
87.050 P.10	EQUATORIAL, luneta de 20 cm. de abertura, objectiva photographica de 12 cm.	3092	G. HEYDE, Dresde-Allemania	1911	
87.051 P.11	EQUATORIAL, luneta de 32 cm. de abertura, ccm pequena camara photographica	S/N	T. COCK & SONS, York-Inglat.		
87.052 P.12	EQUATORIAL, luneta de 46 cm. de abertura, ccm camaras astrophotographicas	S/N	T. COCK & SONS, York-Inglat.		
87.053	EQUATORIAL, objectiva visual de 25 cm. e photographica de 52 cm., armação equato- rial de Gauthier. (oferecida por D. Pe- dro II)	S/N	HENRY FRÈRES		
					87.034-87.053

Fonte: Arquivo de História da Ciência, Fundo do Observatório Nacional. ("Inventário de Instrumentos do Observatório Nacional - Aparatos e Utensílios -", 1921)

C. Anexo C – Competências e Habilidades para Ciência da Natureza pela BNCC

Tabela 6: Unidades Temáticas, Objetos de Conhecimento e Habilidades descrita na BNCC para a Ciência da Natureza, sob a unidade temática – Terra e Universo.

Ano	Objetos de Conhecimento	Habilidades
1°	Escala de Tempo	(EF01CI05) Identificar e nomear diferentes escalas de tempo: os períodos diários (manhã, tarde, noite) e a sucessão de dias, semanas, meses e anos. (EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
2°	Movimento aparente do Sol no céu O Sol como fonte de luz e calor	(EF02CI07) Descrever as posições do Sol em diversos horários do dia e associá-las ao tamanho da sombra projetada. (EF02CI08) Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
3°	Características da Terra Observação do céu Usos do solo	(EF03CI07) Identificar características da Terra (como seu formato esférico, a presença de água, solo etc.), com base na observação, manipulação e comparação de diferentes formas de representação do planeta (mapas, globos, fotografias etc.). (EF03CI08) Observar, identificar e registrar os períodos diários (dia e/ou noite) em que o Sol, demais estrelas, Lua e planetas estão visíveis no céu. (EF03CI09) Comparar diferentes amostras de solo do entorno da escola com base em características como cor, textura, cheiro, tamanho das partículas, permeabilidade etc. (EF03CI10) Identificar os diferentes usos do solo (plantação e extração de materiais, dentre outras possibilidades), reconhecendo a importância do solo para a agricultura e para a vida.
4°	Pontos cardeais Calendários, fenômenos cíclicos e cultura	(EF04CI09) Identificar os pontos cardeais, com base no registro de diferentes posições relativas do Sol e da sombra de uma vara (gnomo). (EF04CI10) Comparar as indicações dos pontos cardeais resultantes da observação das sombras de uma vara (gnomo) com aquelas obtidas por meio de uma bússola. (EF04CI11) Associar os movimentos cíclicos da Lua e da Terra a períodos de tempo regulares e ao uso desse conhecimento para a construção de calendários em diferentes culturas.
Fonte: BNCC, pags.: 333-341		

Tabela 7: Unidades Temáticas, Objetos de Conhecimento e Habilidades descrita na BNCC para a Ciência da Natureza, sob a unidade temática – Terra e Universo. (Cont...)

Ano	Objetos de Conhecimento	Habilidades
5°	Constelações e mapas celestes Movimento de rotação da Terra Periodicidade das fases da Lua Instrumentos óticos	(EF05CI10) Identificar algumas constelações no céu, com o apoio de recursos (como mapas celestes e aplicativos digitais, entre outros), e os períodos do ano em que elas são visíveis no início da noite. (EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra. (EF05CI12) Concluir sobre a periodicidade das fases da Lua, com base na observação e no registro das formas aparentes da Lua no céu ao longo de, pelo menos, dois meses. (EF05CI13) Projetar e construir dispositivos para observação à distância (luneta, periscópio etc.), para observação ampliada de objetos (lupas, microscópios) ou para registro de imagens (máquinas fotográficas) e discutir usos sociais desses dispositivos.
6°	Forma, estrutura e movimentos da Terra	(EF06CI11) Identificar as diferentes camadas que estruturam o planeta Terra (da estrutura interna à atmosfera) e suas principais características. (EF06CI12) Identificar diferentes tipos de rocha, relacionando a formação de fósseis a rochas sedimentares em diferentes períodos geológicos. (EF06CI13) Selecionar argumentos e evidências que demonstrem a esfericidade da Terra. (EF06CI14) Inferir que as mudanças na sombra de uma vara (gnômon) ao longo do dia em diferentes períodos do ano são uma evidência dos movimentos relativos entre a Terra e o Sol, que podem ser explicados por meio dos movimentos de rotação e translação da Terra e da inclinação de seu eixo de rotação em relação ao plano de sua órbita em torno do Sol.
7°	Composição do ar Efeito estufa Camada de ozônio Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis)	(EF07CI12) Demonstrar que o ar é uma mistura de gases, identificando sua composição, e discutir fenômenos naturais ou antrópicos que podem alterar essa composição. (EF07CI13) Descrever o mecanismo natural do efeito estufa, seu papel fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra, discutir as ações humanas responsáveis pelo seu aumento artificial (queima dos combustíveis fósseis, desmatamento, queimadas etc.) e selecionar e implementar propostas para a reversão ou controle desse quadro. (EF07CI14) Justificar a importância da camada de ozônio para a vida na Terra, identificando os fatores que aumentam ou diminuem sua presença na atmosfera, e discutir propostas individuais e coletivas para sua preservação.
Fonte: BNCC, pags.: 333-341;		

Tabela 8: Unidades Temáticas, Objetos de Conhecimento e Habilidades descrita na BNCC para a Ciência da Natureza, sob a unidade temática – Terra e Universo. (Cont...)

Ano	Objetos de Conhecimento	Habilidades
7 °	Placas tectônicas e deriva continental	(EF07CI15) Interpretar fenômenos naturais (como vulcões, terremotos e <i>tsunamis</i>) e justificar a rara ocorrência desses fenômenos no Brasil, com base no modelo das placas tectônicas. (EF07CI16) Justificar o formato das costas brasileira e africana com base na teoria da deriva dos continentes.
8 °	Sistema Sol, Terra e Lua Clima	(EF08CI12) Justificar, por meio da construção de modelos e da observação da Lua no céu, a ocorrência das fases da Lua e dos eclipses, com base nas posições relativas entre Sol, Terra e Lua. (EF08CI13) Representar os movimentos de rotação e translação da Terra e analisar o papel da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à sua órbita na ocorrência das estações do ano, com a utilização de modelos tridimensionais. (EF08CI14) Relacionar climas regionais aos padrões de circulação atmosférica e oceânica e ao aquecimento desigual causado pela forma e pelos movimentos da Terra. (EF08CI15) Identificar as principais variáveis envolvidas na previsão do tempo e simular situações nas quais elas possam ser medidas. (EF08CI16) Discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental a partir da identificação de alterações climáticas regionais e globais provocadas pela intervenção humana.
9 °	Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo Astronomia e cultura Vida humana fora da Terra Ordem de grandeza astronômica Evolução estelar	(EF09CI14) Descrever a composição e a estrutura do Sistema Solar (Sol, planetas rochosos, planetas gigantes gasosos e corpos menores), assim como a localização do Sistema Solar na nossa Galáxia (a Via Láctea) e dela no Universo (apenas uma galáxia dentre bilhões). (EF09CI15) Relacionar diferentes leituras do céu e explicações sobre a origem da Terra, do Sol ou do Sistema Solar às necessidades de distintas culturas (agricultura, caça, mito, orientação espacial e temporal etc.). (EF09CI16) Selecionar argumentos sobre a viabilidade da sobrevivência humana fora da Terra, com base nas condições necessárias à vida, nas características dos planetas e nas distâncias e nos tempos envolvidos em viagens interplanetárias e interestelares. (EF09CI17) Analisar o ciclo evolutivo do Sol (nascimento, vida e morte) baseado no conhecimento das etapas de evolução de estrelas de diferentes dimensões e os efeitos desse processo no nosso planeta.
Fonte: BNCC, pags.: 333-341;		

- D. Anexo D - Formulário de entrega /recibo de trabalho final de curso e autorização para publicação digital no domínio do MAST.

Identificação do tipo de material

☒ Dissertação capa Dura	☒ Objeto digital em PDF	☐ Versão de arquivo folhas soltas
---	---	--

Identificação do documento

Autor: ANTONIO RICARDO DA SILVA	
Identidade: 04391909-1	CPF: 634.031.707-30
E-Mail: antonior_silva@gmx.com	Telefone: (21) 9.9869-8886
Título:	
Orientador: Prof. Dr. Douglas Falcão Silva	
Co-Orientador:	
Data da Defesa:	

Classificação de acesso ao documento*

☐ Confidencialidade	☐ Registro de patente
--	--

* Esta classificação poderá ser mantida até um ano a partir da defesa ou conclusão do trabalho. Após esse período a íntegra do trabalho será disponibilizada na base de dados institucional. A extensão deste prazo poderá ser requerida por, no máximo duas vezes e suscita justificativa.

AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NA BIBLIOTECA DIGITAL DO MAST

Autorizo o Museu de Astronomia e Ciências Afins, MAST, a disponibilizar gratuitamente na internet, sem ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral da publicação supracitada, de minha autoria, em seu site, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão, a título de divulgação da produção científica gerada pela Universidade a partir da data:

Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 2025.

Assinatura do (a) autor (a)
ou
seu representante legal:

E. Anexo E: Comprovante de entrega do trabalho de conclusão do PPACT

Recebemos do aluno ANTONIO RICARDO DA SILVA, 2, dois exemplares impresso, um exemplar em meio digital, de seu trabalho de conclusão de curso, na versão final, para fins de dar entrada no pedido de emissão de diploma.

Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 2025.

Assinatura e Carimbo do PPACT	
-------------------------------	--

I. Apêndice – PRODUTO TÉCNICO CIENTIFICO

I.1 APRESENTAÇÃO

A partir dos dados apresentados ao longo desta dissertação, buscou-se analisar a Luneta Equatorial do Fotoheliografo sob diferentes perspectivas, considerando seus aspectos técnicos, científicos, históricos e educativos. Buscou-se compreender sua relevância como objeto científico e patrimonial inserido na história da astronomia brasileira.

A trajetória do instrumento, desde sua chegada ao porto do Rio de Janeiro até os dias atuais, relaciona-se diretamente à construção da prática astronômica no Brasil, bem como às instituições, pesquisadores e processos históricos associados ao desenvolvimento das ciências no país. Nesse sentido, a Luneta Equatorial do Fotoheliografo ultrapassa sua dimensão técnica, constituindo-se também como elemento de mediação entre ciência, história e educação.

Este apêndice, apresenta uma proposta de utilização educativa do instrumento, voltada especialmente para atividades desenvolvidas em contextos escolares, museológicos e, sobretudo, em ações integradas entre escola e museu. A pesquisa toma como referência o instrumento e seus diferentes elementos passíveis de exploração pedagógica, conforme apresentado na Figura 51 (p. 129). A proposta fundamenta-se na exploração didática de recursos associados ao instrumento, destacando-se, entre eles, a utilização da câmera escura.

I.2 ATIVIDADE – CAMERA ESCURA

I.2.1 INTRODUÇÃO

A câmera escura constitui um dos artefatos ópticos mais longevos e conceitualmente relevantes da história da ciência. Mais do que um dispositivo baseado na projeção de imagens invertidas, ela configurou-se como instrumento epistemológico fundamental para o desenvolvimento da óptica geométrica, para a transformação das teorias da visão e para a consolidação de práticas observacionais que contribuíram, posteriormente, para a formação da astronomia instrumental moderna.

Seu princípio fundamental baseia-se na propagação retilínea da luz: raios luminosos provenientes de um objeto externo atravessam um pequeno orifício em um ambiente escurecido e projetam, na superfície oposta, uma imagem invertida e proporcional ao objeto observado. Embora esse mecanismo apresente aparente simplicidade estrutural, seus desdobramentos históricos, científicos e filosóficos revelam profunda relevância para a compreensão da formação do pensamento óptico e observacional.

Ao longo da história, a câmera escura esteve associada não apenas à investigação dos fenômenos luminosos, mas também ao desenvolvimento de práticas de observação astronômica, representação visual e construção de instrumentos científicos. Sua utilização permitiu discutir questões relacionadas à natureza da luz, aos processos de formação das imagens e às próprias concepções de observação científica.

No contexto desta proposta educativa, parte-se do princípio de que a atividade será desenvolvida de maneira integrada entre o museu e a escola, buscando estabelecer uma aproximação entre o patrimônio científico, a história da ciência e o ensino de conceitos fundamentais da óptica. A atividade pretende, assim, transformar o instrumento histórico em elemento mediador de experiências educativas capazes de articular observação, experimentação e reflexão histórica.

I.2.1 ABORDAGEN HISTÓRICA

A investigação dos fenômenos associados à câmera escura antecede, em muitos séculos, sua formalização matemática. Na China antiga, textos vinculados à tradição mohista registram descrições notavelmente precisas do fenômeno óptico. O pensador Mozi, também conhecido como Mo Di, no século V a.C., discutiu a formação de imagens invertidas ao analisar a passagem da luz por pequenas aberturas. A tradição textual preservada no Mozi evidencia um entendimento empírico da relação entre o tamanho da abertura, a nitidez da imagem e a propagação retilínea da luz (NEEDHAM, 1956).

Estudos contemporâneos em História da Ciência têm destacado que os moístas desenvolveram reflexões sistemáticas sobre mecânica, lógica e óptica, constituindo uma tradição técnica frequentemente subestimada pelas narrativas eurocêntricas da ciência. Joseph Needham, em seus estudos sobre ciência e civilização chinesa, ressaltou a sofisticação dessas investigações e sua relevância para a história global do conhecimento científico. (NEEDHAM, 1956). (Wu et al., 2015)

Na obra atribuída a Aristóteles, *Problemata*, descreveu a projeção da imagem solar através de pequenas aberturas, como frestas entre folhas, notando que a forma da imagem correspondia à forma do Sol no momento. Assim, em condições normais, a imagem era circular; durante eclipses parciais, tornava-se crescente — evidência de que a forma independia da abertura, contribuindo para o desenvolvimento da óptica geométrica. (Aristoteles; Mayhew, 2011)

A tradição helenística produziu importantes desenvolvimentos matemáticos na óptica, especialmente com Euclides e Ptolomeu. Contudo, foi no mundo islâmico medieval que a câmera escura passou a ocupar posição central em investigações experimentais mais sistemáticas. O polímata Ibn al-Haytham⁵⁵, conhecido no Ocidente latino como Alhazen, elaborou, no *Kitab al-Manazir*, uma teoria abrangente da visão baseada na propagação retilínea da luz e na recepção ocular de raios luminosos. Ao rejeitar a teoria emitista, segundo

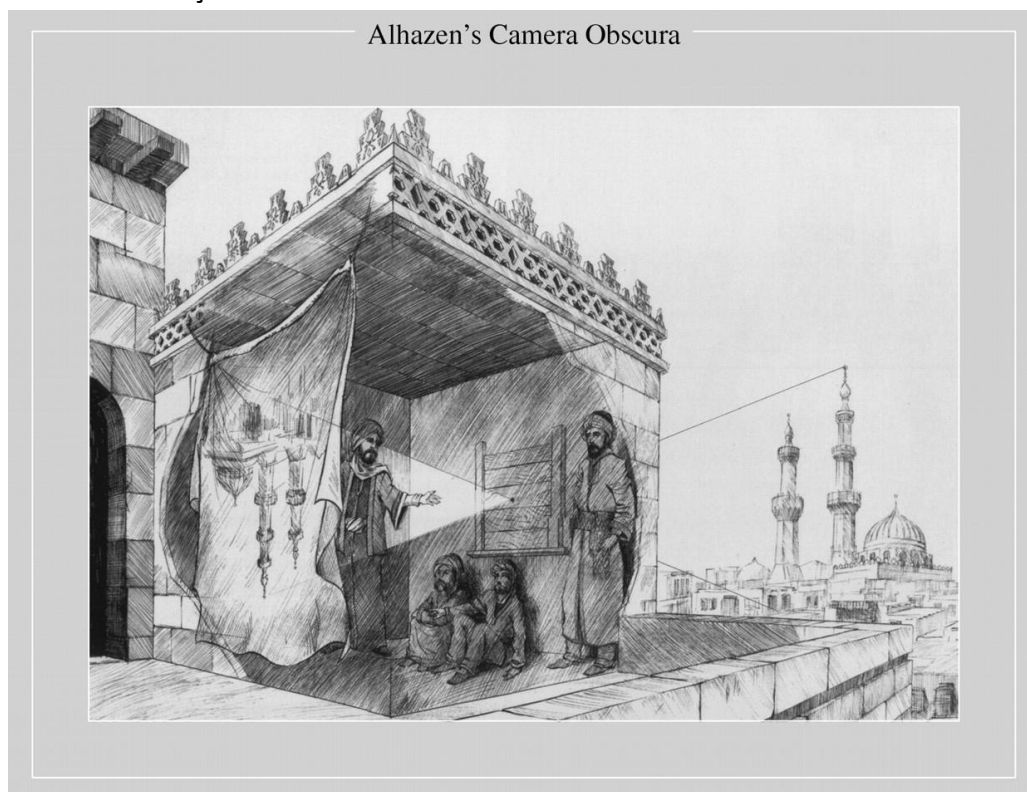
⁵⁵ **Ibn al-Haytham (965 – 1050)** polímata persa, considerado um dos maiores cientistas de sua época, sendo considerado um dos fundadores da óptica moderna. Suas contribuições revolucionaram a astronomia e a física da época. Considerado um dos fundadores do método científico.

a qual o olho emitiria raios visuais, fundamentou experimentalmente a concepção intromissionista da visão. (Guarnieri, 2015)

A câmera escura desempenhou papel central em seus experimentos. Ao isolar feixes luminosos provenientes do Sol durante eclipses, Ibn al-Haytham demonstrou que cada ponto da abertura correspondia a um ponto na imagem projetada, reforçando a interpretação geométrica da propagação luminosa em linhas retas. Mais do que descrever o fenômeno, estabeleceu procedimentos baseados em observação controlada, repetição experimental e análise geométrica, contribuindo para o desenvolvimento de práticas investigativas posteriormente associadas à ciência moderna. Historiadores como David C. Lindberg e Roshdi Rashed reconhecem nessa obra um marco importante na história da óptica.

A tradição islâmica não se limitou à preservação da obra de Ibn al-Haytham. Autores como Kamal al-Din al-Farisi ampliaram os estudos sobre refração e fenômenos atmosféricos, expandindo o escopo das pesquisas ópticas em diálogo com problemas astronômicos. A observação do céu, a elaboração de calendários e a resolução de questões relacionadas à orientação espacial encontravam-se profundamente associadas ao estudo da luz e dos instrumentos de observação. (Lindberg, 1976)

Figura 60 : Observação realizada na câmera escura – Alhazen's Camera Obscura



Fonte: (Zewail, 2010)

No contexto das traduções latinas dos séculos XII e XIII, a obra de Ibn al-Haytham circulou amplamente na Europa, influenciando pensadores como Roger Bacon e Witelo. Esse processo de circulação cultural favoreceu a assimilação, no ambiente intelectual europeu, de conceitos associados à óptica geométrica e à observação experimental. (Martins, 2021)

Entre o final do século XV e o início do XVI, Leonardo da Vinci analisou a câmera escura como modelo físico do olho humano. Em seus manuscritos, descreveu a inversão da imagem projetada – ainda que acreditasse que o olho a reinvertia – e estabeleceu analogias entre a “imprensiva” (superfície receptora no fundo do olho) e a superfície de projeção. Tal abordagem reforçou a ideia de que instrumentos ópticos poderiam reproduzir e ampliar funções naturais do corpo humano, contribuindo para a consolidação de interpretações mecanicistas da visão.

O passo seguinte ocorreu com Johannes Kepler que, na obra *Ad Vitellionem Paralipomena* (1604), sistematizou conceitos ópticos herdados da tradição árabe-latina e empregou o termo *camera obscura*. **Ao analisar teoricamente o uso de lentes convergentes no dispositivo**, aproximou estruturalmente a câmera escura das lunetas astronômicas. Esse desenvolvimento ocorreu **pouco antes** da revolução telescópica associada às observações de Galileu Galilei, que reformularam aspectos centrais da cosmologia aristotélica ao revelar irregularidades na superfície lunar, as fases de Vênus e as manchas solares

A projeção solar por meio de dispositivos baseados no princípio da câmera escura (especialmente com o uso de lentes ou telescópios projetantes) tornou-se método seguro e eficaz para o estudo das manchas solares, sendo empregada por astrônomos como Christoph Scheiner. A utilização da projeção indireta não apenas preservava a visão do observador, mas também permitia registros gráficos mais estáveis, favorecendo práticas sistemáticas de documentação científica.

*A tradição instrumental prosseguiu com o desenvolvimento de telescópios refratores e refletores, incluindo o modelo concebido por Isaac Newton, **criado para contornar a aberração cromática** revelada por seus estudos sobre decomposição da luz branca. Embora estruturalmente distinto da câmera escura estenopeica, o telescópio compartilha o mesmo princípio geométrico fundamental – a propagação retilínea da luz e a formação de imagens*

reais por projeção – característico de instrumentos ópticos mediadores da visão. (Lindberg, 1976)

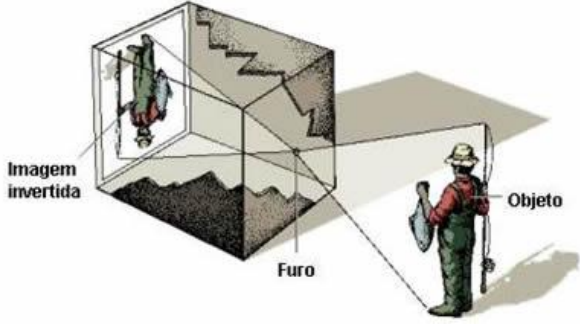
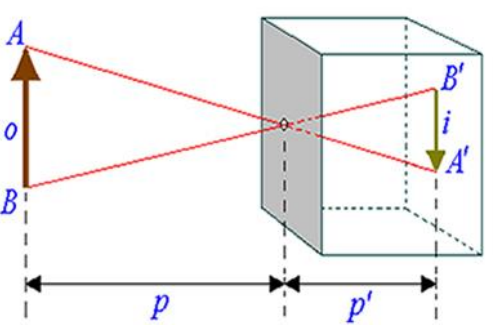
No século XIX, as experiências de Nicéphore Niépce e, posteriormente, de Louis Daguerre converteram a imagem projetada em registro permanente por meio de processos químicos fotossensíveis. Nas décadas seguintes, a astrofotografia passou gradualmente a desempenhar papel central na astronomia moderna, permitindo mensurações espectrais, estudos de nebulosas e determinações mais precisas das posições estelares. Nesse sentido, a câmera escura pode ser compreendida como parte de uma longa tradição instrumental relacionada ao desenvolvimento das técnicas de observação e registro astronômico.

Do ponto de vista historiográfico, a câmera escura exemplifica um artefato cuja longevidade decorre de sua plasticidade conceitual e instrumental. Ao atravessar diferentes contextos culturais — da China antiga (com os registros de Mozi) ao mundo islâmico medieval e à Europa renascentista — assumiu funções diversas: demonstração filosófica, instrumento experimental, auxílio artístico, técnica de observação astronômica e protótipo fotográfico. Sua trajetória evidencia que instrumentos científicos não possuem encerramento definitivo; transformam-se continuamente à medida que se modificam os regimes de saber, as práticas observacionais e os contextos culturais nos quais estão inseridos.

I.2.3 PRINCÍPIOS FÍSICOS DA FORMAÇÃO DA IMAGEM NA CAMERA ESCURA

Do ponto de vista físico, o funcionamento da câmera escura fundamenta-se principalmente na propagação retilínea da luz em meios homogêneos. Quando raios luminosos provenientes de um objeto atravessam um pequeno orifício em um ambiente escurecido, cada ponto luminoso do objeto origina um feixe relativamente independente, projetando-se na superfície oposta da câmera. A intersecção geométrica desses feixes produz uma imagem invertida vertical e horizontalmente. (Nussenzveig, 2022)

O fenômeno pode ser compreendido a partir da óptica geométrica, segundo a qual a luz, em escalas macroscópicas, propaga-se aproximadamente em linhas retas. Assim, os raios provenientes da parte superior do objeto atravessam o orifício e atingem a região inferior da superfície de projeção, enquanto os raios oriundos da parte inferior projetam-se na região superior. Processo análogo ocorre lateralmente, produzindo a inversão completa da imagem.

Figura 61 : Observando a construção da imagem na câmera escura	Figura 62 : Observando os elementos, que caracterizam o objeto e a imagem
	
Fonte: Google, 2026	Fonte: Google, 2026

A qualidade da imagem observada depende diretamente da relação entre o diâmetro da abertura e a distância entre o orifício e a superfície de projeção. Aberturas maiores permitem a passagem de maior quantidade de luz, tornando a imagem mais luminosa; contudo, produzem superposição mais intensa entre os feixes luminosos provenientes de diferentes pontos do objeto, reduzindo a nitidez da projeção. Por outro lado, aberturas muito pequenas aumentam a definição geométrica da imagem, mas diminuem significativamente sua intensidade luminosa.

Estabelece-se, portanto, uma relação de compromisso entre luminosidade e resolução. Tal princípio permanece presente em instrumentos ópticos contemporâneos, como câmeras fotográficas, microscópios e telescópios astronômicos.

Quando lentes convergentes passaram a ser incorporadas à câmera escura, ocorreu profunda transformação em seu comportamento óptico. A câmera estenopeico tradicional dependia exclusivamente do pequeno orifício para controlar a passagem da luz; já o sistema com lente passou a utilizar a refração luminosa como mecanismo de focalização da imagem.

Nesse novo arranjo óptico, a lente permite coletar quantidade muito maior de luz sem perda proporcional da nitidez da imagem. Enquanto, na câmera estenopeico, cada ponto do objeto projeta-se por meio de feixes estreitos limitados pelo pequeno orifício, a lente reorganiza geometricamente os raios luminosos, conduzindo-os para regiões específicas de focalização. Como consequência, a imagem torna-se mais luminosa, mais definida e passível de ampliação.

O princípio físico da focalização pode ser descrito pela relação entre distância focal, distância do objeto e distância da imagem:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

Onde:

f: representa a distância focal da lente

p: representa a distância do objeto a lente

p'': representa a distância da imagem

A introdução das lentes modificou profundamente as possibilidades observacionais da câmera escura. O sistema passou a permitir ajustes de foco para diferentes distâncias, maior controle sobre a formação da imagem e ampliação óptica dos objetos observados. Ao mesmo tempo, surgiram novos problemas físicos associados à refração, como aberrações cromáticas e esféricas, posteriormente investigadas no desenvolvimento da óptica instrumental.

Além da propagação retilínea da luz, a câmera escura também permite introduzir discussões relacionadas à difração. Quando o orifício se torna excessivamente pequeno, os efeitos ondulatórios da luz passam a desempenhar papel relevante. Nessa condição, a imagem deixa de ser limitada apenas pela geometria dos raios luminosos e passa a sofrer alargamento devido ao espalhamento ondulatório da luz ao atravessar a abertura. Assim, mesmo um orifício extremamente reduzido não produz uma imagem infinitamente nítida.

A observação da imagem projetada na câmera escura não depende exclusivamente da óptica geométrica; envolve, de modo igualmente fundamental, a fisiologia da visão. Em razão da baixa intensidade luminosa da projeção característica marcante do modelo estenopeico (aquele dotado apenas de um pequeno orifício), o olho humano necessita de alguns minutos para se adaptar à penumbra. Durante esse processo adaptativo, a pupila dilata-se e os bastonetes da retina regeneram seus pigmentos fotossensíveis, ampliando a sensibilidade à luz.

Esse fenômeno, denominado adaptação escotópica, evidencia uma importante interface entre a física da luz, o funcionamento do corpo humano e a prática histórica da observação científica. Astrônomos do passado que empregavam câmeras escuras para examinar o Sol ou o céu noturno dependiam diretamente dessa capacidade visual – um aspecto frequentemente negligenciado nos relatos técnicos, porém essencial para a produção do conhecimento.

Do ponto de vista histórico, a grande virada ocorreu em 1604, quando Johannes Kepler compreendeu que a introdução de lentes convergentes na câmera escura poderia superar suas limitações inerentes. Enquanto o orifício estenopeico se limita a restringir a passagem da luz, a lente a reorganiza geometricamente: coleta muito mais luz e permite o foco preciso da imagem. Graças a essa inovação, Kepler transformou a câmera escura, até então um dispositivo passivo de projeção, em um instrumento ativo de observação ampliada, capaz de revelar detalhes antes imperceptíveis.

Essa aproximação conceitual entre a câmera escura e a luneta astronômica mostrou-se decisiva para o avanço da astronomia telescópica nos séculos XVII e XVIII. Sem o concurso das lentes, não teriam surgido nem a luneta de Galileu, nem os telescópios refletivos de Newton,

nem mais tarde o fotoheliógrafo empregado no registro sistemático das manchas solares. Em outras palavras: a câmera escura provida de lente constitui o elo perdido entre a experiência lúdica de projetar imagens na parede e a ciência astronômica moderna.

A projeção solar por meio da câmera escura assumiu papel particularmente relevante na observação indireta do Sol. Esse método permitia acompanhar eclipses e manchas solares sem exposição direta da visão à intensa radiação luminosa. Além de preservar a segurança do observador, possibilitava registros gráficos mais estáveis e detalhados, favorecendo a consolidação de práticas sistemáticas de documentação astronômica.

Em síntese, a análise física da câmera escura possibilita integrar conceitos tão diversos quanto óptica geométrica, refração, focalização, difração, formação de imagens e fisiologia da visão. Paralelamente, evidencia como princípios físicos relativamente simples desempenharam papel central no desenvolvimento histórico dos instrumentos científicos e das práticas observacionais da astronomia.

I.2.2.1 DETALHAMENTO DA INVERSAO DA IMAGEM

A câmara escura consiste em um recinto opaco dotado de uma pequena abertura em uma de suas paredes e de uma superfície receptora (tela) na parede oposta. Quando um objeto iluminado se coloca diante do orifício, forma-se sobre a tela uma imagem invertida – tanto na direção vertical quanto na horizontal. Esse fenômeno, longe de ser casual, decorre exclusivamente de duas propriedades geométricas da luz: sua propagação retilínea e o caráter pontual do orifício.

A luz se propaga em linha reta em meios homogêneos. Cada ponto do objeto externo emite (ou reflete) raios luminosos em todas as direções do espaço. A imensa maioria desses raios incide sobre as paredes internas da câmara e é absorvida, não contribuindo para a imagem. Apenas um pequeno conjunto de raios – aqueles cuja trajetória retilínea passa exatamente pelo orifício – consegue adentrar o recinto. Devido às reduzidas dimensões do furo (idealmente, um ponto matemático), para cada ponto do objeto existe uma única direção privilegiada que permite a travessia. Esse raio único mantém sua orientação inalterada após o orifício, atingindo a tela em uma posição determinada pela geometria de interseção.

Considere, para análise, um objeto extenso, por exemplo, uma seta vertical com a ponta voltada para cima. O ponto mais alto da seta (topo) só pode enviar um raio que, para atravessar o furo, esteja dirigido obliquamente para baixo. Ao penetrar na câmara, esse raio prossegue em linha reta e vai incidir na região inferior da tela. Por outro lado, o ponto mais baixo da seta (base) emite um raio que necessariamente aponta obliquamente para cima a fim de cruzar o orifício; após a passagem, ele atinge a porção superior da tela. Dessa forma, a coordenada vertical do objeto se inverte: o topo projeta-se na base da imagem, e a base projeta-se no topo.

Analogamente, a inversão horizontal ocorre pelo mesmo princípio. Um ponto localizado à esquerda do objeto emite um raio que, para alcançar o orifício, deve ter uma componente horizontal dirigida para a direita. Esse raio, depois de transpor a abertura, continua para a direita e incide sobre o lado direito da tela. Reciprocamente, um ponto à direita projeta-se sobre o lado esquerdo. A consequência imediata é que a imagem final apresenta uma rotação

de 180 graus em relação ao objeto original: a parte superior torna-se inferior, a parte inferior torna-se superior, e a esquerda troca com a direita.

O pequeno diâmetro do orifício é condição essencial para que a inversão seja nítida e perceptível. Se o furo possuir dimensões apreciáveis, cada ponto do objeto não envia mais um único raio, mas um feixe cônico de raios que atravessa a abertura. Diferentes pontos do objeto passam a ter seus feixes sobrepostos na tela, gerando uma mancha luminosa borrada, na qual a inversão fica obscurecida ou mesmo desaparece. O orifício ideal é suficientemente pequeno para que cada ponto do objeto contribua com um feixe tão delgado que praticamente não se misture com os feixes dos pontos vizinhos. Na prática, orifícios com diâmetros entre 0,2 mm e 0,5 mm produzem imagens invertidas razoavelmente definidas, desde que a distância entre objeto e orifício seja adequada.

A relação geométrica entre as dimensões do objeto e da imagem é dada pela semelhança de triângulos: a altura da imagem está para a altura do objeto assim como a distância do orifício à tela está para a distância do objeto ao orifício. A inversão é independente dessas distâncias, manifestando-se em todas as configurações possíveis, desde que a luz possa atravessar o furo. Portanto, a imagem invertida na câmera escura não é um artefato ou uma ilusão, mas a consequência direta e inevitável da propagação retilínea da luz combinada com a redução da abertura a um único ponto de passagem. Compreender esse fenômeno é compreender a própria essência da formação geométrica de imagens. (Nussenzveig, 2022)

I.2.2.2 ATIVIDADE DA INVERSÃO DA IMAGEM

Esta atividade tem como objetivo, apresentar um instrumento suplementar a atividade da câmera escura, que tem como função, o detalhamento do processo de inversão da imagem, antes mesmo da construção pelos alunos da câmera escura.

Materiais Necessários:

- a. Uma fonte luminosa (uma vela acesa ou uma lanterna pequena)
- b. Um pedaço de papelão (ou mesmo uma folha de papel firme) – mas este é o único material extra;
- c. Tesoura ou alfinete (para fazer o furo)

Passo a Passo:

- a. Prepare o “anteparo com furo” : Recorte um quadrado de papelão de aproximadamente 10 cm x 10 cm. No centro, faça um furo bem pequeno usando a ponta de um alfinete (diâmetro de cerca de 0,5 mm). Quanto menor e mais redondo o furo, melhor.
- b. Escureça o ambiente : Vá para um cômodo escuro. Acenda apenas a vela.
- c. Posicione o furo : Segure o papelão entre a vela e a parede. A distância ideal: vela a cerca de 1 metro da parede, e o papelão a uns 20–30 cm da parede (ou ajuste até ver a imagem).
- d. Observe a parede : Olhe para a parede do lado oposto ao da vela. Você verá uma pequena imagem invertida da chama: a ponta da chama aparecerá para baixo e a base para cima.
- e. Ao observar-se a imagem, nos primeiros minutos a nossa visao não encontra-se adpatada e conseqüentemente vemos um objeto sem definição e muito claro. Será necessário que a visão se adpte ao ambiente escuro, para que consigamos observar a imagem.
- f. Confirme a inversão horizontal : Se usar uma lanterna com uma seta desenhada na lente (ou um celular exibindo uma seta na tela), mova a fonte para a esquerda. A imagem na parede se moverá para a direita.

Resumo da atividade lúdica:

Faça um furinho num papelão, apague a luz, acenda uma vela. Coloque o papelão entre a vela e a parede. Na parede, a chama aparecerá de ponta-cabeça. Brinque de mover a vela para os lados e veja a imagem acompanhar ao contrário. Descubra que a luz, ao passar por um buraco muito pequeno, se cruza como se fosse um ‘x’ e vira tudo de avesso.

I.2.2 ABORDAGEM PEDAGOGICA

A proposta pedagógica envolvendo a construção da câmera escura, a visita ao Museu de Astronomia e Ciências Afins e a apresentação da Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo fundamenta-se em perspectivas contemporâneas do ensino de ciências que valorizam a experimentação, a contextualização histórica do conhecimento científico e a integração entre espaços formais e não formais de educação. Mais do que uma simples atividade prática, essa abordagem busca inserir os estudantes em um processo investigativo no qual conceitos de óptica, astronomia e história da ciência são articuladas de maneira integrada, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

A construção da câmera escura pelos alunos constitui um elemento central da proposta, pois permite que conceitos frequentemente apresentados de forma abstrata, como a propagação retilínea da luz e a formação de imagens, sejam compreendidos a partir da observação direta dos fenômenos. Nesse contexto, o estudante deixa de ocupar uma posição passiva no processo educativo e passa a atuar como sujeito ativo da experiência, manipulando materiais, formulando hipóteses e observando experimentalmente os resultados obtidos. Essa perspectiva aproxima-se das concepções pedagógicas defendidas por John Dewey, para quem a aprendizagem ocorre de forma mais efetiva quando associada à experiência concreta e à ação investigativa do estudante.

Além da dimensão experimental, a atividade possui importante caráter dialógico. As discussões promovidas entre professor e alunos durante a construção e utilização da câmera escura permitem organizar cognitivamente as observações realizadas, favorecendo a elaboração conceitual e a construção coletiva do conhecimento. Nessa perspectiva, o professor atua como mediador do processo de aprendizagem, orientando a interpretação dos fenômenos observados e relacionando-os aos conceitos científicos envolvidos. Tal abordagem dialoga diretamente com as contribuições de Lev Vygotsky, sobretudo no que se refere ao papel da interação social e da linguagem na construção do conhecimento científico.

A proposta também se aproxima das metodologias de ensino por investigação amplamente discutidas na educação em ciências contemporânea. Ao observar a projeção solar produzida

pela câmera escura e discutir a possibilidade de identificação de manchas solares, os alunos participam de uma atividade investigativa que envolve observação, formulação de perguntas, levantamento de hipóteses e interpretação de evidências. O fenômeno astronômico deixa de ser apenas uma descrição presente nos livros didáticos e passa a constituir uma experiência concreta de observação científica. Dessa forma, busca-se promover não apenas a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento de práticas associadas à alfabetização científica, conforme discutido por Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Outro aspecto relevante da proposta refere-se à inserção da história da ciência no ensino. A articulação entre a câmera escura e a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo permite que os estudantes compreendam os instrumentos científicos como construções históricas relacionadas às necessidades observacionais e tecnológicas de diferentes períodos. A câmera escura, associada aos estudos ópticos desenvolvidos desde a Antiguidade e aprofundados durante o período islâmico medieval, representa um importante antecedente histórico dos instrumentos ópticos modernos. Já o Fotoheliógrafo evidencia o desenvolvimento da astronomia observacional e da fotografia científica aplicada ao estudo do Sol. Essa contextualização histórica contribui para romper a visão da ciência como um corpo de conhecimentos prontos e imutáveis, evidenciando seu caráter histórico, coletivo e processual, perspectiva amplamente discutida por Michael Matthews e Roberto de Andrade Martins.

A visita ao Museu de Astronomia e Ciências Afins amplia ainda mais as potencialidades pedagógicas da atividade ao inserir os estudantes em contato direto com instrumentos históricos e com o patrimônio científico nacional. Nesse contexto, o museu deixa de ser compreendido apenas como espaço expositivo e passa a assumir o papel de ambiente educativo e de preservação da memória científica. A interação com a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo permite aos estudantes relacionar a experiência experimental realizada na escola com práticas científicas historicamente desenvolvidas em instituições astronômicas brasileiras. Tal articulação entre escola e museu é amplamente valorizada pela literatura em educação museal, especialmente nos trabalhos de Martha Marandino e Maria Margaret Lopes, que destacam o potencial educativo dos museus científicos na promoção da alfabetização científica e cultural.

Além disso, a proposta possibilita trabalhar a noção de cultura material da ciência, compreendendo os instrumentos científicos como objetos históricos portadores de significados técnicos, sociais e culturais. O Fotoheliógrafo deixa de ser percebido apenas como um instrumento antigo e passa a ser interpretado como parte do processo histórico de construção do conhecimento astronômico. Ao observar o instrumento e compreender sua utilização nas observações solares e no registro das manchas solares, os estudantes entram em contato com aspectos concretos da prática científica, percebendo a relação entre observação, instrumentação e produção de conhecimento. Tal perspectiva dialoga com estudos de historiadores da ciência como Simon Schaffer, Lorraine Daston e Peter Galison, que discutem a relevância dos instrumentos científicos e das práticas materiais na constituição da ciência moderna.

Desse modo, a abordagem pedagógica proposta articula experimentação, investigação, história da ciência e educação museal em uma perspectiva interdisciplinar que favorece uma compreensão mais ampla da ciência e de seus processos de construção. Ao integrar atividades práticas, discussões coletivas e contato com instrumentos históricos preservados pelo Museu de Astronomia e Ciências Afins, busca-se promover não apenas a aprendizagem de conceitos científicos, mas também o desenvolvimento de uma percepção crítica acerca da natureza histórica, cultural e social da ciência.

Iremos detalhar os processos envolvidos na construção desta sequência didática, conjunta escola-museu.

I.3 SEQUENCIA DIDATICA

Resumo da Sequência

Público-alvo	Duração total	Etapas	Eixos pedagógicos
Ensino Médio (1º ao 3º ano)	8 a 9 aulas (50 min cada)	6 etapas integradas	Experimentação · História da Ciência · Educação Museal

Componentes Curriculares

Componente	Conteúdos articulados
Física	Óptica geométrica, propagação da luz, formação de imagens
Astronomia / Ciências	Sol, manchas solares, instrumentos astronômicos
História da Ciência	Ibn al-Haytham, Foteheliógrafo, Observatório Nacional
Educação Patrimonial	Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)

Apresentação e Objetivos Gerais

Esta sequência didática integra experimentação, história da ciência e educação museal em seis etapas progressivas. O eixo central é a observação solar segura por meio da câmera escura, instrumento de baixo custo que materializa princípios fundamentais de óptica geométrica e serve como ponto de partida para compreender instrumentos históricos preservados no Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), especialmente a Luneta Equatorial do Foteheliógrafo.

Objetivos gerais

- Compreender os princípios de óptica geométrica por meio da construção e utilização de uma câmera escura.
- Reconhecer instrumentos científicos como construções históricas ligadas a necessidades técnicas e sociais.
- Desenvolver práticas associadas à alfabetização científica: observar, formular hipóteses e interpretar evidências.
- Articular escola e museu como espaços complementares de aprendizagem e preservação da memória científica.
- Compreender o Sol e as manchas solares a partir de perspectivas físicas, históricas e tecnológicas.

Cronograma Geral

O cronograma abaixo apresenta uma distribuição sugerida das etapas em aulas de 50 minutos. A sequência pode ser adaptada conforme o calendário escolar, agrupando etapas menores em uma única aula ou distribuindo etapas mais longas ao longo de dois encontros.

Etapas	Título	Aulas (50 min)	Local	Tempo total
1	Contato escola-museu	1	Sala de aula	50 min
2	Construção da câmera escura	2	Sala de aula / pátio	100 min
3	Discussão coletiva	1	Sala de aula	50 min
4	Visita ao MAST com a câmera escura	2	MAST (externo)	100–120 min
5	Apresentação do Fotoheliógrafo	1	MAST (externo)	incluso etapa 4
6	Manchas solares e síntese final	1–2	MAST / sala de aula	50–100 min
	TOTAL	8–9 aulas		6h40–7h30

ETAPA 1 | CONTATO ESCOLA-MUSEU

 Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos

Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer o museu como espaço de preservação da memória científica e divulgação da ciência.
- Ativar conhecimentos prévios sobre a luz, o Sol e a observação astronômica.
- Formular hipóteses iniciais a partir de perguntas problematizadoras.
- Compreender a proposta geral da sequência didática e suas conexões com o cotidiano.

Materiais necessários

- Projetor ou TV para apresentação de imagens (MAST, Fotoheliógrafo, câmera escura histórica).
- Imagens ou vídeo curto sobre o Museu de Astronomia e Ciências Afins.
- Inserir questionários, sobre elementos mesclados.
- Quadro ou lousa para registro das hipóteses levantadas pelos alunos.

Desenvolvimento (50 min)

Fase	Atividade	Tempo
Abertura	Apresentação do tema e da proposta da sequência didática. O professor explica que a turma irá construir um instrumento de observação solar e visitar o MAST.	10 min
Problematização	Perguntas disparadoras discutidas em roda: Como os astrônomos observavam o Sol antes das câmeras digitais? Por que olhar diretamente para o Sol é perigoso? O que são manchas solares? Qual a importância de um museu científico?	15 min
Apresentação	Exibição de imagens do MAST, da Luneta Equatorial e do Fotoheliógrafo. Breve contextualização histórica do Observatório Nacional e do papel da astronomia no Brasil.	15 min
Registro	Os alunos registram em uma folha de hipóteses inicial: o que acham que irão aprender e o que imaginam que a câmera escura irá mostrar.	10 min

Avaliação da etapa

Instrumento: Folha de Hipóteses Inicial

- A partir do questionário, ou atividade, o aluno irá responder por escrito, com texto não inferior a cinco linhas, sobre: oO que você acha que acontece quando a luz passa por um pequeno furo? Qual a função do museu ? Para que serve um museu de astronomia ? quem paga e sustenta ? O que é a Luz ? Como nos vemos e vemos os outros ?
- O professor recolhe as folhas sem correção — elas serão retomadas na Etapa 3 e na síntese final.
- Foco avaliativo: ativação de conhecimento prévio e formulação de hipóteses (não acerto).

Conteúdos trabalhados

- Natureza da ciência: museu como espaço de produção e memória científica
- Contextualização histórica: astronomia no Brasil e o Observatório Nacional
- Problemática: luz, visão solar e instrumentos de observação

Referência pedagógica: a etapa fundamenta-se na problematização como ponto de partida do processo investigativo (Carvalho, 2013), e na compreensão do museu como ambiente educativo complementar à escola (Marandino, 2008; Lopes, 1997).

ETAPA 2 | CONSTRUÇÃO DA CÂMERA ESCURA

 Tempo estimado: 2 aulas de 50 minutos (100 min)

Objetivos de aprendizagem

- A partir do modelo construtivo, o aluno deverá executar em casa, de preferencia sem ao auxilio dos pais, a atividade de construção do modelo.
- Compreender a propagação retilínea da luz por meio da experimentação direta.
- Observar e explicar a formação e a inversão da imagem na câmera escura.
- Relacionar o tamanho do orifício com a nitidez e a luminosidade da imagem projetada.
- Reconhecer a câmera escura como precursora histórica dos instrumentos ópticos modernos.
- Desenvolver habilidades procedimentais: planejamento, construção, observação e registro.

Materiais necessários (por grupo de 4 alunos)

- Caixa de papelão (aprox. 30 × 20 × 20 cm) ou cano de PVC de 10 cm de diâmetro
- Papel vegetal ou papel manteiga (para a tela de projeção)
- Papel alumínio ou cartolina preta (para vedar a entrada de luz)
- Alfinete ou agulha grossa (para fazer o orifício)
- Fita adesiva preta, tesoura, estilete (uso pelo professor)
- Folha de registro de observações (1 por aluno)
- Opcional: orifícios de tamanhos variados (0,5 mm / 1 mm / 3 mm) para comparação

Desenvolvimento (100 min)

Fase	Atividade	Tempo
Aula 1 – Parte 1 Instrução e início	Apresentação rápida do roteiro de construção. Formação dos grupos. Cada grupo recebe os materiais. O professor demonstra a técnica de fazer o orifício sem rasgar o papel alumínio.	15 min
Aula 1 – Parte 2 Construção	Cada grupo constrói a câmera escura seguindo o roteiro. O professor circula orientando e colocando questões: Por que precisamos vedar toda a caixa? O que acontecerá com a imagem? A câmera parece com algum instrumento que vocês conhecem?	35 min
Aula 2 – Parte 1 Observação solar	No pátio (dia ensolarado) ou usando uma lâmpada intensa: cada grupo observa a projeção. Alunos registram: orientação da imagem, brilho, nitidez, diferenças entre orifícios de tamanhos variados.	30 min

Aula 2 – Parte 2 Contexto histórico	Retorno à sala. O professor apresenta brevemente Ibn al-Haytham e o uso histórico da câmera escura na astronomia até chegar ao Fotoheliógrafo. Alunos completam a folha de registro.	20 min
--	--	--------

Roteiro de construção da câmera escura (distribuir aos alunos)

- O aluno deverá seguir o modelo descrito no texto.
- A aluno deverá responder as questões relativas a construção do modelo e os passos executados, que por ventura possam ter apresentados problemas. A qualidade do produto construído, será analisada e pontuada
- O aluno deverá responder ao questionário, sobre as observações realizadas sobre o instrumento construído.
- Registre: a imagem está direita ou invertida? Clara ou escura? O que muda ao variar o tamanho do furo?

Avaliação da etapa

Instrumento: Folha de Registro de Observações

- Questão 1: Faça um desenho esquemático mostrando como a luz forma a imagem na câmera escura.
- Questão 2: Por que a imagem aparece de cabeça para baixo?
- Questão 3: O que acontece com a nitidez ao aumentar o tamanho do orifício? Por quê?
- Questão 4 (investigativa): Se você quisesse observar o Sol com segurança, como usaria a câmera escura?
- Critérios: precisão do desenho, coerência da explicação, uso dos conceitos de propagação retilínea.

Referência pedagógica: a construção ativa fundamenta-se em Dewey (aprendizagem pela experiência concreta) e no ensino por investigação (Carvalho, 2013). A contextualização histórica conecta-se a Matthews (1994) e Martins (2006).

ETAPA 3 | DISCUSSÃO COLETIVA

 Tempo estimado: 1 aula de 50 minutos

Objetivos de aprendizagem

- Verbalizar e sistematizar as observações realizadas na etapa de construção.
- Relacionar as observações práticas aos conceitos científicos de óptica geométrica.
- Perceber a ciência como construção histórica e coletiva, não como conjunto de fórmulas prontas.
- Comparar hipóteses iniciais (Etapa 1) com as evidências obtidas na prática.
- Desenvolver habilidades argumentativas e de comunicação científica.

Desenvolvimento (50 min)

Fase	Atividade	Tempo
Retomada das hipóteses	O professor devolve as folhas de hipóteses da Etapa 1. Os alunos comparam o que previam com o que observaram. Discussão: O que surpreendeu? O que estava correto? O que era diferente do esperado?	10 min
Discussão guiada (roda de conversa)	Perguntas mediadas pelo professor: 1. Por que a imagem aparece invertida? 2. O que acontece quando o orifício aumenta? 3. Como a luz atravessa o pequeno furo? 4. Por que conseguimos observar o Sol com segurança por projeção? 5. Como astrônomos antigos faziam observações solares?	25 min
Sistematização	O professor sistematiza no quadro os conceitos centrais: propagação retilínea, inversão da imagem, relação abertura-nitidez. Os alunos copiam o esquema conceitual.	10 min
Conexão histórica	Breve discussão: De que forma a câmera escura se relaciona com o Fotoheliógrafo que veremos no MAST? O que une esses dois instrumentos?	5 min

Esquema conceitual sugerido para sistematização

Mapa de conceitos — óptica geométrica e câmera escura

Fonte de luz → Raios de luz → Propagação RETILÍNEA

Raios passam pelo orifício → Projeção INVERTIDA na tela

Orifício menor → imagem mais NÍTIDA (menos raios cruzados)
Orifício maior → imagem mais BRILHANTE, mas menos nítida
Observação solar por PROJEÇÃO → segurança (luz não vai diretamente ao olho)
Câmera escura → precursora da câmera fotográfica e do Fotoheliógrafo

Avaliação da etapa

Instrumento: Questão de saída (exit ticket)

- Em 3 a 5 linhas, explique com suas palavras por que a câmera escura forma uma imagem invertida.
- O professor lê rapidamente ao final da aula para verificar a compreensão antes da visita ao museu.
- Não é avaliação formal — serve para o professor ajustar a abordagem na visita se necessário.

Referência pedagógica: a discussão coletiva mediada pelo professor fundamenta-se em Vygotsky (zona de desenvolvimento proximal) e na importância da linguagem e da interação social na construção do conhecimento científico.

ETAPA 4 | VISITA AO MAST COM A CÂMERA ESCURA

 Tempo estimado: 2 aulas equivalentes (100–120 min)

Objetivos de aprendizagem

- Relacionar a câmera escura construída pelos alunos aos instrumentos científicos históricos preservados no MAST.
- Reconhecer o museu como extensão do ambiente educativo e espaço de memória nacional.
- Estabelecer diferentes escalas da prática científica: instrumento artesanal versus instrumento profissional.
- Desenvolver postura investigativa e observadora durante a visita.

Logística e preparação da visita

- Contato prévio com o setor educativo do MAST para agendamento e mediação especializada.
- Cada grupo deve levar sua própria câmera escura construída na Etapa 2.
- Organizar o transporte e autorização dos responsáveis com antecedência mínima de 2 semanas.
- Preparar o roteiro de observação para os alunos preencherem durante a visita.
- Verificar condições climáticas para a observação solar no dia da visita.

Desenvolvimento da visita (100–120 min)

Fase	Atividade	Tempo
Chegada e orientação	Recepção pelo educador do museu. Apresentação rápida do percurso. Os alunos recebem o roteiro de visita.	10 min
Exploração do museu	Percurso guiado pelas exposições do MAST. O educador contextualiza a história do Observatório Nacional e os acervos preservados. Alunos fazem anotações no roteiro de visita.	30 min
Comparação de instrumentos	No espaço da Luneta Equatorial: cada grupo coloca sua câmera escura ao lado do instrumento histórico e discute as semelhanças e diferenças. O professor orienta: O que esses dois instrumentos têm em comum? O que os diferencia?	20 min
Observação solar	Se as condições climáticas permitirem: observação do Sol usando tanto a câmera escura dos alunos quanto os recursos do museu. Os alunos procuram identificar manchas solares na projeção.	25 min
Síntese no museu	Roda rápida de conversa no espaço do museu: O que mais chamou atenção? O que mudou na percepção sobre os instrumentos científicos? Preenchimento do roteiro de visita.	15 min

Roteiro de visita (distribuir aos alunos)

1. Qual foi a função original do MAST / Observatório Nacional?
2. O que você observou que mais se parece com a câmera escura que você construiu?
3. Quais diferenças existem entre a câmera escura artesanal e a Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo?
4. Como os astrônomos do século XIX registravam suas observações sem fotografia digital?
5. Você conseguiu ver manchas solares na projeção? Descreva o que viu.
6. O que significa preservar instrumentos científicos históricos? Por que isso importa?

Avaliação da etapa

Instrumento: Roteiro de visita (coletado ao final)

- O roteiro de visita é recolhido e constitui evidência de engajamento e observação.
- Critérios: completude das respostas, qualidade das observações registradas, comparação entre os instrumentos.
- O professor avalia especialmente a capacidade de relacionar a experiência escolar (câmera artesanal) ao patrimônio histórico (Fotoheliógrafo).

Referência pedagógica: a articulação escola-museu fundamenta-se em Marandino (2008) e Lopes (1997), que destacam o potencial dos museus científicos para a promoção da alfabetização científica e cultural.

ETAPA 5 | APRESENTAÇÃO DO FOTOHELIOGRAFO

 Tempo estimado: Inclusa na Etapa 4 (30–40 min específicos)

Objetivos de aprendizagem

- Compreender o que é um fotoheliógrafo e qual era sua função científica.
- Situar historicamente o desenvolvimento da fotografia astronômica e das observações solares.
- Identificar a relação entre observação, instrumentação e produção de conhecimento científico.
- Perceber o Fotoheliógrafo como patrimônio da ciência brasileira e elemento da memória nacional.
-

Conteúdo para mediação (professor ou educador do MAST)

O mediador deve abordar os seguintes tópicos em linguagem acessível:

O que é um fotoheliógrafo

Instrumento astronômico desenvolvido no século XIX para fotografar o Sol de forma sistemática. Combina uma luneta refratora com uma câmera fotográfica adaptada para registrar a imagem solar com precisão e segurança.

Por que fotografar o Sol

No século XIX, o estudo sistemático do Sol era fundamental para compreender variações climáticas, tempestades magnéticas, ciclos de manchas solares e para aperfeiçoar a marcação do tempo astronômico — essencial para a navegação e para os horários ferroviários da época.

O Fotoheliógrafo do MAST

A Luneta Equatorial do Fotoheliógrafo do Museu de Astronomia pertenceu originalmente ao Observatório Nacional (ON). Sua montagem equatorial permite acompanhar o movimento aparente do Sol ao longo do dia, compensando a rotação da Terra durante as exposições fotográficas.

Da câmera escura ao Fotoheliógrafo

O princípio óptico básico — projeção da imagem por um sistema de lentes — é o mesmo que os alunos experimentaram com a câmera escura. A evolução tecnológica acrescentou precisão mecânica, óptica mais sofisticada e o suporte fotográfico.

O patrimônio científico

Preservar o Fotoheliógrafo no MAST permite que gerações futuras compreendam como a ciência foi praticada no Brasil. Os instrumentos científicos são objetos históricos portadores de significados técnicos, sociais e culturais (Schaffer, Daston e Galison).

Avaliação da etapa

Instrumento: Questão no roteiro de visita (Etapa 4)

- A avaliação desta etapa está integrada ao roteiro de visita da Etapa 4.
- Questão específica: "Explique, com suas palavras, o que é o Fotoheliógrafo e por que ele foi importante para a ciência do século XIX."
- Critério: o aluno deve articular a função do instrumento com seu contexto histórico e com o princípio óptico da câmera escura.

Referência pedagógica: a abordagem histórica dos instrumentos científicos fundamenta-se em Matthews (1994), Martins (2006) e nos estudos de cultura material da ciência de Schaffer, Daston e Galison.

ETAPA 6 | MANCHAS SOLARES E SÍNTESE FINAL

 Tempo estimado: 1 a 2 aulas de 50 minutos

Objetivos de aprendizagem

- Compreender as manchas solares como fenômeno físico associado à atividade magnética do Sol.
- Relacionar a observação das manchas solares ao uso histórico do Fotoheliógrafo.
- Integrar os conhecimentos construídos ao longo da sequência em uma síntese reflexiva.
- Avaliar a própria aprendizagem comparando a produção final com as hipóteses iniciais.
- Desenvolver a comunicação científica por meio de texto ou apresentação oral.

Conteúdo científico — manchas solares

O que são as manchas solares

- Regiões da fotosfera solar com temperatura mais baixa (~3.500 K contra ~5.800 K do entorno).
- Causadas por intenso campo magnético local que inibe a convecção de energia.
- Visíveis como regiões escuras na superfície solar quando observadas com projeção ou filtros.
- Variam em número ao longo do ciclo solar de aproximadamente 11 anos.
- O estudo sistemático das manchas foi fundamental para o desenvolvimento da astrofísica solar.
- Registros históricos de manchas solares datam da China antiga (século II a.C.) e da Europa (século XVII).

Desenvolvimento (50–100 min)

Fase	Atividade	Tempo
Retomada	Exibição de imagens de manchas solares (NASA / SOHO). O professor explica o fenômeno físico e o ciclo solar. Discussão: Vocês conseguiram ver manchas na visita? Como os astrônomos do século XIX as registravam?	20 min
Atividade de síntese	Cada aluno (ou dupla) escolhe uma das modalidades: (A) Escrever um texto de 15–20 linhas comparando a câmera escura artesanal e o Fotoheliógrafo; ou (B) Produzir um cartaz ou infográfico sobre as manchas solares integrando física, história e observação.	30–60 min

Socialização	Apresentação breve das produções (ou galeria de cartazes). Retomada das hipóteses iniciais da Etapa 1: o que mudou na compreensão de cada aluno?	20 min
Avaliação final	Preenchimento do instrumento de autoavaliação.	10 min

Avaliação da etapa — Produção de síntese

Instrumento: Texto ou cartaz de síntese

- O aluno deve demonstrar compreensão dos conceitos de óptica e do fenômeno das manchas solares.
- O aluno deve articular a dimensão histórica (câmara escura → Fotoheliógrafo → tecnologia atual).
- O aluno deve mencionar pelo menos um aspecto da visita ao MAST como evidência concreta.
- Modalidade A (texto): mínimo de 15 linhas, linguagem científica acessível.
- Modalidade B (cartaz/infográfico): elementos visuais com legendas e texto explicativo.

Sistema de Avaliação da Sequência Didática

A avaliação da sequência didática é processual, acumulando evidências de aprendizagem ao longo das seis etapas. A ênfase recai sobre o desenvolvimento de habilidades investigativas e a capacidade de articular observação, conceito e contexto histórico, não sobre memorização.

Instrumento	Etapa	Peso sugerido	O que avalia
Folha de hipóteses inicial	1	10%	Conhecimento prévio e formulação de hipóteses
Folha de registro de observações	2	25%	Compreensão dos fenômenos ópticos observados
Questão de saída (exit ticket)	3	10%	Sistematização conceitual — inversão de imagem
Roteiro de visita ao MAST	4 e 5	25%	Observação, comparação e contextualização histórica
Produção de síntese (texto ou cartaz)	6	30%	Integração conceitual, histórica e comunicação

Autoavaliação do aluno (Etapa 6)

Ao final da sequência, cada aluno responde:

1. O que eu aprendi sobre a luz que eu não sabia antes?
2. O que me surpreendeu na visita ao MAST?
3. Em que aspecto minha hipótese inicial estava errada? O que me fez mudar de ideia?
4. Como eu relacionaria a câmera escura com alguma tecnologia que uso no meu cotidiano?
5. O que eu ainda gostaria de aprender sobre astronomia ou óptica?

I.4 MODELO CONSTRUTIVO

Existem diversos modelos de câmera escura. Será escolhida uma câmera escura muito simples e fácil de ser construída pelo próprio aluno, considerando-se que esse processo de construção constitui parte da abordagem pedagógica.

Será seguido o modelo desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Demonstrações da Universidade Federal do Pará, por ser um dos mais simples de serem construídos pelo aluno, com muita pouca supervisão. Será utilizada a documentação disponível no site do Laboratório de Demonstrações, que passa a ser apresentada a seguir, (Neto et al., 2010)

“Descrição:

Podemos construir uma câmara escura na forma de uma caixa com paredes internas opacas (preferencialmente de cor escura), com um orifício em um dos lados e uma superfície translúcida (anteparo) na face oposta (a do orifício). A partir do princípio da propagação retilínea da luz é possível mostrar que os raios luminosos que provêm de um determinado objeto e passam pelo orifício da câmera são projetados no anteparo translúcido, produzindo uma imagem real invertida (do objeto no anteparo).”

Figura 63 : Câmera escura – projeto do Laboratório de Demonstrações do Instituto de Física da Universidade Federal do Pará.



Fonte:(BRASIL, 2026)

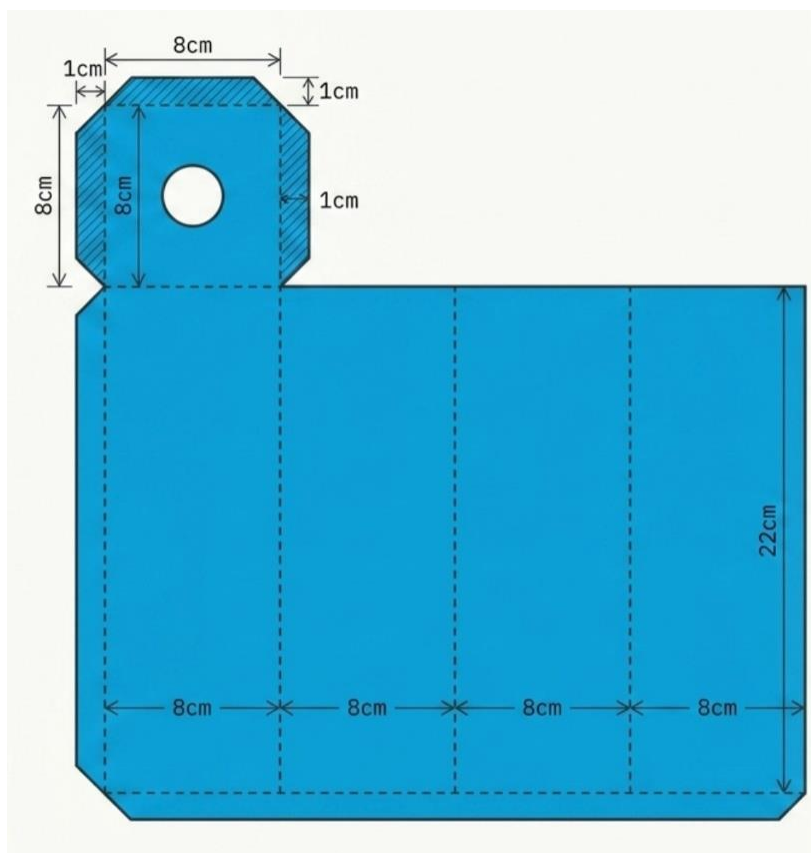
Iremos necessitar dos seguintes materiais, para a construção da câmera escura:

- Uma folha de papel-cartão (com o desenho a ser recortado para montar as duas caixas, que compõem a câmera)
- Um pedaço de papel vegetal de 10 x 10 cm
- Um papel alumínio
- Cola Bastão
- Fita adesiva
- Tesoura (escolar)

Processo descritivo da construção:

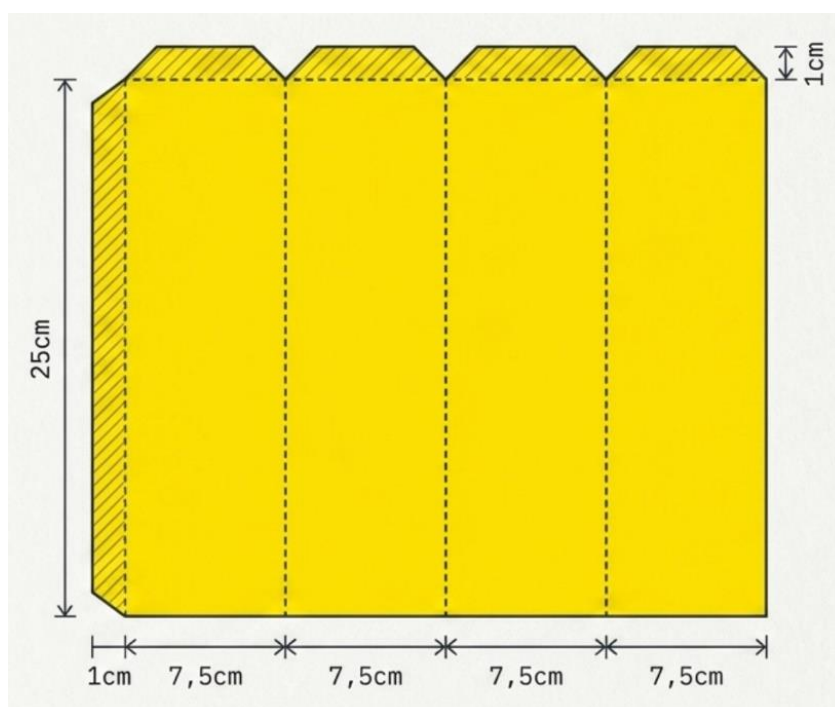
- a. imprima as folhas duas folhas da figura 64 e 65 em papel comum (A4), essas folhas serão os moldes.
- b. Iniciamos nossa construção das câmeras, pelo recorte do papel-cartão, de acordo com o molde. Iremos sobrepor as duas folhas e a partir delas iremos fazer o recorte do papel cartão – corte nas linhas cheias e dobre nas linhas pontilhadas
- c. Após dobrar nas linhas pontilhadas, use a cola e fita adesiva para fechar as caixas de acordo com a ilustração.
- d. Sobre as abas da caixa interna cole o pedaço vegetal sobre o orifício da caixa externa e cole um disco de papel alumínio
- e. Experimente agora se a caixa interna desliza sobre o caixa externa, mas atenção, a face da caixa interna com papel vegetal deve ficar para dentro da caixa externa.
- f. Iremos fazer um furo no papel alumínio, de preferência bem no centro, não utilize um prego ou objetos pesados, utilize uma agulha fina.
- g. Com isto nos temos nossa entrada de luz e nosso anteparo de papel vegetal estara na outra ponta.
- h. Vamos fazer um teste simples, apontando para um objeto luminoso e verifique se voce conseguiu obter a imagem. Lembre-se que para voce ajustar a imagem, voce devera mexer a parte interna da caixa.

Figura 64 : Molde da Camera escura – face externa



Fonte:(BRASIL, 2026)

Figura 65 : Molde da Camera escura – face interna



Fonte:(BRASIL, 2026)

