

PRÁTICA EDUCATIVA



DO CÉU AO CÉSIO:

de onde vem o Horário de Brasília?

Julliana Vilaça Fonseca
Cristiane de Oliveira Costa
Geórgia Raisal Ramos Albuquerque
Mariana Ferreira Gomes
Lila Lucas de Almeida Jordão
Douglas Falcão Silva



PRÁTICA EDUCATIVA
“DO CÉU AO CÉSIO: DE ONDE VEM O HORÁRIO DE BRASÍLIA?”

Julliana Vilaça Fonseca
Cristiane de Oliveira Costa
Geórgia Raisal Ramos Albuquerque
Mariana Ferreira Gomes
Lila Lucas de Almeida Jordão
Douglas Falcão Silva

Rio de Janeiro
2025

Presidente do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministra da Ciência, Tecnologia e Inovação

Luciana Barbosa de Oliveira Santos

Secretário Executivo

Luis Manuel Rebelo Fernandes

Subsecretário de Coordenação de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

Isa Assef dos Santos

Diretor do Museu de Astronomia e Ciências Afins

Marcio Ferreira Rangel

Coordenação de Educação em Ciências

Josiane Kunzler

Capa, projeto Gráfico e editoração

Julliana Vilaça Fonseca, Cristiane de Oliveira Costa e Geórgia Raisal Ramos

Albuquerque

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

D631 Do céu ao Césio: de onde vem o horário de Brasília?: prática educativa [*recurso eletrônico*] / Julliana Vilaça Fonseca *et al.* – Rio de Janeiro: MAST, 2025.
81 p. : il. *color*.

ISBN: 978-85-60069-92-7.


Referências: p. 70-81.

1. Calendários. 2. Medição do tempo. 3. Astronomia. I. Fonseca, Julliana Vilaça. II. MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. III. Título.

CDU 006.95

Bibliotecária: Cristiane Teixeira de Oliveira – CRB7/5592

Esta obra está licenciada com uma licença creative commons com atribuição-não comercial

BY-NC 

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
PRINCÍPIOS GERAIS	5
1. Proposta educativa da atividade	5
2. Interatividade	6
3. Mediação	8
4. Acessibilidade	9
CONTEÚDO	12
1. O tempo e a percepção social do tempo	12
2. Histórico do Serviço da Hora do Observatório Nacional	17
2.1. Métodos utilizados pelo Observatório Nacional para a determinação e disseminação da Hora Legal Brasileira	18
3. Os instrumentos científicos utilizados no Serviço da Hora	22
3.1. Lunetas meridianas e círculo meridiano: determinação da hora a partir de observações astronômicas	23
3.2. Pêndulas e cronógrafos	31
3.3. Relógios de quartzo	34
3.4. Padrões atômicos	36
3.5. Torre do Balão da Hora, sinal luminoso e telégrafo sem fio: a disseminação da Hora Legal Brasileira	42
4. A importância da Hora Legal	45
RECURSOS	53
ESTRUTURA DA ATIVIDADE PARA PÚBLICO DE VISITAÇÃO ESPONTÂNEA	55
ESTRUTURA DA ATIVIDADE PARA PÚBLICO DE VISITAÇÃO ESCOLAR	63
1. Ensino Fundamental I	63
2. Ensino Fundamental II e Ensino Médio	67
REFERÊNCIAS	72

Do céu ao césio: de onde vem o Horário de Brasília?

Julliana Vilaça Fonseca, Cristiane de Oliveira Costa, Mariana Ferreira Gomes, Geórgia Raisal Ramos Albuquerque, Lila Lucas de Almeida Jordão e Douglas Falcão Silva

APRESENTAÇÃO

Elaborada no âmbito dos projetos do Programa de Capacitação Institucional (PCI/CNPq) “Popularização da Ciência e Tecnologia a partir de Instrumentos Científicos de Valor Histórico do MAST” e “Nós no MAST: Desenvolvimento de Indicadores de Nível de Integração entre o Museu e a Comunidade”, ambos da Coordenação de Educação em Ciências do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), a atividade aborda a geração e a disseminação do tempo oficial brasileiro, realizada pelo Observatório Nacional desde sua criação, através do acervo de instrumentos científicos históricos presentes no *campus* MAST/ON que atuaram e/ou atuam nesse serviço, das exposições do MAST e fazendo uso do espaço do *campus* compartilhado pelas instituições.

Busca abordar o Serviço da Hora do Observatório Nacional; promover reflexões e debates sobre a necessidade da Hora Legal no Brasil e no mundo; e explorar a dimensão social do tempo a partir da instrumentação científica e experimentação a partir de modelos pedagógicos.

PRINCÍPIOS GERAIS

1. Proposta educativa da atividade

A atividade adota um modelo mais participativo e dialógico valorizando uma abordagem que considera as falas do público como indicadores do aumento da motivação e/ou de ganhos cognitivos (Silva *et al.*, 2013).

Entendendo que a aprendizagem refere-se à reorganização ou ao desenvolvimento de ideias prévias dos educandos, e não apenas à recepção das informações, o construtivismo valoriza os conhecimentos prévios dos indivíduos como elemento fundamental para o desenvolvimento da aprendizagem (Cazelli *et al.*, 1999). O educador ocupa o lugar de mediador entre o educando e as situações de ensino/aprendizagem, criando situações e possibilitando o estabelecimento de reciprocidade intelectual e de cooperação moral e racional (Marandino; Ianelli, 2012).

Assim sendo, para garantir que a atividade esteja de acordo com essa perspectiva, é necessário: a) levar em consideração o público e seus interesses, o entendendo como sujeito da atividade que está inserido em uma situação social; b) estimular que os visitantes questionem e participem, de forma a promover o diálogo e a explicação de ideias; c) levantar questionamentos a fim de proporcionar situações para possibilitar o aprendizado por parte do público, tendo em vista que é a partir de tais questionamentos que o visitante soluciona problemas e, com isso, elabora conhecimento; d) possibilitar que o público elabore seu próprio conhecimento, que deve ser entendido como um processo que acontece ao instigar a curiosidade do público, demonstrar conceitos, ilustrar as informações e possibilitar que o interesse pessoal do público seja parte do processo; e e) estimular a curiosidade do público e fazer com que a visita seja parte de um processo amplo de aprendizagem (Marandino; Ianelli, 2012).

No construtivismo, entende-se que os fenômenos científicos cotidianos são fatores potenciais para o aprendizado de indivíduos, se reconhece a interdisciplinaridade e a participação ativa no momento da interação com os aparatos e busca-se a mudança dos

modelos mentais dos sujeitos, baseando-se na perspectiva de modelos e modelagens (Cazelli *et al.*, 1999).

A partir dessa perspectiva, entende-se a aprendizagem como o processo pelo qual os modelos mentais dos indivíduos passam por revisão relacionada com a mudança da visão de senso comum para o entendimento de questões científicas (Falcão, 2007). Contudo, a aprendizagem em ciências vai além da reordenação de conceitos existentes e/ou a incorporação de fatos ao conhecimento prévio das pessoas, de forma que ela acontece a partir da construção de um novo quadro conceitual a partir de elementos já existentes (Cazelli *et al.*, 1999).

Os modelos são representações de ideias, objetos, eventos, processos ou sistemas, que podem ser expressos através de diversos meios, tais como fala, escrita, desenhos, etc., e a modelagem são os processos de construção desses modelos (Cazelli *et al.*, 1999).

Os modelos são essenciais nos museus, tendo em vista que possibilitam relacionar as teorias, os conceitos e os fenômenos científicos (Cazelli *et al.*, 1999). Contudo, em sua utilização é necessário considerar o conhecimento prévio e os modelos mentais dos visitantes, caso contrário, as ideias alternativas poderão ser reforçadas como se fossem científicas (Cazelli *et al.*, 1999).

Também a partir da perspectiva construtivista, alguns museus passaram a utilizar a exploração de aparatos interativos, a fim de mudar as concepções alternativas dos visitantes (Cazelli *et al.*, 1999). Nesses espaços, a interatividade surge como uma nova forma de comunicação com o público e visando possibilitar a compreensão da ciência (Cazelli *et al.*, 1999; Marandino e Ianelli, 2012).

No âmbito do projeto “Popularização da Ciência e Tecnologia a partir de Instrumentos Científicos de Valor Histórico do Acervo do MAST”, as atividades buscam contextualizar e problematizar o conteúdo abordado, de forma a destacar os aspectos sociopolíticos da ciência e estimular reflexões e ações por parte dos visitantes (Matos *et al.*, 2022).

Tais atividades educativas levam em consideração os contextos históricos e educacionais e as particularidades de cada tipo de público (Valente; Cazelli; Almeida, 2015). Além disso, compreendendo que a visita a museus tem potencial educativo e pode despertar o interesse por assuntos relacionados à ciência, buscam relacionar a educação em ciências com os instrumentos científicos (Valente; Cazelli; Almeida, 2015).

2. Interatividade

Os museus modernos de ciência buscam provocar estímulos e sua tarefa principal é a criação de uma diferença entre antes e depois da visita, de forma a promover, entre outras coisas, a valorização e preservação do patrimônio e o conhecimento científico (Wagensberg, 2001). A ideia principal para a transmissão do conhecimento nesse tipo de museu tende a colocar o visitante no papel de quem elaborou o conhecimento, e é a partir dessa ideia que surge o método da interatividade, na qual o cidadão é colocado no lugar do cientista (Wagensberg, 2001).

De acordo com Wagensberg (2001), a visita ao museu possui, pelo menos, três aspectos que, quando combinados, formam o método da interatividade total, ou interatividade emocional (em seu sentido amplo), tendo em vista que os três tipos de interatividade são emocionais. Na interatividade manual (*Hands on*), o visitante participa ativamente da exposição utilizando suas mãos, provocando a natureza com questionamentos e, a partir da resposta que obtém, dá início a uma nova ação (Wagensberg, 2001). Esse tipo de interatividade se refere a situações limitadas ao toque ou manuseio, sem necessariamente possibilitar que o modelo responda de maneira diferenciada ou estimular a criação de sentido

por parte dos visitantes (Falcão, 2007). Contudo, vai além de simplesmente apertar um botão para ver algo funcionando (Wagensberg, 2001).

A interatividade mental (*Minds on*) refere-se a quando acontece uma mudança entre o antes e o depois da visita, fazendo com que o visitante tenha novos questionamentos, novas resoluções, novas soluções para problemas, etc. (Wagensberg, 2001).

Já a interatividade emocional (*Hearts on*) acontece quando se utiliza de aspectos estéticos, éticos, morais, históricos ou cotidianos para alcançar a sensibilidade do visitante (Wagensberg, 2001).

A interatividade foi introduzida nos museus e centros de ciência a fim de integrar mais os visitantes e os museus e visando a maior compreensão, por parte do público, acerca do que está sendo abordado (Falcão, 2007). Buscando estimular emoções a fim de despertar a vontade de querer saber mais, a interatividade pode ser um facilitador para que o visitante reformule seus conhecimentos, desenvolva autonomia e dialogue com diferentes culturas (Nascimento, 2007).

Os museus têm entendido a interatividade como uma estratégia para atrair o público e como um recurso para facilitar a popularização do conhecimento, tendo em vista que a partir dela o visitante passa a ser considerado um elemento essencial na exposição, na medida em que diferentes interações podem gerar diferentes resultados (Bassallo, 2013). Com isso, o visitante se sente mais acolhido ao espaço do museu e aproveita melhor a atividade para construir conhecimento (Bassallo, 2013). Nesse sentido, a interatividade é a responsável por criar ambientes que permitam a criação de significados a respeito dos instrumentos científicos e sua exploração de maneira eficaz (Falcão, 2007).

Contudo, a interatividade com instrumentos científicos esbarra na questão da preservação desses objetos, de forma que há algumas estratégias visando preservar os objetos originais, tais como a utilização de réplicas, que tendem a ser cópias exatas do objeto (Bassallo, 2013; Falcão, 2007).

Outra estratégia é o uso de modelos interativos para a manipulação. Produzidos a partir de aspectos-chaves do instrumento e contendo apenas os elementos selecionados a partir do objetivo que se pretende com sua utilização, os modelos proporcionam o maior nível de interatividade possível, tendo em vista que estimulam mais interações com os visitantes (Falcão, 2007).

Os modelos servem como uma ponte entre o conhecimento científico teórico e a realidade, podendo ser uma simplificação, composto por abstrações da teoria, ou idealizações de uma realidade possível, de forma a possibilitar a comparação entre eles (Gilbert, 2004).

Contudo, as novas estratégias utilizadas nos museus de C&T têm evitado substituir completamente os objetos históricos por aparatos interativos, tendo em vista que tende-se a privilegiar o que é interativo e, com isso, perde-se parte ou o todo dos aspectos culturais e históricos das atividades (Bassallo, 2013). Porém, visando garantir a integridade dos objetos históricos, o ideal é que os instrumentos estejam expostos e sejam construídos aparatos interativos para que o visitante possa manipular (Bassallo, 2013). Assim sendo, considera-se que objetos históricos serão melhor aproveitados se eles forem entendidos como parte de um discurso associado aos aparatos interativos (Bassallo, 2013).

Os instrumentos científicos nos museus contribuem para facilitar a compreensão da relação entre a história, a ciência e a técnica, tendo em vista que permitem uma nova interpretação da ciência e de sua construção (Falcão, 2007). Nesse sentido, esses objetos servirão como ferramentas para fazer uma aproximação com a história (Bassallo, 2013).

Contudo, a utilização de instrumentos científicos em exposições enfrenta alguns obstáculos, tais como seu caráter específico e o fato de não terem sido originalmente produzidos com finalidade educativa (Falcão, 2007). Tendo isso em vista, considera-se que a partir de uma pedagogia que se baseia na modelagem e na interatividade é possível aproximar os visitantes desses objetos (Falcão, 2007). Dito isto, propõe-se que sejam desenvolvidos modelos e modelagens dos instrumentos científicos a fim de possibilitar a interação, de forma que os visitantes possam explorar o funcionamento e os conceitos relacionados a eles (Falcão, 2007).

Vale ressaltar que a interatividade não se limita à ação física dos visitantes, mas acontece também relacionada ao cognitivo e ao afetivo, inclusive na interação com os outros visitantes e/ou o mediador (Freitas; Ovigli, 2013). Assim sendo, a interação nos museus e centros de ciência se enriquece quando associada à mediação humana (Freitas; Ovigli, 2013).

3. Mediação

Um museu de ciências deve ser um espaço estimulante e que faça com que o público saia com mais perguntas que quando entrou (Bassallo, 2013; Wagensberg, 2008). Além disso, deve contribuir para que os cidadãos possam criar opinião científica para participar da tomada de decisões, que cada vez mais requerem conhecimentos científicos (Wagensberg, 2001).

A educação feita nesses espaços está baseada na noção de crescimento, desenvolvimento pessoal e ampliação da visão de mundo das pessoas (Studart, 2005). Nesse sentido, as ações educativas em museu devem levar em consideração o contexto social (Studart, 2005) e partir do conhecimento prévio do visitante, visando proporcionar a construção do conhecimento (Bassallo, 2013) e possibilitar o diálogo entre os sujeitos envolvidos (Marandino, 2008; Wagensberg, 2008).

Para que a comunicação aconteça em via de mão-dupla e levando em consideração o papel ativo do visitante, é necessária a utilização de estratégias que busquem a participação e o envolvimento do público (Marandino, 2008). Nesse sentido, as visitas mediadas podem ser atrativas e motivadoras, além de que podem ser adaptadas de acordo com o contexto e os interesses do público (Requeijo *et al.*, 2009).

A mediação não deve se limitar a comunicar descobertas, métodos e técnicas, mas deve incentivar a opinião pública a respeito da ciência, a fim de possibilitar o reconhecimento das relações existentes entre a ciência, os indivíduos e o mundo (Requeijo *et al.*, 2009). O objetivo é estimular o interesse pelas ciências e contribuir para a reflexão crítica acerca da realidade (Requeijo *et al.*, 2009).

Além disso, os conteúdos devem ser transmitidos de maneira contextualizada com a História da Ciência, a fim de permitir compreender o método científico e romper com a ideia de que a ciência é única e infalível (Valente; Cazelli; Almeida, 2015). Inserir a História da Ciência na mediação não se refere apenas a abordar fatos históricos e filosóficos, mas também a estabelecer relações entre diversas disciplinas (Valente; Cazelli; Almeida, 2015).

Assim sendo, os conteúdos devem ser abordados de maneira crítica, estabelecendo relações com seu contexto social e histórico, com as disputas e interesses e com a compreensão das relações entre a ciência e a sociedade (Matos *et al.*, 2022). Entre outras coisas, é necessário representar os processos científicos; destacar a criatividade presente nas ciências enquanto elemento que a caracteriza como uma atividade cultural; oferecer uma rede de ideias com explicações de fenômenos comuns no cotidiano; e possibilitar soluções tecnológicas para problemas (Gilbert, 2004). Além disso, é importante que a mediação

aconteça de forma a estruturar as informações (Valente; Cazelli; Almeida, 2015) e estabelecer relações entre o conhecimento prévio dos visitantes e o conhecimento que está sendo apresentado na atividade (Marandino, 2008; Pinto e Gouvêa, 2014), de forma a recontextualizar o discurso científico nela apresentado (Freitas; Ovigli, 2013). Ao possibilitar a acessibilidade ao conhecimento, a mediação desperta a curiosidade, o interesse e viabiliza o contato do público com o patrimônio (Marandino, 2008).

Contudo, a mediação não se limita a informar e responder perguntas dos visitantes, mas se estende à estimular interações que permitam ampliar o conhecimento de todos os envolvidos (Freitas; Ovigli, 2013). Ao invés de dar respostas prontas, o mediador deve buscar dialogar com o público (Freitas; Ovigli, 2013) e possibilitar que ele reflita, questione, duvide e queira saber mais sobre o assunto abordado (Marandino, 2008).

Em sua ação, o mediador deve estimular a participação ativa dos visitantes e possibilitar que eles se sintam à vontade para interagir e dialogar com os demais sujeitos ali presentes (Marandino, 2008). Ao deixar de ser mero espectador, o visitante passa a ser considerado um sujeito cultural que interage a partir da comunicação (Valente; Cazelli; Almeida, 2015), motivando-o e envolvendo-o na atividade (Requeijo *et al.*, 2009). Além disso, a mediação deve possibilitar que os visitantes interpretem os objetos do museu (Marandino, 2008; Pinto; Gouvêa, 2014), a fim de contribuir para que o público atribua significado à visita (Queiroz *et al.*, 2011).

A busca pelo engajamento do público se dá a partir de questionamentos promovidos pelo mediador (Freitas e Ovigli, 2013; Pinto e Gouvêa, 2014; Valente e Cazelli e Almeida, 2015). Para isso, os mediadores utilizam diversas estratégias, tais como o uso de questões motivadoras que buscam estabelecer relações entre a ciência, o cotidiano, a história e a cultura, na qual o caminho da visita é guiado pelos diálogos estabelecidos com o público (Requeijo *et al.*, 2009). Além disso, os questionamentos promovidos pelo mediador podem estimular que os visitantes observem os objetos e/ou recorram a memórias e vivências para discutir sobre o assunto abordado (Requeijo *et al.*, 2009).

No caso da mediação de instrumentos científicos históricos, deve-se contextualizar sua história e funcionamento em relação aos benefícios sociais que proporcionam, prática que facilita a compreensão do assunto abordado e torna esses objetos mais atrativos (Bassallo, 2013). Além disso, é necessário que os instrumentos sejam problematizados e compreendidos como geradores de conceitos, e não apenas como objetos que têm o objetivo de confirmar teorias e quantificar conceitos (Valente; Cazelli; Almeida, 2015). Com isso, esses objetos estarão sendo abordados a partir da perspectiva da História da Ciência e considerando que o conhecimento científico está relacionado com a sociedade (Valente; Cazelli; Almeida, 2015).

A partir do exposto, percebe-se que a mediação é fundamental nos museus, tendo em vista que possibilita a comunicação e o diálogo do público com a instituição (Marandino, 2008; Standerski, 2007); facilita o envolvimento dos visitantes de maneira mais reflexiva, efetiva e intensa em relação aos assuntos abordados (Pinto; Gouvêa, 2014); e possibilita o engajamento do visitante com a ciência (Valente; Cazelli; Almeida, 2015).

4. Acessibilidade

Com frequência, a ideia de acessibilidade é associada à eliminação de barreiras para possibilitar que pessoas com deficiência possam usufruir de espaços e/ou serviços públicos. De acordo com a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), a acessibilidade refere-se à

possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida (Brasil, 2015).

Está relacionada à permitir que as pessoas com deficiência e/ou alguma limitação possam acessar ambientes, produtos e equipamentos e, dessa forma, possam exercer sua cidadania em igualdade de oportunidades das outras pessoas (Salasar, 2019).

Nos resultados preliminares da pesquisa visando conhecer o perfil e a opinião dos visitantes das instituições participantes do Observatório de Museus e Centros de Ciência e Tecnologia (OMCC&T), percebeu-se que cerca de 4% dos visitantes eram pessoas com deficiência ou acompanhavam pessoas com deficiência (Lopes *et al.*, 2021). Além disso, de acordo com os dados do Censo de 2010, do IBGE, 6,7% da população brasileira possui algum tipo de deficiência (Lopes *et al.*, 2021).

Assim sendo, deve ser garantido, às pessoas com deficiência, o acesso aos bens culturais, atividades culturais, monumentos, locais de importância cultural e a espaços que ofereçam serviços e eventos culturais (Brasil, 2015). A acessibilidade cultural para pessoas com deficiência considerando-a como cidadã e tratando-a com as mesmas oportunidades de usufruto que as demais, garante sua dignidade humana, seu direito de escolha e a ampliação de seus conhecimentos (Salasar, 2019).

Contudo, para ser acessível, é necessário permitir que todas as pessoas tenham acesso aos recursos de acessibilidade, e não apenas as pessoas com deficiência, de forma que todos tenham as mesmas oportunidades de fruição através de experiências que estimulam seus diversos sentidos humanos (Salasar, 2019). Nesse sentido, a inclusão está relacionada ao acolhimento, respeito e compreensão das diferenças, de forma que, para ser inclusivo, um espaço deve permitir que a maior quantidade de pessoas, sejam elas com ou sem deficiência, possam usufruir das experiências proporcionadas (Salasar, 2019).

De acordo com Aidar (2019), há um consenso de que o conceito de acessibilidade deve ser abordado de maneira mais ampla, reconhecendo que há diversos grupos com dificuldades de acesso. Dessa forma, a autora compreende a acessibilidade de maneira mais abrangente, não se limitando às ações voltadas para pessoas com deficiência, mas considerando outros fatores, tais como os socioeconômicos, que podem dificultar o acesso de determinadas pessoas e grupos ao museu e ao conhecimento nele veiculado, por exemplo (Aidar, 2021). Para ela, é conveniente abordar a acessibilidade a partir dessa perspectiva na realidade brasileira, considerando que as pessoas que geralmente não têm acesso às instituições culturais no Brasil são as que estão em situação de vulnerabilidade social, o que corresponde à maioria da população (Aidar, 2021). Entre as pessoas que geralmente são socialmente excluídas, estão “as crianças pobres, idosos isolados, desempregados, os sem-abrigo, pessoas com deficiência física e/ou mental, migrantes, ex reclusos, toxicodependentes e alcoólicos” (Borba; Lima, 2011, p. 228).

Nesse sentido, a inclusão social, além de possibilitar a acessibilidade, se preocupa com os benefícios que o acesso proporciona aos indivíduos e desenvolve ações com implicações políticas, sociais e econômicas (Aidar, 2019). Dessa forma, a inclusão social não se limita à quebra de barreiras, está baseada “na aceitação e valorização da diversidade, na cooperação entre diferentes e na aprendizagem da multiplicidade” e se realiza em um processo no qual a sociedade se adapta para incluir todas as pessoas (Guerra, 2012, p. 96).

Assim sendo, uma das características dos museus deve ser a acessibilidade universal aos diferentes públicos, tendo em vista que um dos princípios fundamentais dessas instituições é a universalidade do acesso (Brasil, 2009). Dessa forma, para que um museu seja universalmente acessível, ele deve possibilitar o acesso a seus espaços e conteúdos para todas as pessoas, independente de suas condições sociais, sensoriais, cognitivas ou físicas (Sarraf, 2021). A inclusão em espaços culturais não se limita à garantia dos direitos à cultura e a presença das pessoas nos ambientes, mas se estende a permitir que todas as pessoas possam se expressar, participar e produzir conhecimentos (Salasar, 2019).

Nos museus de ciências, a acessibilidade deve possibilitar que as pessoas possam usufruir de concepções voltadas a melhorar o acesso físico, comunicativo, informacional e atitudinal, a fim de que a experiência da visita seja inclusiva e esteja de acordo com o direito da difusão científica (Sarraf, 2021). Para ser universalmente acessível, todos os serviços do museu, sejam eles presenciais ou virtuais, devem ser livres de barreiras, a fim de permitir a autonomia dos visitantes (Sarraf, 2021). Deve-se fazer adaptações visando eliminar aos obstáculos que impedem ou dificultam que as pessoas tenham plena participação social (Souza, 2021). Há diversas estratégias que podem ser adotadas para possibilitar os diversos tipos de acessibilidade e a inclusão social.

A acessibilidade atitudinal refere-se à eliminação das atitudes, pré-conceitos e estigmas em relação às pessoas (Salasar, 2019). Para possibilitar esse tipo de acessibilidade, não se deve infantilizar ou subestimar a pessoa; deve-se falar de forma clara e objetiva e utilizar recursos em complemento à fala, como por exemplo imagens, objetos e gestos; deve-se falar diretamente com a pessoa e dar tempo para que ela responda; deve-se motivar o interesse e a participação do público; deve-se fazer associações entre o conteúdo e algo conhecido pelo público, usando exemplos e/ou palavras de uso cotidiano; pode-se repetir e relembrar a informação, sempre variando a fala, para ajudar na memorização de informações relevantes; e fazer adaptações no percurso (Souza, 2021).

A acessibilidade comunicacional refere-se à eliminação das barreiras de comunicação e à permitir o acesso à informação (Souza, 2021). São alguns dos meios de possibilitar a acessibilidade comunicacional: utilizar um sistema de comunicação com caracteres ampliados; utilizar dispositivos multimídia; utilizar textos com linguagem simples, seja ela escrita ou oral; utilizar sistemas auditivos e meios de voz digitalizados; e utilizar meios, tipos e formatos aumentativos e alternativos de comunicação (Souza, 2021).

Com pessoas com deficiência visual, pode-se utilizar indicações verbais de localização e descrever o espaço e o ambiente (Salasar, 2019). Com pessoas surdas, o ideal é que haja um mediador fluente em Libras, e não um intérprete e um mediador (Castro *et al.*, 2021). Com pessoas com deficiência intelectual, utilizar frases pequenas, claras e concisas em caso de explicações muito complexas; utilizar imagens para facilitar a compreensão de coisas abstratas; e quando possível, mostrar e permitir o manuseio dos objetos dos quais está falando (Salasar, 2019). Considerando que apenas encostar nos objetos pode não ser o suficiente, tendo em vista que só permite a percepção de sua temperatura, textura e dureza, se possível, o ideal é permitir que o contato com o objeto vá além, permitindo que os visitantes o segurem e manuseiem (Machado; Modesto; Roitberg, 2021). Além disso, as réplicas podem não possuir algumas características dos objetos originais, tal como seu peso real, de forma que elas devem ser utilizadas somente quando realmente não for possível manusear o objeto original (Machado; Modesto; Roitberg, 2021).

A acessibilidade metodológica refere-se à eliminação das barreiras relacionadas aos métodos e técnicas utilizadas para apresentar os conteúdos e materiais didáticos através da

utilização de recursos e estratégias (Souza, 2021). As visitas mediadas e as adaptações do discurso são exemplos de acessibilidade metodológica (Salasar, 2019).

A mediação acessível refere-se ao mediador realizar a mediação fazendo uso de recursos de tecnologia assistiva (Salasar, 2019). Consiste no mediador acompanhar o visitante, a fim de conduzi-lo e apresentar os recursos de acessibilidade disponíveis no museu (Salasar, 2019). Como exemplos de recursos visando a acessibilidade que podem ser adotados nos museus, podemos citar os recursos táteis, que devem ser leves, de fácil manuseio, resistentes e possuir diferentes texturas; o piso podotátil; o Braille; a utilização de fonte ampliada e alto contraste; e a audiodescrição (Monteiro, 2021).

Atualmente, o MAST possui alguns problemas de acessibilidade, a saber: o elevador da entrada principal do museu fica após uma escada; não há piso podotátil e não há audioguias (Santos *et al.*, 2021). Além disso, em pesquisa realizada em 2017, percebeu-se a baixa frequência de visitação por pessoas com deficiência no MAST (Cazelli *et al.*, 2022).

Contudo, buscando aumentar a acessibilidade para pessoas surdas, a Coordenação de Educação em Ciências (COEDU) conta com mediadores intérpretes de Libras. Além disso, no quarto sábado do mês o museu abre uma hora mais cedo para atender as pessoas autistas e seus acompanhantes.

Diante do exposto, sugere-se que a atividade seja acessível. Entende-se aqui o acesso em seu sentido amplo, não se limitando à eliminação das barreiras para possibilitar o acesso às pessoas com deficiência, mas abrangendo também a inclusão social.

Portanto, sugere-se que haja mediadores intérpretes de Libras atuando na atividade e que seja feita a audiodescrição dos espaços e instrumentos visitados. A acessibilidade física aos espaços visitados também deve ser facilitada sempre que possível.

CONTEÚDO

1. O tempo e a percepção social do tempo

O tempo é um elemento fundamental no cotidiano das pessoas. Além do relógio biológico, que funciona para as necessidades fisiológicas dos seres humanos, o tempo também é essencial para a sobrevivência, tendo em vista que é necessário estimar o tempo levado nas atividades para a organização social (BONI, 2020). Desde sempre o ser humano tenta medir o tempo e dividi-lo para se organizar, contudo, a precisão foi aumentando, de forma que a medição deixou de ser realizada em ciclos de claro e escuro, para ser em escalas nanométricas (Bassallo, 2013). Além disso, o tempo é essencial para a Física e é um dos conceitos mais importantes em pesquisas científicas (Bassallo, 2013).

Entretanto, muitas vezes a passagem do tempo cronológico não coincide com a percepção da passagem do tempo, tal como acontece quando sentimos que o tempo passou rápido quando nos divertimos ou devagar quando estamos em contextos desagradáveis (Bernardino; Oliveira; Moraes Júnior, 2020). Em estudo, percebeu-se que o conceito de tempo muda de acordo com o aumento da idade, resultado que pode estar relacionado com o desenvolvimento de determinadas áreas do cérebro ou com a necessidade de se adaptar a relações sociais e atividades regulares que possuem horário fixo (Boni, 2020). Além disso, a percepção de tempo varia de acordo com o período histórico e a cultura. Ou seja, não há uma percepção de tempo única para todos os seres humanos, de forma que o tempo já foi considerado de diversas maneiras ao longo da história (Whitrow, 1993).

Na pré-história, ainda que as pinturas rupestres fossem produzidas a partir de memórias sobre eventos e da temporalidade neles envolvida, não havia distinção entre passado, presente e futuro (Whitrow, 1993).

As civilizações antigas relacionavam os acontecimentos de eventos sociais com o ciclo da natureza (Whitrow, 1993). No Egito, a concepção de tempo era a de que o tempo é uma sucessão de fases nas quais os eventos se repetem (Whitrow, 1993). Acreditavam que estariam imunes à destruição provocada pelo tempo ao cultuar Osíris, que representava o ciclo do nascimento, morte e renascimento, e assim, prometia a imortalidade (Whitrow, 1993).

Já na Mesopotâmia, que era afetada por desastres naturais diversos, não havia a crença de que a destruição do tempo poderia ser superada pelo culto a alguma divindade (Whitrow, 1993). Acreditavam na concepção cíclica do tempo de acordo com a periodicidade dos astros, e por entenderem que os eventos humanos estavam relacionados com fenômenos celestes, constantemente faziam observações astronômicas (Whitrow, 1993). Além disso, acreditavam na repetição da história, que era entendida como um guia para as ações a serem tomadas no presente (Whitrow, 1993). Nesse contexto, os reis e seus conselheiros procuravam interpretar presságios, a fim de prever e evitar calamidades (Whitrow, 1993).

No Irã, havia uma visão dualista do tempo: existia o tempo indivisível, que é o tempo infinito, o agora, que representa o caráter criativo do tempo e era fundamental, sendo entendido como o tempo criador do universo e dos espíritos do bem e do mal; e o tempo divisível em partes sucessivas, que é o tempo finito, “que trazia a decadência e a morte” e dominava o mundo humano, e que existiu apenas para gerar o conflito entre o bem e o mal (Whitrow, 1993, p. 49-50). Acreditavam que, em determinado momento, o tempo finito nasceu no tempo infinito, passando por um ciclo de mudanças até voltar ao seu estado original e fundir-se novamente no tempo infinito, em um ciclo que não se repete (Whitrow, 1993).

Na Grécia, a história era entendida como o declínio da “Idade de Ouro” dos deuses e heróis, de forma que acreditavam que os eventos recentes não eram relevantes em relação aos feitos desse período (Whitrow, 1993). Com isso, tendiam a olhar para o passado e acreditavam que o futuro era dominado pela incerteza e guiado pela expectativa (Whitrow, 1993). Ainda que não houvesse uma ideia única de tempo, muitos pensadores gregos desse período tinham a concepção do tempo como um juiz, ideia que partia do pressuposto de que “o Tempo sempre descobrirá e vingará qualquer ato de injustiça” (Whitrow, 1993, p. 54). Contudo, não havia uma divindade para representar o tempo comum, ainda que houvesse um deus que representava o tempo sagrado e eterno, chamado de Aion ou Chronos (Whitrow, 1993). No final do século V a.C., os gregos passaram a ter mais consciência em relação ao significado do tempo, de forma que a passagem do tempo passou a ser mais relevante, dando origem à ideia de que ainda que individualmente as coisas passem por mudanças, o mundo é eterno (Whitrow, 1993). Além disso, entendiam que o espaço físico também é temporal (Whitrow, 1993). Porém, as principais escolas filosóficas gregas rejeitavam a ideia de progresso e aceitavam a concepção de que o tempo é cíclico (Whitrow, 1993).

Em Israel, havia a crença de que um Messias desafiaria seus inimigos e restauraria sua nação (Whitrow, 1993). Ainda que essa concepção de tempo pareça linear e unidirecional, já que se inicia com a Criação e se finalizaria com a salvação e restauração de Israel, o povo hebreu enxergava no futuro a volta do que tinham no passado, fazendo com que haja um elemento quase-cíclico (Whitrow, 1993). Dessa forma, voltavam-se para o passado, acreditando que o presente era apenas uma parte de um contínuo que vai do início ao fim dos tempos (Whitrow, 1993).

O Cristianismo herdou a concepção de tempo dos hebreus, permanecendo a esperança pela redenção (Whitrow, 1993). Inicialmente, Jesus ressuscitado era visto como o messias que, em seu retorno, colocaria fim “à ordem existente no mundo” (Whitrow, 1993, p. 72). Contudo, como o tempo passou e Jesus não retornou, começaram a entender que o fim

da ordem existente no mundo aconteceria em momento indefinido e que Jesus já havia retornado (Whitrow, 1993). Tendo em vista que os cristãos consideram a crucificação como um evento que não se repetirá, concebem o tempo como linear (Whitrow, 1993). O Cristianismo voltava-se para o futuro e não acreditavam que o tempo seguiria indefinidamente, mesmo se não houvesse nenhum evento acontecendo (Whitrow, 1993). Para os cristãos, o tempo começou com a Criação e terminará com o retorno de Jesus pela segunda vez, sendo a história do mundo limitada por estes eventos (Whitrow, 1993).

No período da Idade Média, a principal preocupação sobre o tempo estava relacionada à religião, de forma que até o século XVI, a Igreja era a única interessada em medir e dividir o tempo e, no mundo islâmico, havia a necessidade de pessoas formadas em Matemática para a determinação, a partir da Astronomia, dos momentos de prece e a direção de Meca (Whitrow, 1993). Contudo, nesse período, a maioria das pessoas não se importava com o tempo (Whitrow, 1993).

Os pensadores islâmicos teorizavam que o tempo era formado por átomos que não podem ser divididos, teoria que está relacionada à concepção de que a existência de algo em um instante não resulta na existência desse algo em instantes seguintes (Whitrow, 1993). Essa concepção do tempo pode ter sido originada a partir de influência indiana (Whitrow, 1993). Para os sautrânkitas, uma seita budista originada no século II ou I a.C., “tudo existe por apenas um instante e é em seguida substituído por uma cópia exata de si mesmo, de tal modo que não há senão existências momentâneas semelhantes aos sucessivos fotogramas de um filme” (Whitrow, 1993, p. 104). Entre os hindus, para quem os eventos passageiros não tinham significado real, havia debates sobre a percepção do tempo: para a escola Bhatta-Mimamsaka, o tempo é perceptível “como uma qualidade de objetos sensíveis”, de forma que os eventos podem ser percebidos como sendo rápidos ou lentos, por exemplo; já para a escola Nyaya-Vaiseka, o tempo é “um conceito inferido, porque carece de qualidades sensíveis como cor, forma etc” (Whitrow, 1993, p. 105).

O conceito de tempo predominante na civilização maia estava mais relacionado à magia e astrologia que à ciência (Whitrow, 1993). Entendiam a divisão do tempo como sendo cargas que são transportadas por carregadores divinos, de forma que os dias da semana eram submetidos aos deuses, e não aos planetas, como era em outras culturas (Whitrow, 1993). Por compreender a hierarquia dos ciclos relacionados à divisão do tempo, os maias se voltavam mais para o passado que para o futuro, entendendo que a história se repete e os eventos significativos seguem um padrão, mesmo que com alguns detalhes que mudam (Whitrow, 1993).

Alguns povos indígenas do Brasil percebem o tempo de maneira diferente do tempo cronometrado do relógio (Camargo, 2014). Sua percepção de tempo era voltada para o trabalho, ou seja, para a prática agrícola, os períodos de plantio (Camargo, 2014), caça e as atividades econômicas (Oliveira, 2007). Utilizavam fenômenos cíclicos da natureza como unidades referenciais para medir o tempo, tais como a sombra de árvores e casas (Oliveira; Ferreira, 2017), as constelações, o florescimento e amadurecimento de frutas regionais, o período de tempo entre duas cheias dos rios, o comportamento dos animais, o Sol (Oliveira, 2007), a Lua e os cantos do galo (Oliveira, 2007; Oliveira e Ferreira, 2017). Até hoje alguns povos indígenas utilizam os conhecimentos tradicionais para medir o tempo em seu cotidiano (Oliveira, 2007; Oliveira e Ferreira, 2017).

Com a invenção do relógio mecânico, na Europa Ocidental por volta do final do século XIII, surgiu um novo tipo de civilização baseada na medição do tempo (Whitrow, 1993). Provavelmente, essa invenção se deu pela necessidade de pontualidade nos serviços e refeições nos mosteiros medievais, a fim de manter a disciplina, além de que a Igreja passou

a estipular preces para momentos específicos do dia (Boni, 2020; Whitrow, 1993). Contudo, durante o século XIV, diversos relógios mecânicos foram criados, a maioria deles para servirem como relógios públicos, ao invés de serem instalados em igrejas (Whitrow, 1993).

A popularização do tempo dividido uniformemente, fruto da invenção do relógio mecânico, se tornou possível devido ao surgimento da economia monetária e foi estimulado pela classe mercantil (Whitrow, 1993). Com a circulação do dinheiro cada vez crescendo mais e a organização das redes comerciais, o tempo passou a estar relacionado com a mobilidade e a vida diária (Whitrow, 1993). Surge a ideia de que “tempo é dinheiro” e, portanto, deve ser regulado e economizado, passando a ser considerado valioso em muitas atividades humanas, tais como a construção e a pintura (Whitrow, 1993). Diversas profissões passaram a ser reguladas pelo tempo do relógio, tais como a mineração, os juízes e os professores (Whitrow, 1993).

No início do século XV foram inventados os relógios domésticos e de algibeira, que estavam constantemente visíveis, ao contrário dos relógios públicos (Whitrow, 1993). Contudo, durante muito tempo, os relógios domésticos eram restritos aos ricos, sendo visto como um sinal de abundância, e não como uma necessidade social (Whitrow, 1993).

No século XVI, as pessoas estavam obcecadas pelo caráter destrutivo do tempo (Whitrow, 1993). A maioria dos pensadores e escritores do Renascimento e do período da Reforma acreditavam que houve uma “Idade de Ouro” e que tudo que veio e vem depois está em declínio e não poderá voltar a crescer (Whitrow, 1993). Tratava-se de uma visão de que a tendência era a de que o mundo ficaria cada vez pior (Whitrow, 1993). Durante o Renascimento, as pessoas passaram a compreender cada vez mais “que quase tudo muda com o tempo, e portanto tem uma história” (Whitrow, 1993, p. 152). Ao contrário do que acontecia na Idade Média, quando a história era entendida de maneira linear, devido à importância dessa concepção para a Igreja, no Renascimento a visão cíclica ressurgiu (Whitrow, 1993).

No século XVII, a concepção de tempo pessimista e voltada para o passado foi gradualmente substituída por visões otimistas e que olhavam para o futuro (Whitrow, 1993). Em contraposição ao que se acreditava no século XVI, o mundo não estava ficando pior e nem parecia estar se aproximando do fim (Whitrow, 1993). O mito do Anticristo, baseado na ideia da futura derrota do Anticristo, foi um fator importante para o advento da concepção de tempo voltada para o futuro (Whitrow, 1993). Esse mito se difundiu na Inglaterra por volta da metade do século XVII, em um contexto de rebeliões políticas e religiosas da guerra civil (Whitrow, 1993). Com essa mudança de perspectiva, o que era entendido como sendo a “Idade de Ouro” deixou de estar no passado e passou a ser no futuro, dando lugar a visões utópicas em vez de profecias do fim do mundo (Whitrow, 1993).

O século XVIII foi caracterizado por uma concepção de tempo direcionada para o futuro (Whitrow, 1993). A invenção do relógio mecânico preciso e a tendência a compreender as coisas a partir da perspectiva histórica influenciaram o conceito de tempo (Whitrow, 1993). Por poder funcionar de maneira uniforme por diversos anos, estes relógios reforçaram a crença de que o tempo é homogêneo e contínuo (Whitrow, 1993). Os estudiosos que buscavam compreender a evolução do universo enfrentavam a ideia de que a extensão do tempo era limitada, ideia essa que já era uma convicção em épocas anteriores (Whitrow, 1993).

Com o surgimento da sociedade industrial moderna, a vida e o pensamento humano passaram a ser cada vez mais influenciados pelo tempo (Whitrow, 1993). O surgimento da energia a vapor, a força da Revolução Industrial, impactou o sentido de tempo das pessoas (Whitrow, 1993). Nesse contexto, o horário de trabalho dos operários era determinado pelo

funcionamento das máquinas, de forma que as pessoas passaram a ter que ser pontuais tanto na hora quanto nos minutos (Whitrow, 1993). Além disso, a organização do transporte a nível nacional foi um dos principais efeitos da importância que o tempo passou a exercer na vida dos indivíduos (Whitrow, 1993). Assim, as pessoas tornaram-se “escravas do relógio” (Whitrow, 1993, p. 180). Nesse contexto, passou-se a considerar que a concepção de tempo é dupla: “a intensidade da sensação está associada ao instante, mas nossa consciência da multiplicidade da sensação depende da duração” (Whitrow, 1993, p. 191).

No século XIX, sob influência dos evolucionistas biológicos, passou a prevalecer a ideia de que o tempo progride de maneira linear (Whitrow, 1993). Sob influência da ética de trabalho vitoriana, surgiu a ideia de “tempo de lazer”, ou seja, um período em que as pessoas poderiam fazer o que quisessem como uma recompensa por terem trabalhado arduamente (Whitrow, 1993). Nesse período, os relógios de bolso tornaram-se mais populares, popularizando-se também a medição do tempo, de forma que as pessoas passaram a regular suas atividades, inclusive as mais básicas, como comer e dormir, por exemplo (Whitrow, 1993). Com a popularização do rádio e da televisão, somada à velocidade dos novos meios de transportes que surgiram com a invenção do motor à combustão interna, as pessoas ficaram ainda mais dependentes do relógio (Whitrow, 1993). Nesse período, prevaleceu a ideia de sucessão temporal e havia, entre os pensadores, uma concepção do tempo como algo benéfico, mesmo que compreendessem as dificuldades enfrentadas ao longo da história (Whitrow, 1993).

No século XX, Einstein propôs a teoria da relatividade, que diz que o tempo e o espaço são relativos, isto é, dependem de um sistema de referência (Bassallo, 2013). De acordo com essa teoria, o tempo é diferente para cada pessoa, de forma que para uma pessoa movendo-se muito rápido, o tempo demoraria mais a passar (Bassallo, 2013). Da mesma forma, um relógio que se desloca funciona mais lentamente que um em repouso (Whitrow, 1993). Para fins práticos, essa diferença praticamente não existe, mas é possível percebê-la em um relógio atômico (Gonzáles, 2024).

Até o surgimento da teoria de Einstein, o conceito de tempo dominante na ciência física considerava que o tempo é universal e único e que o universo corresponde a uma sucessão de estados que existem apenas por um instante e que esses instantes se sucedem semelhantemente a uma sequência de pontos em uma linha reta cujo comprimento é indefinido (Whitrow, 1993). Contudo, desde que a Teoria Especial da Relatividade de Einstein passou a ser entendida como parte fundamental da Física, até hoje a concepção prevalente “é a de que o tempo é um aspecto do universo que depende do observador” (Whitrow, 1993, p. 194). Ou seja, não há um tempo universal (Gonzáles, 2024). Isso contraria a concepção intuitiva de que o tempo segue independente de eventos externos (Whitrow, 1993).

Atualmente, muitas pessoas entendem o tempo como fragmentado, de forma que, para elas, só importa o tempo presente, e o passado é entendido como obsoleto e inútil (Whitrow, 1993). Os seres humanos percebem o tempo fluir do passado para o futuro, ou seja, temos a percepção de que o passado já aconteceu e o futuro ainda vai acontecer (Gonzáles, 2024). Contudo, na Física, não há nada que comprove esse fluxo, de forma que a percepção de passagem do tempo pode ser uma ilusão (Gonzáles, 2024). Entretanto, de maneira geral, acreditamos que é apenas pelo passado que é possível compreender o presente da sociedade e do mundo físico (Whitrow, 1993).

Nosso sentido de tempo está relacionado com a consciência de duração, que acontece quando relacionamos uma situação do presente com experiências do passado ou expectativas para o futuro, e com as diferenças entre passado, presente e futuro (Whitrow, 1993). Além disso, a ideia de duração depende dos nossos interesses e da maneira como

nos atentamos para o tempo, de forma que quando estamos envolvidos em algo que nos interessa, o tempo parece mais curto, e quando estamos mais focados no tempo, ele parece mais longo (Whitrow, 1993). Nosso sentido de tempo está também baseado em fatores psicológicos, processos fisiológicos e influências sociais e culturais (Whitrow, 1993).

Nos dias de hoje, entendemos que nosso conceito de tempo é consequência da nossa experiência no mundo e resultado de um longo processo de evolução (Whitrow, 1993). Além disso, adotamos a concepção de que o universo e a sociedade estão evoluindo no tempo, ideia que surgiu no século XVIII (Whitrow, 1993). Contudo, devido às rápidas mudanças presentes em nossas vidas atualmente, nosso sentimento de continuidade em relação ao passado tem diminuído e tem ficado mais difícil compreender como ele era (Whitrow, 1993).

Alguns pensam que o tempo do calendário e do relógio é absoluto (Whitrow, 1993). Entretanto, a divisão do dia em horas, minutos e segundos é convencional, assim como o momento em que o dia começa, de forma que podemos considerar que o tempo dos calendários e relógios é o tempo cultural, tendo em vista que é uma criação cultural (Boni, 2020). Assim sendo, a importância que damos às datas como traço essencial dos eventos é uma característica da sociedade moderna (Whitrow, 1993). Dito isto, percebe-se que atualmente nossas vidas são reguladas pelos horários e agendas e mais recentemente, com o surgimento das naves espaciais e da necessidade de medição do tempo de ultraprecisão, a dependência das pessoas ao relógio aumentou ainda mais (Whitrow, 1993).

2. Histórico do Serviço da Hora do Observatório Nacional

Entre os motivos para a criação de um observatório astronômico no Rio de Janeiro estava a necessidade dos capitães das embarcações que chegavam ao porto, que era um dos mais frequentados no início do século XIX, tomarem conhecimento a respeito da hora média e da longitude para que pudessem regular seus cronômetros e seguir viagem (Morize, 2019). Mesmo que esses dados pudessem ser obtidos nas embarcações, um observatório que conta com instrumentos adequados e profissionais capacitados poderia obtê-los com mais exatidão e segurança (Morize, 2019). Com isso, a embarcação podia aumentar o nível de segurança das próximas viagens, tendo em vista que a imprecisão do cálculo do tempo acumulada ao longo da viagem até aquele momento poderia ser eliminada a partir da consulta ao Observatório.

Antes da criação do Imperial Observatório do Rio de Janeiro (IORJ), a determinação da hora e a regulação dos cronômetros de Marinha eram responsabilidades da relojoaria Roskell e, posteriormente, de sua sucessora D. Norris (Mourão, 1980). Essa situação não mudou com a criação da instituição, tendo em vista a falta de instrumentos e local apropriado para a instalação de sua sede (Mourão, 1980).

O IORJ foi criado em 15 de outubro de 1827, e desde seu primeiro regulamento oficial, aprovado através do Decreto nº 457, de 22 de julho de 1846, tinha como finalidade, entre outras coisas, ensinar os alunos da Academia da Marinha a fazer observações astronômicas aplicáveis à Navegação e calcular a latitude, a longitude e o ângulo horário para regular os cronômetros (Morize, 2019). Contudo, seu primeiro regulamento só foi aprovado em 1847, e assim o IORJ deu início às suas atividades de maneira regular (Morize, 2019). Em 1921, a partir do Decreto nº 14.827 do dia 25 de maio, passou a se chamar Observatório Nacional (ON) (Morize, 2019).

O Serviço da Hora existia desde a criação da instituição, em 1827 (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Contudo, somente com sua instalação no Morro do Castelo, aproximadamente em 1850, foi possível formalizar o Serviço Meridiano e implantar um sistema de disseminação do sinal horário (Rodrigues, 2012).

2.1. Métodos utilizados pelo Observatório Nacional para a determinação e a disseminação da Hora Legal Brasileira

Inicialmente, a medição do tempo baseava-se na rotação aparente da esfera celeste provocada pela rotação da Terra (Oliveira Filho; Saraiva, 2022). A determinação da hora era realizada através da Astronomia Meridiana, que com a finalidade de mapear as posições e o movimento das estrelas de maneira precisa, permitia identificar seu movimento aparente no céu (Royal Museums Greenwich, c2022). Para isso, os astrônomos registravam a hora precisa em que a estrela passou pelo meridiano e o ângulo em que foi posicionado o telescópio para conseguir observar a passagem (Royal Museums Greenwich, c2022).

Até a metade do século XX, a geração da hora pelo Observatório Nacional era realizada através de pêndulas instaladas no porão do prédio da Sala da Hora e de observações astronômicas (Rodrigues, 2012). Até a década de 1960, eram utilizadas as lunetas meridianas para observar a passagem de estrelas catalogadas pelo meridiano local¹ (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012). Esses instrumentos eram utilizados com o auxílio de uma pêndula e um cronógrafo, que reproduzia o sinal do segundo transmitido pela pêndula instalada na Sala da Hora (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012). Os cronógrafos também eram utilizados para registrar o instante da passagem do astro em cada fio do micrômetro instalado nos instrumentos meridianos (Barroso Junior; Junqueira, 2014). A hora média local era obtida através da comparação entre o instante obtido pela pêndula e o registro das medidas de ascensão reta das estrelas observadas (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012). Ao obter a média das horas de passagem das diversas estrelas observadas em uma noite, era possível identificar, com certa precisão, a diferença entre a hora sideral e a hora marcada da pêndula utilizada e, com isso, corrigir a marcha das pêndulas (Barroso Junior; Junqueira, 2014).

No início da década de 1950, o equipamento utilizado pelo Serviço da Hora estava obsoleto, tendo em vista o surgimento da cronometria eletrônica (Mourão, 1980). Assim sendo, o Observatório Nacional foi equipado com equipamentos mais modernos, entre eles os relógios de quartzo, que eram mais estáveis e precisos que as pêndulas (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Esses equipamentos eram destinados à conservação e transmissão da hora e à recepção das emissões de hora estrangeira (Mourão, 1980).

O surgimento do relógio de quartzo se deu para solucionar problemas comuns nos relógios de pêndulo, tais como a necessidade de verificar constantemente a energia do relógio para, caso estivesse sem, dar corda (Bassallo, 2013). Esse processo era necessário devido à resistência do ar e ao atrito entre os componentes do relógio, que dissipam a energia necessária para seu funcionamento (Bassallo, 2013).

Nesse tipo de relógio, as oscilações mecânicas foram substituídas por oscilações eletrônicas baseadas nas propriedades elétricas do quartzo. Contudo, os osciladores de quartzo dependem do tamanho e da forma do cristal e, devido à ser impossível produzir cristais de quartzo idênticos, esse tipo de relógio não permite um padrão de tempo e frequência necessária para algumas aplicações, tais como telecomunicações e GPS.

Com a identificação de irregularidades da rotação da Terra, foram desenvolvidos os relógios atômicos, que se baseiam na oscilação de certos átomos (Bohrer, 2015). Além disso, havia a necessidade de maior precisão na medição do tempo tanto para a área científica quanto para as demais atividades humanas e superar as limitações dos relógios de quartzo. Como todos os átomos de um determinado elemento são idênticos, os relógios atômicos podem ser reproduzidos em qualquer lugar do universo. Esse tipo de relógio permitiu a

¹ O meridiano local é a linha imaginária celeste que passa pelos polos norte e sul.

criação de um novo padrão para o segundo, que atualmente é a grandeza física que está melhor definida.

Na 13ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, realizada em Paris em 1967, ficou definido que o segundo equivale à “duração de 9.192.631.770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133” (Bassallo, 2013; Oliveira Filho e Saraiva, 2022; Rodrigues, 2012, p. 119; Steinhagen e Silva, 2002; Whitrow, 1993). A escolha pelo átomo de césio se deu pois sua frequência está na amplitude do rádio, podendo ser facilmente medida (WHITROW, 1993). Atualmente, utiliza-se a transição MASER² de hidrogênio, que é ainda mais preciso (Oliveira Filho; Saraiva, 2022). Esses relógios atômicos atrasam 1 segundo em milhões de anos (Bassallo, 2013) e devido a sua alta precisão, passaram a ser utilizados como padrão de frequência (Rodrigues, 2012). Os padrões MASER de Hidrogênio são usados em conjunto com os padrões de césio, pois para longos períodos de tempo o de césio é mais estável.

Assim sendo, o Serviço da Hora do ON passou a utilizar o padrão atômico de césio ao mesmo tempo em que continuava realizando observações meridianas para pesquisar sobre a irregularidade da rotação da Terra e outros estudos de passagem de astros pelo meridiano local (Ferreira; Granato, 2017). Contudo, nesse período as atividades astronômicas do ON já estavam passando por dificuldades, devido à poluição luminosa que dificultava as pesquisas científicas, aos poucos recursos humanos disponíveis e à instabilidade administrativa ocasionada pela recorrente troca de ministérios aos quais o ON estava subordinado (Videira, 2007). Além disso, em diversos observatórios do mundo já não eram mais realizados os programas de sobreposição de tecnologias, o que desestimulou os observadores a continuar fazendo essas observações (Barroso Junior; Junqueira, 2014).

Em 2025, o Observatório Nacional adquiriu o relógio atômico óptico para substituir os de césio, tendo em vista que são até mil vezes mais precisos que eles, possuindo erro de menos de um nanossegundo (Fap News, 2025). Dessa forma, o Brasil se coloca entre os países com os sistemas mais modernos para a geração do tempo (Fap News, 2025). Atualmente, o Observatório Nacional está testando esse novo equipamento, que será completamente instalado até o final de 2025 (Fap News, 2025).

Além de determinar a hora legal brasileira, o Observatório Nacional também é responsável pela sua disseminação. Inicialmente, essa tarefa era realizada através de um balão, inspirado no método do time-ball, de origem inglesa (Luz, 2016). Cinco minutos antes do horário, era inflado um balão no alto de uma torre metálica e, no momento exato, o balão era esvaziado (Rodrigues, 2012). A princípio, a queda do balão acontecia às 8 horas e posteriormente passou a ser ao meio-dia³ (Barroso Junior e Junqueira, 2014; Loureiro *et al.*, 2015; Rodrigues, 2012).

Conforme o balão ficou gasto e diante da possibilidade de transferir a sede do Observatório Nacional, além do balão passou a ser emitido um sinal luminoso (Rodrigues, 2012). Dessa forma, um sinal era emitido ao meio dia através do balão e outro era emitido às 21 horas através do sinal luminoso (Luz, 2016).

O ON também disseminava a hora através da linha férrea ou do telégrafo, mas de maneira muito limitada (Mourão, 1980). A primeira linha férrea do Brasil, inaugurada em 1854,

² MASER é a sigla para Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Maser_\(radia%C3%A7%C3%A3o\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Maser_(radia%C3%A7%C3%A3o)). Acesso em: 31 maio 2023.

³ Os astrônomos consideravam mais conveniente começar o dia astronômico ao meio-dia, pois assim a data não mudaria durante uma observação, contudo, em 1 de janeiro de 1925, por meio de um acordo internacional, o dia astronômico passou a coincidir com o dia civil, passando a começar à meia-noite (Whitrow, 1993).

se limitava às proximidades do Rio de Janeiro, só passando a ser mais ampla após de 1876, de forma que o Observatório não poderia disseminar a hora a grandes distâncias por esse meio (Mourão, 1980). Do mesmo modo, o telégrafo elétrico só começou a funcionar, no Brasil, em 1852, e também era limitado aos arredores da cidade do Rio de Janeiro. Em 1876 as linhas telegráficas foram ampliadas, mas somente em 1886 elas compreendiam todo o litoral brasileiro e possuía diversas ramificações (Mourão, 1980).

Com isso, no século XIX, além do sinal do balão, o Observatório Nacional transmitia, por meio de telégrafos, o sinal para a Repartição dos Telégrafos, para relojoarias comerciais da cidade do Rio de Janeiro (Rodrigues, 2012) e para a Estrada de Ferro Central do Brasil (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Dessa forma, o sinal passou a ser transmitido também para outros lugares do Brasil, e não apenas para o Rio de Janeiro (Loureiro *et al.*, 2015; Mourão, 1980).

Já na passagem do século XIX para o século XX, a transmissão via radiofrequência passou a ter utilidade prática (Barroso Junior; Junqueira, 2014), tendo em vista que era mais rápida e segura (Luz, 2016). Além disso, passou a ser possível comparar os sinais recebidos de observatórios estrangeiros e corrigir os relógios, permitindo, também, gerar uma hora média universal (Barroso Junior; Junqueira, 2014).

Assim sendo, em 1918 o Observatório Nacional passou a disseminar a hora via radiotelégrafo, ou telégrafo sem fio (Luz, 2016; Mourão, 1980; Rodrigues, 2012). Com isso, a hora passou a ser disseminada para todo o Brasil com precisão suficiente tanto para as atividades sociais quanto para as científicas (Mourão, 1980). Contudo, o balão continuou sendo utilizado até pouco tempo depois, sendo descontinuado somente em 1920 (Loureiro *et al.*, 2015; Luz, 2016; Rodrigues, 2012). Para as finalidades pretendidas pela instituição com o serviço de disseminação da hora, o balão era ultrapassado, tendo sido substituído pela transmissão via radiotelégrafo e a emissão de sinais luminosos para as embarcações que não possuíam aparelhos receptores de sinais radiotelegráficos (Luz, 2016). O sinal luminoso passou a ser emitido inclusive ao meio-dia, tendo em vista que foi instalado um sistema de luzes forte o suficiente para ser visto nesse horário (Luz, 2016; Rodrigues, 2012).

Quase que diariamente, o Observatório Nacional recebia, através de telégrafo sem fio, transmissões dos sinais horários enviados por observatórios estrangeiros, tais como o de Paris, Greenwich e Washington, que eram utilizados para corrigir a marcha das pêndulas utilizadas no Serviço da Hora (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012) e utilizar caso não fosse possível fazer observações devido a condições meteorológicas ruins durante tempo prolongado (Morize, 2019).

Ao longo de sua trajetória, o Observatório Nacional esteve sediado em diferentes lugares. Até o final de 1920, sua sede era em uma antiga igreja localizada no alto do Morro do Castelo, mas antes esteve situado em um torreão da Escola Militar e no Forte da Conceição, não sendo possível precisar em que momento foi feita essa transferência (Morize, 2019). Como o prédio sede do Morro do Castelo estava em péssimas condições, o que prejudicava a realização das atividades da instituição, foi feito um estudo para a escolha de uma nova sede, ficando definido que seria no Morro de São Januário, em São Cristóvão, cujo início da construção se deu em 1913 (Morize, 2019).

Na sede do Morro do Castelo, todos os instrumentos de observação, assim como a Torre da Hora, estavam instalados no terraço da edificação (Alves, 2009). Sua localização permitia que a hora exata fosse fornecida para os navios que estavam no porto e para toda a cidade (Videira, 2007). O Serviço da Hora funcionava em uma pequena sala, chamada de sala das meridianas (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Nessa sala, havia a luneta meridiana; diversos pêndulos, um deles ligado eletricamente ao cronógrafo Hipp que registrava os

segundos; um círculo mural usado para determinar as coordenadas equatoriais dos astros; um pêndulo sideral para calcular a hora com precisão quando não fosse possível fazer observações por conta do mau tempo; e um comutador, que emitia os sinais elétricos para o balão da hora, Repartição dos Telégrafos e Estrada de Ferro Central do Brasil (Loureiro *et al.*, 2015). Nesse período, o ON possuía duas lunetas meridianas: a fabricada por Dollond e a fabricada por Bamberg (Ferreira; Granato, 2017).

Na ocasião da construção da nova sede do Observatório Nacional no Morro de São Januário, o Dr. Luiz da Rocha Miranda, antigo vice-diretor da instituição, mandou construir, às suas despesas, um pavilhão em homenagem ao Dr. Luiz Cruls (Alves, 2009; Morize, 2019). A construção do pavilhão não fazia parte do projeto inicial da nova sede e teve suas características definidas por Henrique Morize (Alves, 2009). O pavilhão destinado a ser o local do Serviço da Hora foi inaugurado em 15 de junho de 1917 (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012). No dia de sua inauguração, iniciou-se os testes para a transmissão radiotelegráfica da hora de acordo com a convenção internacional da qual o Brasil é signatário (Rodrigues, 2012). Contudo, a primeira transmissão de sinais horários a partir do Pavilhão Dr. Luiz Cruls somente aconteceu em 1 de junho de 1918, tendo boa cobertura nacional (Barroso Junior; Junqueira, 2014). No andar térreo da edificação estavam os aparelhos telegráficos e um escritório destinado ao cálculo das observações horárias, e no subsolo estavam as pêndulas e os cronógrafos (Morize, 2019; Mourão, 1980). Atualmente, o Pavilhão Dr. Luiz Cruls (Figura 1) abriga a Divisão de Atividades Educacionais do Observatório Nacional (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012). Desde sua transferência para o Morro de São Januário, o ON passou a colaborar com o Bureau International de l'Heure na definição da hora mundial (Mourão, 1980).



Figura 1: Pavilhão Dr. Luiz Cruls. Fonte: Rodrigues, 2012.

Desde 2004, o Serviço da Hora é realizado no prédio Carlos Lacombe (Figura 2), também localizado na sede do Morro de São Januário, que recebeu esse nome em homenagem ao engenheiro que chefiou o Serviço da Hora entre 1963 e 1977 (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012).

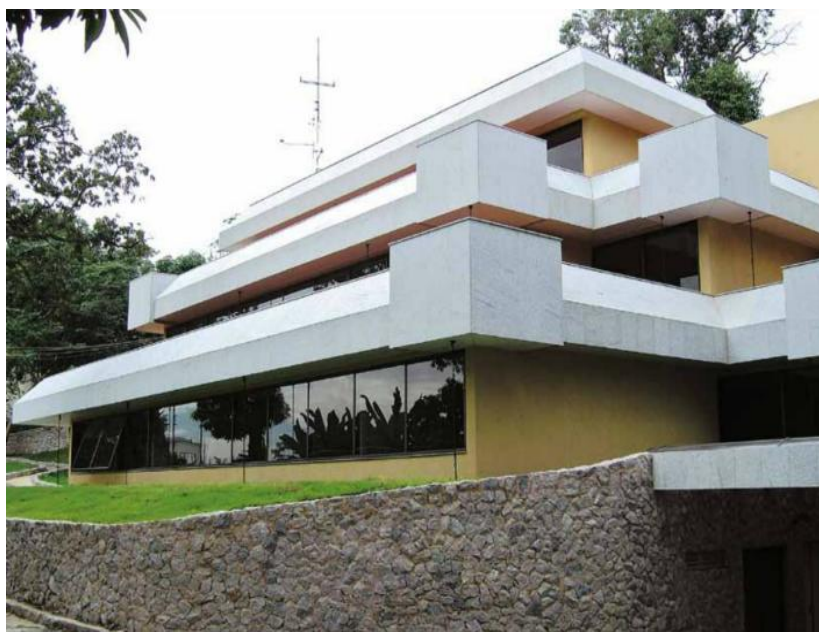


Figura 2: Prédio Carlos Lacombe. Fonte: Rodrigues, 2012.

3. Os instrumentos científicos utilizados no Serviço da Hora

O Serviço da Hora acompanhou a mudança de sede do Observatório Nacional. Nesta atividade será possível conhecer instrumentos que foram adquiridos antes e depois da transferência para o *campus* do Morro de São Januário. Tais instrumentos foram tombados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1986 e pelo Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (Inepac) em 1987.

Os instrumentos e espaços visitados documentam a produção científica brasileira e a história do Observatório Nacional e da Astronomia no Brasil e no mundo. Sua preservação permite conhecer essa história e o processo de produção científica, além da sua apropriação pela sociedade como parte de sua cultura.

3.1. Lunetas meridianas e círculo meridiano: determinação da hora a partir de observações astronômicas

As lunetas meridianas permitem medir a altura e a hora que astros catalogados passam pelo meridiano, possibilitando identificar, com precisão, as coordenadas da localização (Bohrer, 2015; Débarbat, 2013). Já o círculo meridiano permite fazer essas medidas com maior precisão (Granato *et al.*, 2007) e não depende de utilizar outros astros como referência (Observatório Abrahão De Moraes, 2011). Diferente dos instrumentos de montagem equatorial, cujo movimento compromete a exatidão das medidas, os de montagem meridiana são mais estáveis e confiáveis (Bennett, 2007). Ou seja, a precisão das medições feitas por esses instrumentos está diretamente relacionada com a estabilidade de sua estrutura. Além da estabilidade, os círculos meridianos ainda contam com escalas mais exatas, fazendo com que sejam ainda mais precisos (Bennett, 2007).

Nos círculos meridianos, a medição é feita combinando as leituras dos graus utilizando seis microscópios presentes nos círculos a cada 60 graus (Granato *et al.*, 2007). Com o desenvolvimento da eletricidade, foi possível fazer com que esses instrumentos emitissem sinais elétricos que registravam o momento da observação através de um cronógrafo, de forma que a média de diversos sinais elétricos representa o instante do trânsito do corpo celeste pelo meridiano (Débarbat, 2013). Ao mesmo tempo em que o cronógrafo registrava a

observação a partir dos sinais elétricos, outros observadores registravam o valor indicado nos círculos localizados nas laterais do instrumento (Débarbat, 2013).

Os instrumentos meridianos eram utilizados desde o século XVIII para a confecção de catálogos celestes e, até a invenção dos relógios a quartzo e atômicos, utilizá-los em conjunto com as pêndulas era a melhor maneira de medir o tempo (Bohrer, 2015). Tendo em vista que as estrelas observadas estavam catalogadas, determinar sua ascensão reta permitia identificar a marcha das pêndulas (Granato *et al.*, 2007).

No *campus* MAST/ON há quatro pavilhões que abrigam instrumentos meridianos. Tais pavilhões foram construídos tendo as chapas metálicas como material base, com paredes em alvenaria e/ou madeira, lajes em concreto armado, pisos de ladrilho hidráulico ou madeira e fundação em base de pedra (Alves, 2009).

Luneta Meridiana Zenital

A Luneta Meridiana Zenital foi fabricada pela casa Gustav Heyde, da Alemanha, e encomendada com o objetivo de medir a variação da latitude (Morize, 2019; Videira, 2007). Foi adquirida em 1912 (Ferreira; Granato, 2017) e, dos instrumentos adquiridos no contexto da transferência do Observatório Nacional para o Morro de São Januário, foi o único que chegou dentro do prazo (Morize, 2019), a figura 3 mostra a luneta nos dias atuais.



Figura 3: Luneta Meridiana Zenital. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.

Luneta Meridiana Acotovelada Askania

A Luneta Meridiana Acotovelada⁴ Askania foi fabricada pela firma Askania Werke A. G., de Berlim, na Alemanha, e possui lente objetiva de 7 cm de diâmetro e 85 cm de distância focal (Bohrer, 2015).

Encontra-se instalada no pavilhão originalmente construído para abrigar a Luneta Meridiana Acotovelada de Carl Bamberg, que é idêntico ao pavilhão que abriga a Luneta Meridiana Zenital (Alves, 2009). A Luneta Meridiana Acotovelada Askania começou a ser montada no ON em 1953 (Ferreira; Granato, 2017) e foi utilizada até a década de 1970 (Alves, 2009).

⁴ As lunetas meridianas acotoveladas permitem o alinhamento do instrumento sem que haja a necessidade de o observador se deitar ao apontar o instrumento para o zênite, proporcionando uma melhor ergonomia na determinação do tempo sidereal (Ferreira; Granato, 2017).

Esse instrumento utilizou o sinal do primeiro relógio de quartzo do ON, também adquirido na década de 1950 (Rodrigues, 2012). Além disso, foi utilizado para compreender melhor os efeitos dos erros dos instrumentos nos resultados das observações (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Na figura 4 é possível ver a Luneta.

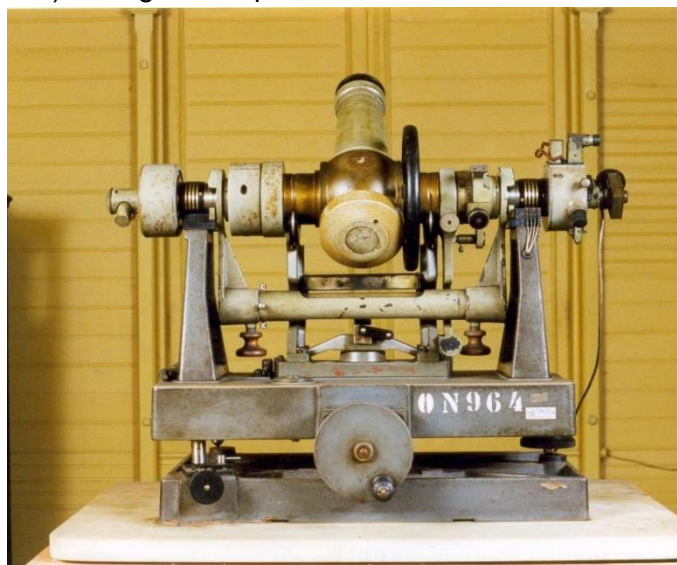


Figura 4: Luneta Meridiana Acotovelada Askania. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.

A Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg

A Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg foi fabricada por Carl Bamberg, também de Berlim (Bohrer, 2015). Posteriormente, por conta da queda dos lucros provocada pelo fim da Primeira Guerra Mundial, o genro de Carl Bamberg juntou a empresa com outras e mudou o nome para Askania Werke A. G. (Ferreira; Granato, 2017).

A Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg tem lente objetiva de 8 cm de diâmetro e 90 cm de distância focal (Ferreira; Granato, 2017). Há indícios de que o instrumento foi adquirido em 1907⁵, mas seu relatório de observação do céu mais antigo data de 1909, ainda na sede do Morro do Castelo (Ferreira; Granato, 2017). No período da transferência do ON para o Morro de São Januário, esse instrumento era o utilizado para fazer as determinações astronômicas da hora (Mourão, 1980). Na figura 5 podemos ver a Luneta.

O instrumento possui acessórios específicos para a determinação de latitude, tendo sido usado para determinar a diferença de longitude entre seu pilar no Morro do Castelo e o do Morro de São Januário (Ferreira; Granato, 2017). Contudo, deixou de ser utilizado para a determinação de latitude, tendo em vista que por volta da década de 1920, a Luneta Zenital de Heyde passou a ser utilizada para esse fim (Ferreira; Granato, 2017). Com isso, a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg passou a ser utilizada no Serviço da Hora e para estudos sobre a irregularidade na rotação da Terra, tendo sido usada para fazer observações meridianas a fim de determinar o tempo sideral (Ferreira; Granato, 2017). Contribuiu para diversas publicações, tais como o Anuário do Observatório desde 1911, os dados de observação enviados aos boletins do Bureau International de l'Heure de 1922 até 1960 e a publicação do Comité Spécial de l'Année Geophysique Internationale no Ano Geofísico Internacional (Ferreira; Granato, 2017).

⁵ As placas do instrumento indicam "Observatório do Rio de Janeiro", nome da instituição até 1909, e "Fornecedores Janowitz, Veit & Cia", nome dessa empresa até 1907 (Ferreira; Granato, 2017).

A equipe que operava o instrumento era composta por oito astrônomos, entre eles Yeda Veiga Ferraz Pereira, a primeira e única astrônoma brasileira na época, além de ser também engenheira civil e eletricista (Loureiro, 2024). Quando ainda estava no colégio, Yeda foi aluna de destaque em Matemática, o que fez com que o professor da disciplina, Sebastião Sodré da Gama, que também era o Diretor do ON e professor da Escola de Engenharia, a convidasse para fazer parte de um grupo de calculadores que tinham a função de criar as efemérides, surgindo aí seu interesse por Astronomia (Loureiro, 2024). Em março de 1944, Yeda ingressou no ON com o cargo de auxiliar de astrônomo (Loureiro, 2024). Em 1948, após se formar, assumiu o cargo de astrônoma interina e, em 1955, foi aprovada no concurso público para o ON (Viegas, 2014 *apud* Loureiro, 2024). Em sua atuação, utilizava o instrumento para realizar observações do céu que eram usadas para corrigir a marcha do Relógio de Quartzo (Loureiro, 2024). Yeda foi casada e teve sete filhos, o que a influenciou a deixar a profissão (Loureiro, 2024). Na ocasião do nascimento de seu sexto filho, tirou licença especial e, após o nascimento do sétimo, pediu a exoneração do cargo (Fontes, s.d. *apud* Loureiro, 2024). A mídia da época a exaltava tanto por ser a única astrônoma do Brasil quanto pelo seu papel de mãe e esposa (Loureiro, 2024). Na figura 6 é possível ver Yeda observando o céu através da Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

O instrumento esteve em uso até pouco antes de 1976 (Ferreira; Granato, 2017). Os principais motivos para deixar de ser utilizada foram: a falta de astrônomos para realizar pesquisas meridianas, já que era um momento de expansão de novas tecnologias mais precisas voltadas para a determinação da Hora Legal Brasileira; e a existência de problemas de funcionamento do instrumento (Ferreira; Granato, 2017).

Em 1967, a lente objetiva original do instrumento foi retirada e instalada em um telescópio artesanal construído por um astrônomo militar associado ao ON, que ficou com o instrumento construído por ele (Ferreira; Granato, 2017). Posteriormente, foi colocada outra lente objetiva, permitindo que o instrumento voltasse a funcionar para observações (Ferreira; Granato, 2017).

O pavilhão onde se encontra, cuja cobertura foi desenvolvida por Carl Zeiss, foi construído em 1915 (Bohrer, 2015). Construído em venezianas de madeira e possuindo uma escadaria de ferro que dá acesso ao pavimento superior onde fica o instrumento, esse pavilhão foi inicialmente construído para abrigar o Círculo Meridiano de Heyde (Alves, 2009). Nos últimos anos, a edificação passou por algumas ações visando sua preservação, tais como projetos de restauração da estrutura metálica e da cobertura em 2008; intervenção e restauração da estrutura de madeira em 2010; e intervenções curativas em 2016 (Loureiro, 2020). Além disso, entre 2010 e 2015 foi criado um modelo virtual do instrumento (Ferreira e Granato, 2017; Loureiro, 2020). Atualmente, a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg está parcialmente desmontada no Laboratório de Conservação de Objetos Metálicos do MAST (LAMET) (Loureiro, 2020).

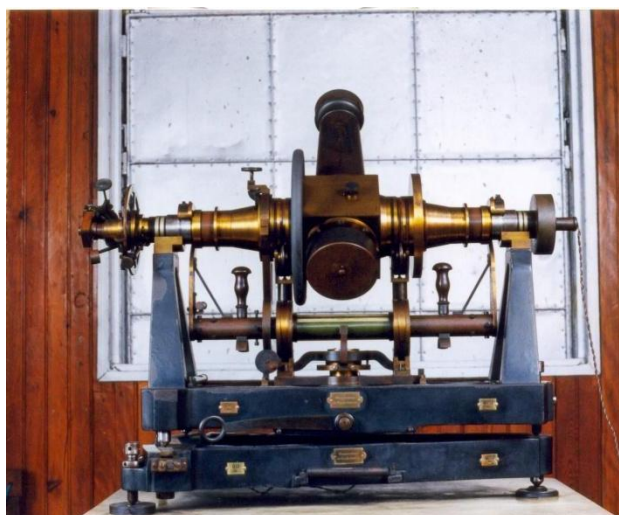


Figura 5: Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.

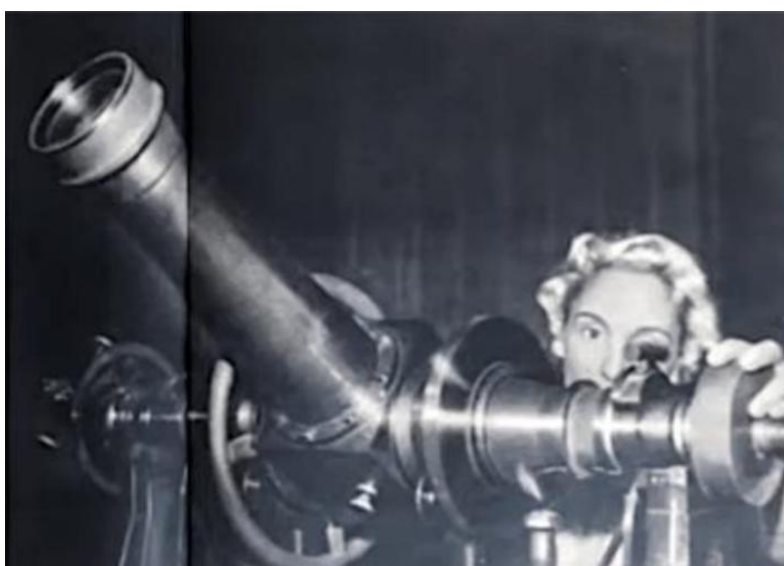


Figura 6: Yeda Veiga Ferraz Pereira usando a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg. Fonte: Loureiro (2024).

Círculo Meridiano de Gautier

O Círculo Meridiano de Gautier ocupa o maior pavilhão meridiano do *campus*. Antes de ter sido instalado na sede do Morro de São Januário, esse instrumento foi instalado em um pavilhão provisório no Morro do Castelo (Morize, 2019). Foi inicialmente adquirido para estudar a variação de latitude, que era um fenômeno ainda incompreendido (Morize, 2019). Contudo, sua atuação foi além, tendo sido utilizado para fazer dois tipos de observação: a determinação de ascensões retas de estrelas, relacionadas com a hora sideral que a estrela passa pelo meridiano; e a declinação, que depende do conhecimento da latitude geográfica onde o instrumento se encontra (Granato *et al.*, 2007). Possui lente objetiva de 19 cm de diâmetro e 2,35 m de distância focal (Granato *et al.*, 2007).

Foi encomendado em 1890 e ficou pronto em 1893, mas permaneceu encaixotado até 1898 devido à falta de espaço apropriado para sua instalação no Morro do Castelo, tendo em vista que o local não tinha a estabilidade necessária para a utilização de grandes instrumentos

de Astronomia (Granato *et al.*, 2007). Ainda assim, em 1900 o instrumento foi instalado em um abrigo provisório de madeira na antiga sede (Morize, 2019). Por causa da inadequação de sua instalação, durante o tempo em que esteve instalado no Morro do Castelo sua utilização era restrita, sob risco de danificar o instrumento, que passou por diversos reparos (OBSERVANDO..., 2015a).

Em 1913, na ocasião da construção do novo *campus* do Observatório Nacional no Morro de São Januário, foi encomendado, à empresa Carl Zeiss, um abrigo de madeira com cúpula meridiana de estrutura de ferro destinado a abrigar o Círculo Meridiano de Gautier (Granato *et al.*, 2007). O pavilhão, que possui 141 m², começou a ser construído em 1915 e terminou em 1920 (Granato *et al.*, 2007).

Em 30 de março de 1928, o Observatório Nacional deu início aos trabalhos de catalogação das estrelas pelo serviço meridiano, que eram necessários para a determinação da hora (Granato *et al.*, 2007). Na década de 1960, o instrumento deixou de ser utilizado para fazer observações (OBSERVANDO..., 2015a).

Por estar quase sem proteção devido ao mau estado da cobertura do pavilhão, em 1961 foi dado início ao processo de desmontagem do Círculo Meridiano de Gautier (Brandão, c2017). Anos mais tarde, entre 1980 e 1985, o pavilhão foi demolido, já que as partes metálicas se oxidaram e as partes em madeira estavam se deteriorando, restando apenas a base e a construção em alvenaria do vestibulo (Granato *et al.*, 2007).

Em razão da dispersão de suas partes, o instrumento estava com alto risco de se perder, de forma que em 2003 iniciou-se o processo de sua restauração e de reabilitação de seu pavilhão, a fim de preservá-los (Granato *et al.*, 2007).

A importância de restaurar esse instrumento se dava, entre outras coisas, por ser o único instrumento desse tipo fabricado por Gautier presente no Brasil (Granato *et al.*, 2007). Cada peça do instrumento passou pela higienização e restauração individual, além de terem sido produzidas réplicas de peças que não foram encontradas e que eram essenciais para sua montagem, estruturação e interpretação (Granato *et al.*, 2007). Na figura 7 é possível ver o instrumento restaurado.

Para a reabilitação do pavilhão, a ruína e o vestibulo foram preservados e foi construída uma nova cobertura com o mesmo volume da cobertura original, a fim de abrigar o instrumento e proporcionar um uso adequado do pavilhão (Granato *et al.*, 2007). Foram usados materiais contemporâneos, de forma a deixar claro que foi feita uma intervenção (Granato *et al.*, 2007). Vale ressaltar que o pavilhão reconstruído não possui uma trapeira, já que o instrumento não é mais utilizado para observação do céu e hoje desempenha a função de testemunho histórico (Granato *et al.*, 2007). Foram as razões para reabilitar o pavilhão do Círculo Meridiano de Gautier: a necessidade de espaço para instalar o instrumento restaurado e seus acessórios; o fato dos outros instrumentos de grande porte do acervo do MAST estarem em seus pavilhões, exceto esse; e manter a unidade do conjunto tombado pelo IPHAN e pelo Inepac (Granato *et al.*, 2007). O pavilhão reconstruído pode ser visto na figura 8.



Figura 7: Círculo Meridiano de Gautier. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.



Figura 8: Pavilhão do Círculo Meridiano de Gautier. Fonte: Granato *et al.*, 2007.

Círculo Meridiano de Heyde

No mesmo pavilhão onde se encontra o Círculo Meridiano de Gautier, há o Círculo Meridiano de Heyde, que foi encomendado em 1911 ao fabricante Gustav Heyde e esteve instalado no pavilhão que atualmente abriga a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg (Alves, 2009). Devido ao descarte e armazenamento inadequado, o instrumento perdeu algumas de suas peças (Brandão, c2017), como pode ser visto na figura 9.



Figura 9: Círculo Meridiano de Heyde

Luneta Meridiana de Dollond

Além dos instrumentos abrigados nos pavilhões do *campus*, o MAST tem uma luneta meridiana em uma de suas exposições.

A Luneta Meridiana Dollond foi encomendada ao fabricante Dollond & Co., de Londres (Loureiro *et al.*, 2015). A empresa se destacava pela qualidade na fabricação de instrumentos ópticos, tanto para a ciência quanto para a indústria e a sociedade, sendo, inclusive, fabricante oficial de lentes ópticas para a realeza (Marques, 2024). Em 1758, John Dollond patenteou a lente acromática, que unia dois tipos de vidro e, assim, reduzia a dispersão da luz, corrigindo a aberração cromática das lunetas (Marques, 2024).

O instrumento, que possui 9,5 cm de abertura, 1,80m de distância focal, foi comprado especificamente para o Serviço da Hora, sendo usado nesse serviço de 1847 até 1920 (Marques, 2024), fazendo as primeiras determinações de hora do IORJ (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Além disso, no contexto da Passagem de Vênus pelo Disco Solar, a Luneta Meridiana de Dollond foi utilizada para determinar a hora precisa no qual o evento iria acontecer (Marques, 2024). De acordo com o primeiro volume dos Anais do Observatório, de 1882, a Luneta Meridiana de Dollond é muito estável e sua lente é de tão boa qualidade que permite observar as estrelas perfeitamente redondas, além de estar equipada com um bom micrômetro, um aparelho para iluminar os fios do micrômetro e tornar o campo visual mais claro, e com dois anéis de aro, um em cada lado do instrumento (Marques, 2024).

Com a mudança da sede do Observatório, foi instalada uma nova luneta para a determinação da hora, e a Luneta Meridiana de Dollond foi preservada pela instituição, tendo em vista que não seria mais utilizada para fazer observações (Loureiro *et al.*, 2015). Na Exposição Internacional do Centenário da Independência do Brasil, onde foram expostos instrumentos que simbolizavam a tradição do Observatório, projetavam sua imagem de instituição moderna e representavam os diversos serviços que realizava, a Luneta Meridiana de Dollond teve lugar de destaque (Loureiro *et al.*, 2015). Atualmente se encontra na exposição “Olhar o céu, medir a Terra”, no prédio sede do MAST. Originalmente, os pilares do instrumento eram mais baixos e feitos de concreto, mas foram substituídos por pilares de madeira, que posteriormente foram destruídos por térmitas, necessitando de reconstrução (Marques, 2024). A estrutura de madeira e vidro abrigam os microscópios colimadores do instrumento (Marques, 2024), como mostra a figura 10.



Figura 10: Luneta Meridiana de Dollond. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.

3.2. Pêndulas e cronógrafos

O princípio do relógio de pêndulo foi criado por Galileu Galilei, mas o instrumento só foi construído e aperfeiçoado pelo físico holandês Christian Huygens em 1656 (Bassallo, 2013). A invenção desse tipo de relógio foi um grande avanço na época, já que atrasava apenas cerca de 15 segundos por dia, ou seja, 1 minuto a cada 4 dias (Bassallo, 2013).

O funcionamento dos relógios de pêndulo é baseado no pêndulo simples, que é composto por um objeto maciço acoplado a uma haste (Bassallo, 2013). Ao estudar pêndulos em oscilação, Galileu Galilei concluiu que esse tipo de pêndulo possui um período de oscilação que depende de seu comprimento (Whitrow, 1993). Por estar afastado de sua posição de equilíbrio e sob influência da gravidade, o pêndulo oscila de maneira regular, servindo como base de tempo e movimentando as engrenagens do relógio (Bassallo, 2013).

Há três elementos importantes para o funcionamento desse tipo de relógio: a haste, o peso e o sistema de escape. O comprimento da haste influencia no período de oscilação do pêndulo, tendo em vista que quanto maior a haste, mais tempo demora para completar o movimento completo da oscilação (Bassallo, 2013). O peso é responsável por fornecer a energia para seu funcionamento (Bassallo, 2013). Ao dar corda no relógio, um cordão puxa o peso para cima, dando a ele energia potencial gravitacional, que se transforma em energia cinética conforme o peso desce e, com isso, movimenta as engrenagens do relógio (Bassallo, 2013). Já o sistema de escape transmite o período de oscilação do pêndulo para as engrenagens do relógio (Bassallo, 2013).

As pêndulas utilizadas pelo Observatório Nacional eram das mais modernas (Bohrer, 2015). Além disso, eram tão precisas que as incertezas não eram superiores a 0,01 segundos (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Sua instalação em ambiente isolado, no subsolo do Pavilhão Dr. Luiz Cruls, era para seu melhor funcionamento (Barroso Junior; Junqueira, 2014), já que o local possuía controle de temperatura (Brandão, c2017).

Dentre as pêndulas utilizadas pelo ON, as pêndulas mestras em câmaras de vácuo Riefler, inventada em 1889, e Shortt, de 1921, eram as mais precisas (Barroso Junior; Junqueira, 2014).

Na figura 11, pode-se ver um exemplar da pêndula a vácuo fabricadas por Clemens Riefler, que possibilitavam a emissão de sinais elétricos para um cronógrafo, que registrava os pulsos de segundo emitidos pela pêndula e os instantes de observação (Rodrigues, 2012). Os relógios de pêndulo Riefler foram usados como padrão de tempo em muitos observatórios, até serem substituídos pelos relógios de pêndulo Shortt (Whitrow, 1993).



Figura 11: Pêndula a vácuo Riefler. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.

As pêndulas a vácuo fabricadas por Wm. Hamilton Shortt M. Inst. C.E. eram as mais precisas de todas já construídas (Bohrer, 2015). Tinham a precisão de 10 segundos por ano, ou 30 milissegundos por dia, de forma que era bem mais preciso que os relógios usados anteriormente, que tinham a precisão de 1 décimo de segundo por dia (Whitrow, 1993). Eram tão precisas que foi possível confirmar irregularidades na rotação da Terra, que já eram previstas (Barroso Junior; Junqueira, 2014).

No início da década de 1920, W. H. Shortt, um engenheiro ferroviário, aperfeiçoou o que ficou conhecido como “pêndulo livre de Shortt”, que utilizava um pêndulo feito de invar, uma liga de aço e níquel que não sofre os efeitos da temperatura (Whitrow, 1993).

As pêndulas adquiridas pelo ON em 1929, possibilitavam obter a regularidade do relógio através da combinação de dois pêndulos: um mestre e outro escravo (Rodrigues, 2012). O pêndulo escravo tinha a função de reduzir o livre movimento do pêndulo (Whitrow, 1993). Na figura 12 é possível ver o pêndulo mestre do sistema das pêndulas de Shortt.



Figura 12: Pêndula a vácuo Shortt. Fonte: Autoria própria.

Mesmo que com a criação do MAST muitas peças tenham sido salvas de se perder, algumas desapareceram, tais como os cilindros de algumas pêndulas a vácuo, tornando-as inutilizáveis (Brandão, c2017). Devido a isso, foram criados cilindros de acrílico em substituição aos que se perderam, que eram feitos de chapas de alumínio, para que fosse possível visualizar os osciladores e ficasse claro que eles não eram os originais (Brandão, c2017).

Em conjunto com as pêndulas, eram utilizados os cronógrafos para medir o tempo e registrar eventos astronômicos (Marques, 2024). De acordo com Ronaldo Mourão (1987), o cronógrafo serve para registrar com precisão, através de um sinal elétrico, o momento em que um fenômeno acontece e sempre trabalha em conjunto com um relógio responsável por fornecer a escala de tempo utilizada para fazer a medida. O instrumento pode medir tempos, realizar pequenos cálculos, observar azimutes e auxiliar outros instrumentos, tais como o círculo meridiano (Marques, 2024).

Um dos exemplares de cronógrafo existentes no acervo do MAST é o cronógrafo impressor fabricado pela Gaertner Precise Instrument Company of Chicago, que foi utilizado junto ao Círculo Meridiano de Gautier (Granato *et al.*, 2007). De acordo com informações da base de dados do acervo museológico do MAST, o instrumento é sincronizado a partir de impulsos elétricos emitidos por um relógio elétrico a cada segundo. Possui três martelos - um para hora, outro para minuto e outro para segundo - que possuem uma borracha que, quando acionados, batem na fita de tinta e imprime os valores no papel que sai do rolo. Na parte frontal do instrumento, há dois ponteiros, um para indicar os segundos e outro para indicar os minutos. Na figura 13 é possível visualizar o instrumento.

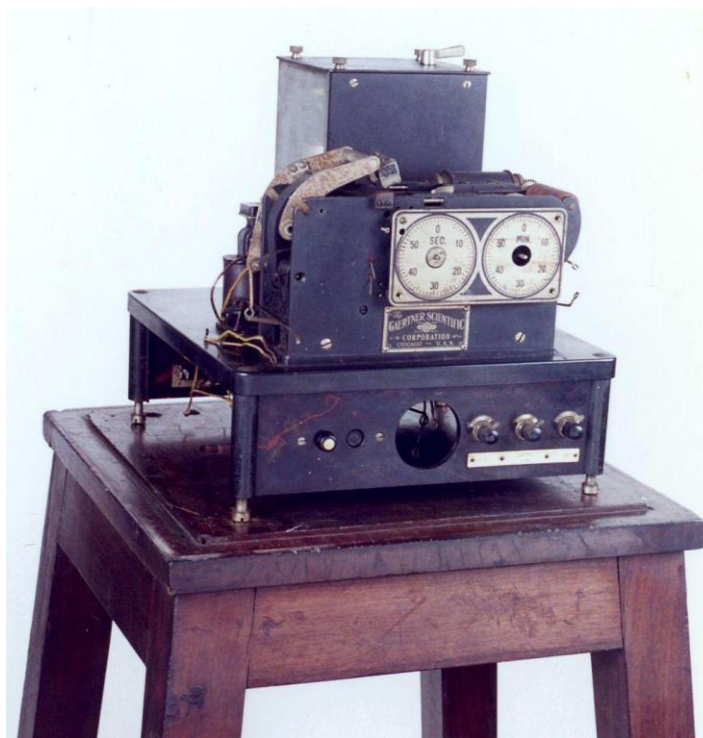


Figura 13: Cronógrafo Impressor da Gaertner Precise Instrument Company of Chicago. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST

3.3. Relógios de quartzo

O relógio de quartzo foi inventado no ano de 1927 por William Morrison e Joseph W. Horton e veio substituir os relógios mecânicos, chegando em 1950 com uma incrível precisão de 10^{-10} s. Hoje, qualquer computador e celular utilizam esse tipo de relógio (Horton & Morrison, 1928). O quartzo é um cristal com propriedade piezoelétrica, que confere a ele a capacidade de ao ser pressionado em uma determinada direção, produzir um campo elétrico, ou seja, o quartzo transforma energia mecânica em energia elétrica.

A descoberta, ou melhor, a confirmação da existência de materiais que seriam capazes de transformar energia mecânica em energia elétrica foi feita pelos irmãos, Jacques e Pierre Curie. Em 1880, os irmãos Curie anunciam a comunidade científica que encontraram alguns cristais que possuíam propriedade piezoelétrica, ou seja, ao serem pressionados em uma determinada direção geravam uma assimetria na rede cristalina, fazendo com que o cristal ficasse carregado com um lado positivo e outro negativo (Katzir, 2006). Em Física, cargas de sinais contrários afastadas entre si são chamadas de dipolos elétricos. Essa configuração de cargas é capaz de gerar um campo elétrico. Sendo assim, o cristal pressionado fica polarizado, gerando energia elétrica, como podemos ver na figura 14.

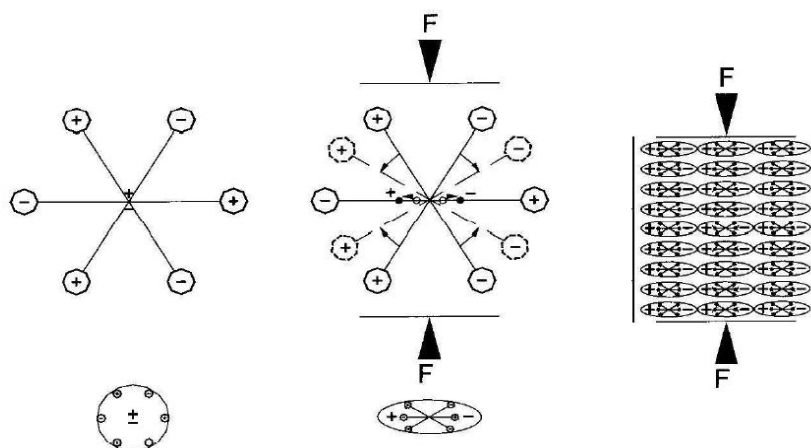


Figura 14: Modelo molecular simples para explicar o efeito piezoelétrico: a) molécula sem deformação; b) molécula sujeita a uma força e c) efeito de polarização na superfície do material.

Somente no final de 1882, os irmãos Curie publicam o efeito piezoelétrico reverso, que nada mais é a propriedade que o cristal tem ao ser submetido a uma certa diferença de potencial (popularmente chamado de voltagem), em que o cristal expande e aumenta de tamanho.

A medida do efeito piezoelétrico reverso é algo delicado de ser feito, já que um campo elétrico de 10 volts por metro, produz uma variação de comprimento de 0,001 mm em um cristal de 1 centímetro de espessura. A verificação desse efeito foi possível graças à descrição e aos cálculos de magnitude do fenômeno feito por Jonas Ferdinand Gabriel Lippmann (Katzir, 2006).

Esse efeito pode ser aumentado quando aplicamos uma diferença de potencial variável (tensão) que possui a mesma frequência de oscilação natural do cristal. Ou seja, quando aplicamos a tensão que possui a mesma frequência de vibração natural do cristal, o mesmo entra em ressonância e vibra com uma amplitude maior, fazendo com que o efeito seja mais facilmente detectado. O relógio de quartzo utiliza o efeito piezoelétrico reverso para a geração da frequência que será a base de tempo do relógio.

A propriedade piezoelétrica do quartzo foi descoberta em 1880, mas somente ao final da Primeira Guerra Mundial, o sonar foi desenvolvido utilizando o quartzo para a detectar os submarinos alemães.

Somente em 1920, Candy (1920) deposita a primeira patente de um oscilador de quartzo. Em 1924, Pierce depositou uma patente de um oscilador com precisão e frequência suficientemente alta para ser utilizada na radiodifusão (Pierce, 1924). Esses osciladores deram os primeiros passos efetivos para a construção do relógio, faltando agora desenvolver uma forma de medir e contar frequências tão altas.

Em 1927, Willian Marrison e Joseph W. Horton publicam um artigo descrevendo o primeiro relógio de quartzo de 50 KHz. Antes de 1950, os relógios de quartzo já possuíam precisão de mais de 10^{-10} s.

Os relógios de quartzo possuem precisão altíssima, sendo afetados pela temperatura, pressão e vibração. Como a frequência de oscilação do relógio está relacionada com o tamanho e o corte do cristal, é impossível construir dois relógios de quartzo iguais, sendo impossível também estabelecer comparação entre eles.

O relógio de quartzo não pode ser usado como padrão de medida de tempo. Um padrão de tempo exige replicabilidade nas medidas, para que possa ser realizada a comparação. Assim, mesmo que esses relógios tenham atingidos precisões incríveis quando comparados com as melhores pêndulas, eles não viraram padrões de tempo. O padrão de segundo continuou tendo origem astronômica, mesmo depois do melhoramento dos relógios de quartzo. O segundo era gerado pelo tempo de efeméride que utiliza métodos astronômicos extremamente complicados, e levava-se muito tempo para ser gerado, não sendo utilizado em laboratórios. Somente com o desenvolvimento de relógios atômicos precisos, a definição do segundo abandona a astronomia e passa a utilizar a mecânica quântica como referência (Lombardi, 2011b).

O Observatório Nacional possui três relógios de quartzo, um instalado em 1953 no contexto da modernização dos instrumentos utilizados no Serviço da Hora, e dois instalados em 1957 (Mourão, 1980).

Atualmente, o MAST possui um relógio de quartzo em seu acervo, fabricado pela Etablissements Edouard Belin (figura 15). O equipamento encontra-se exposto na Reserva Técnica Visitável.



Figura 15: Relógio de quartzo da Etablissements Edouard Belin. Fonte: Autoria própria.

3.4. Padrões atômicos

O princípio físico do relógio atômico não é de simples compreensão. A mecânica quântica nos diz que um átomo ou molécula possuem elétrons que estão distribuídos em níveis com energia extremamente específicas. Os elétrons ocupam lugares específicos e quando são submetidos a energias específicas que correspondam exatamente a diferença de energia entre dois níveis quaisquer, o elétron no nível de energia mais baixo pula para o nível de energia mais alta e ao retornar para o seu nível de origem, emite um fóton com uma frequência específica.

James Clerk Maxwell, já no século XIX, foi o primeiro a sugerir a possibilidade de se construir um relógio atômico. A primeira contribuição significativa para a construção do relógio atômico, aconteceu no início da década de 1930, feita por Isaac Rabi e seus colegas da Universidade de Columbia. Rabi e sua equipe criaram um método de ressonância magnética em feixes moleculares e atômicos (Lombardi, 2012).

A teoria por trás do relógio atômico ao final do século XIX já era bem consolidada, mas para construção de um relógio atômico era necessária uma tecnologia que conseguisse manter a emissão da frequência, com uma intensidade que fosse possível contar as oscilações produzidas. O método de Ressonância magnética de feixe molecular feito por Rabi, era capaz de separar as moléculas ou átomos que estavam excitados, dos que estavam no nível fundamental. O feixe atômico era submetido a um campo magnético que fazia com que parte do feixe sofresse transição, mudando o momento magnético. Com isso, quando esse feixe saísse da cavidade, em que era interrogado, era possível separar os que estavam

excitados (Muller, 2010). No início da década de 1950, Norman F. Ramsey conseguiu melhorar o método de Rabi, fazendo com que o feixe atômico fosse interrogado pelo campo magnético em duas regiões separadas espacialmente, passando por uma região livre desse campo. O método desenvolvido por Ramsey melhorou muito a resolução do feixe gerado pela transição atômica.

O primeiro relógio atômico, na realidade era um relógio molecular feito de amônia. Esse relógio de amônia gerava um sinal de 23,87 GHz. Esse primeiro relógio foi desenvolvido por Harold Lyons e seus colegas do National Bureau of Standards (NBS) em 1948. Geralmente, transições moleculares geram linhas mais largas que as transições atômicas e isso pode afetar a precisão do relógio.

No decorrer das pesquisas, o isótopo 133 do céσιο passou a ser o melhor candidato para produzir um relógio estável e preciso, pois o Césio se torna líquido em aproximadamente 28,4°C, sendo relativamente pesado e movendo-se a uma velocidade de 130 m/s em temperatura ambiente. Quando comparado com o hidrogênio, que tem uma velocidade em temperatura ambiente de 1600 m/s, o átomo de Césio é muito mais lento. Para um relógio atômico, isso é importante, pois para produzir um sinal com intensidade suficiente para que possa ser utilizado, é necessário que ele fique o maior tempo possível na cavidade de interrogação.

Devido ao seu tamanho, o céσιο possui vários níveis de energia e os cientistas conseguiram detectar uma transição hiperfina $|4,0\rangle \leftrightarrow |3\rangle$, como mostra a figura 16, que era fácil de ser detectada com os sistemas eletrônicos disponíveis na época. Essa transição é relativamente insensível ao campo elétrico, assim pequenos campos elétricos na vizinhança não influenciam o funcionamento do relógio. É essa transição que define o segundo hoje, ou seja, a frequência de 9.192.631.770 Hz. É interessante frisar que a tecnologia dos relógios atômicos de hoje estão baseados na transição eletrônica, não trabalhando com o núcleo atômico, e o nível de energia produzida é baixa, não causando sérios danos à saúde do ser humano.

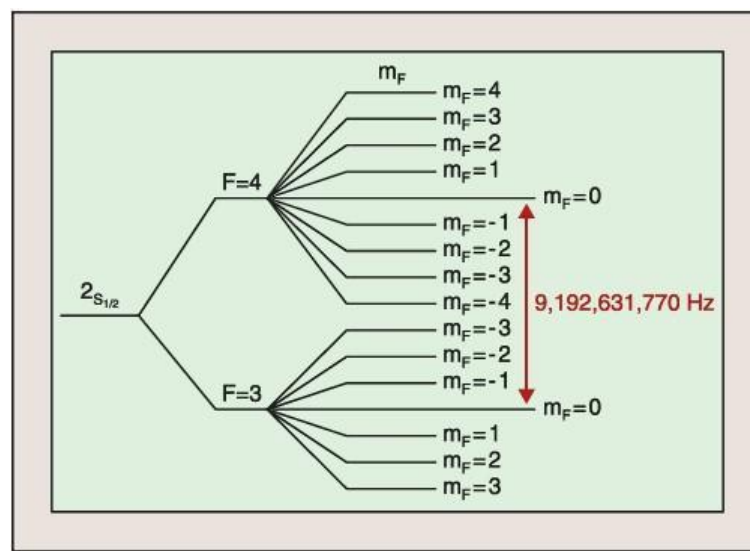


Figura 16: Transição de uma estrutura hiperfina do átomo de Césio. Fonte: Lombardi, 2012

Outro grande desafio para a construção de um padrão atômico é estabilizar a frequência. Para isso, a solução encontrada foi utilizar o sinal de saída do oscilador local

como frequência de referência para outros dispositivos. Assim, para “disciplinar” o oscilador local na transição, é necessário interrogar a transição do relógio usando um campo oscilante gerado pelo oscilador local. A resposta de acoplamento do meio atômico a esse campo eletromagnético ressonante é uma oscilação de sua população entre os níveis $|i\rangle$ e $|f\rangle$. A medida da probabilidade de transição de um átomo no estado $|i\rangle$ transitar para o estado $|f\rangle$ permite gerar um sinal de erro, dependendo diretamente da diferença de frequência $(\nu - \nu_0)$, onde ν é a frequência gerada pela transição e ν_0 é a frequência de ressonância atômica. Esse sinal de erro realimenta o oscilador local de modo a travar a sua frequência sempre no máximo de frequência de ressonância atômica. A cada nova interação, o oscilador local é corrigido e o erro minimizado. Dessa forma o oscilador local é estabilizado na frequência de ressonância do átomo de referência como mostra a figura 17.

Na figura 18, podemos ver um esquema que retrata o funcionamento de um relógio atômico de fonte térmica de césio, onde o feixe atômico emerge do forno com uma temperatura de aproximadamente 100°C e viaja através de um campo magnético, onde o feixe é repartido em dois feixes atômicos com diferentes estados magnéticos. Um feixe é absorvido por um “getter” e não é mais utilizado. O outro feixe é defletido para dentro de uma cavidade de interrogação (cavidade de Ramsey).

Quando dentro dessa cavidade de Ramsey, o feixe de Césio é interrogado por um sinal de micro-ondas. Este sinal é gerado por um sintetizador de frequência acionado por um oscilador de quartzo. Essa frequência é igual a frequência de ressonância do Césio, então, alguns átomos mudarão seu estado magnético. Após deixarem a cavidade, os átomos que mudaram seu estado passam por um segundo campo magnético, que detecta os átomos que mudaram de estado e somente esses átomos vão alcançar o detector. O detector manda um sinal de feedback para um circuito secundário que sintoniza o oscilador de quartzo para que ele corrija o sintetizador de frequência e o mesmo excite os átomos na cavidade de Ramsey com a mesma frequência de ressonância do Césio. Assim, a intensidade do sinal de saída aumenta, parecido com uma seleção cuidadosa de uma estação de rádio até que um sinal mais alto e nítido é ouvido e mantido por um oscilador de quartzo parado com uma ressonância do Césio, cuja a variação de frequência é a menor possível.

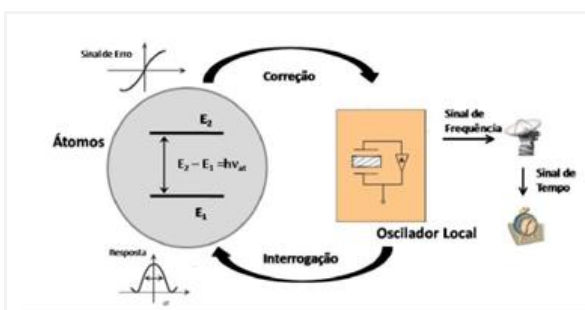


Figura 17- Esquema de funcionamento de um relógio atômico qualquer. Fonte: Muller, 2010

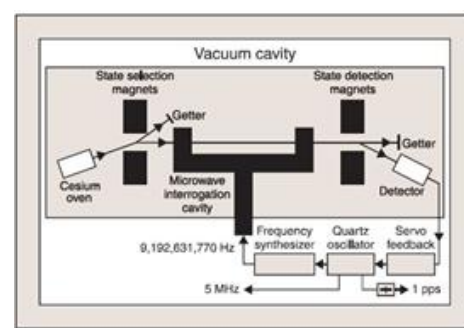


Figura 18- Esquema de funcionamento de um relógio térmico de Césio. Fonte: Lombardi, 2012

Há vários tipos de relógios atômicos, tais como o de mercúrio, de rubídio, de hidrogênio e de césio, sendo o de césio o mais usado para determinação da hora (Bassallo, 2013). Em 1980, o ON era equipado com dois relógios de césio e dois padrões secundários de rubídio (Mourão, 1980).

O primeiro relógio atômico de césio do Brasil, um padrão de césio 133, foi fabricado por Hewlett Packard (HP) (Rodrigues, 2012). Colocado em funcionamento em 1970, foi substituído por relógios mais avançados devido ao seu natural envelhecimento e hoje encontra-se em exposição no Prédio Carlos Lacombe (Barroso Junior; Junqueira, 2014), como pode ser visto na figura 19.



Figura 19: Padrão de césio 133. Fonte: Autoria própria, 2024.

O MASER de hidrogênio não adianta ou atrasa mais de um segundo a cada 10 milhões de anos (Observatório Nacional, 2021b). Contudo, ainda que sejam mais precisos que os padrões de césio, os padrões de MASER de hidrogênio são menos estáveis em um grande período de tempo (Bassallo, 2013).

Em 1996, o ON recebeu dois MASERs de Hidrogênio CH1-75 da marca KVARZ, que são os primeiros padrões desse tipo a funcionar no Hemisfério Sul. No ano seguinte, foram instalados no ON dois padrões de césio HP5071A. Em 2010, foram colocados em operação mais dois relógios atômicos de césio e um de MASER de hidrogênio Symmetricom MHM 2010, de forma que o ON passou a trabalhar com sete relógios atômicos de césio e um MASER de hidrogênio na sede da DISHO e três relógios atômicos de césio da Rede de Auditoria de Carimbo de Tempo e da Rede de Sincronismo em ambiente seguro fora de suas instalações.

Atualmente, o Observatório Nacional faz uso de sete padrões atômicos de feixe de césio e dois padrões atômicos de MASER de hidrogênio para determinar a Hora Legal Brasileira (Bohrer, 2015; Observatório Nacional, 2021b; Rodrigues, 2012;). Na figura 20, pode-se observar dois padrões atômicos de feixe de césio e na figura 21, um padrão atômico de MASER de hidrogênio.



Figura 20: Padrões atômicos de feixe de césio. Fonte: Autoria própria, 2024.



Figura 21: Padrão atômico de MASER de hidrogênio. Fonte: Autoria própria, 2024.

Em 2025, o Observatório Nacional adquiriu o relógio atômico óptico para substituir os de césio. Atualmente, esse tipo de relógio é o mais preciso e estável em funcionamento no mundo. Ao desenvolver esses relógios, o que se buscava era melhorar a precisão. As frequências na região óptica do espectro eletromagnético chegam a 10^{15} Hz, enquanto os relógios atômicos que operam em micro-ondas atingem 10^9 Hz. Essa necessidade vem do fato de que algumas aplicações, tais como as comunicações quânticas, necessitam de precisão na ordem de femtossegundos, cuja tecnologia atual não consegue atingir (De Lima, 2024).

Para que a tecnologia dos relógios ópticos fosse desenvolvida, vários obstáculos tiveram que ser superados. O primeiro deles era como contar frequências tão altas. Como vimos, a tecnologia de contagem de frequência na faixa das micro-ondas já era dominada. Ao se desenvolver um dispositivo capaz de traduzir os sinais de frequência óptica para sinais de frequência em micro-ondas, foi possível realizar a leitura desse tipo de frequência.

O dispositivo capaz de traduzir essa frequência são os pentes de frequência óptica. Seus inventores, John L. Hall e Theodor W. Hänsch, ganharam o Prêmio Nobel de Física de 2005 pela invenção.

Em um relógio de césio, existe um oscilador de quartzo que mantém a frequência de saída da fonte sempre muito próxima da frequência de ressonância. Em um relógio óptico, o

oscilador é um laser, cuja cavidade é feita de modo que o fator de reflexão seja o mais alto possível e que a interferência de fatores externos, como temperatura, campo elétrico e magnético, afete o mínimo possível esse laser (Schmittberger e Scherer 2020).

Os primeiros relógios ópticos usavam átomos de hidrogênio, cálcio e mercúrio, mas, com o tempo, alumínio, estrôncio e itérbio consolidaram-se como os de melhor desempenho. Um fator que influencia o desempenho de um relógio atômico é o tempo de interrogação⁶ feito pelo laser nos elementos utilizados para gerar a transição do relógio. Assim, técnicas para aumentar esse tempo de interrogação foram desenvolvidas, e duas delas merecem destaque: a armadilha iônica e as redes ópticas.

A técnica de armadilha iônica basicamente consegue aprisionar íons por meio de campos elétricos e magnéticos. Os íons mais promissores nessa técnica são os de alumínio, que são capazes de permanecer por mais tempo no estado de alta energia. Os relógios de Al^+ estão entre os mais precisos. (Optical ..., 2025).

A técnica que utiliza redes ópticas por meio de laser consegue aprisionar átomos neutros em uma espécie de armadilha, diminuindo muito a mobilidade dos átomos. Ao serem interrogados, eles acabam emitindo uma frequência coerente. Diferentemente da técnica que utiliza armadilha iônica, que depende de poucos íons para produzir a frequência do relógio, um relógio que utiliza uma rede óptica precisará de centenas de milhares de átomos. Isso pode causar um sinal de ruído maior quando se comparam as duas técnicas.

O desenvolvimento dessas técnicas para ampliar o tempo de interrogação, a criação de lasers estáveis e de um dispositivo capaz de realizar a leitura de frequências ópticas resultou em padrões de frequência óptica de alta estabilidade e precisão. Esse alto desempenho permitirá a realização de novos testes de física fundamental, incluindo a verificação da teoria da relatividade de Einstein, que prevê que os padrões de frequência oscilarão mais lentamente quando próximos a objetos massivos, e a medição de variações das constantes fundamentais, previstas por extensões do Modelo Padrão da física de partículas. Tais medições serão possíveis pela comparação das frequências dos padrões de frequência óptica por longos períodos.

Além dessas implicações, a melhoria na cronometragem do segundo também resultará em uma mudança na definição da unidade. Vários obstáculos terão que ser superados para que isso aconteça. Dentre eles, estão: qual é o melhor átomo ou íon para se tornar o padrão; se é possível utilizar várias transições em vez de um único elemento; e como será feita a transmissão dos dados para permitir a comparação das medidas.

Hoje, existem várias alternativas sendo desenvolvidas, mas os cientistas acreditam que, em um futuro muito próximo, a definição do segundo será alterada. Relógios ópticos em funcionamento atrasam 1 segundo a cada 30 bilhões de anos, ou seja, mais que duas vezes a idade do Universo. O melhoramento na cronometragem do segundo não para, existem pesquisas bastante adiantadas para o desenvolvimento de um relógio nuclear, que utiliza sinais do núcleo de um átomo como base de tempo. O elemento utilizado, nos primeiros testes, é o tório que emite radiação ultravioleta. A frequência gerada neste tipo de relógio é maior que as frequências ópticas.

Inicialmente, a redefinição do segundo causará impacto em aplicações científicas, tais como em experimentos de física fundamental, e, em seguida, nas aplicações industriais (De Lima, 2024).

⁶ Tempo de interrogação é o tempo que o laser excita o átomo ou molécula que gera o padrão de frequência do relógio atômico.

3.5. Torre do Balão da Hora, sinal luminoso e telégrafo sem fio: a disseminação da Hora Legal Brasileira

A Torre do Balão da Hora possui 20 metros de altura (Alves, 2009; OBSERVANDO..., 2015b) e foi o principal meio de disseminar a Hora Civil (Bohrer, 2015). Inicialmente instalada na sede do Morro do Castelo, a torre metálica era compartilhada com a estação meteorológica (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Ainda que não seja possível precisar a data da instalação do balão da hora na sede do Morro do Castelo, há indícios de que estava em funcionamento em 1860 (Loureiro *et al.*, 2015). No início de suas atividades, a descida do balão era acionada manualmente (OBSERVANDO..., 2015b).

Posteriormente, passou a ser emitido também um sinal luminoso através da torre (Rodrigues, 2012), que era acionado e desligado automaticamente através de um aparelho mecânico que enviava os sinais para o transmissor (Brandão, c2017).

Até ser concluída a transferência do ON para o Morro de São Januário, o sinal luminoso continuou sendo emitido no Morro do Castelo (Rodrigues, 2012). Contudo, com a transferência concluída, a torre foi instalada no *campus* do Morro de São Januário, onde permanece até hoje (Luz, 2016), como pode ser vista na figura 22. A Torre da Hora foi uma das primeiras estruturas a ser montada na nova sede (OBSERVANDO..., 2015b). Sua instalação no novo *campus* tinha a finalidade de servir para a utilização de instrumentos ao ar livre, principalmente os de Meteorologia (Alves, 2009; Rodrigues, 2012). Entretanto, em 1921, com o desmembramento da Diretoria de Meteorologia e Astronomia em Diretoria de Meteorologia e Observatório Nacional, a torre deixou de ser usada para Meteorologia, passando a abrigar apenas as antenas de transmissão e os para-raios (Rodrigues, 2012). Ou seja, com a mudança, a Torre perdeu a função de disseminar a Hora Local.



Figura 22: Torre da Hora no *campus* do Morro de São Januário. Fonte: Autoria própria.

Por conta da velocidade da transmissão, o Observatório Nacional passou a utilizar telégrafos sem fio em determinados horários, para enviar os sinais horários para outros continentes e para que os navios pudessem acertar seus cronômetros e obter sua longitude mesmo estando no meio do oceano (Morize, 2019). O serviço de fornecimento da hora via rádio consistia na transmissão de um “pi” a cada segundo e um “gongo” a cada minuto (Brandão, c2017).

Inicialmente, a emissão dos sinais era feita por intermédio da estação radiotelegráfica da Ilha do Governador, que era capaz de alcançar aproximadamente 2.000 km, mas que em 1923, por conta da inutilização de parte de seus aparelhos, foi substituída pela estação radiotelegráfica do Arpoador, que era muito mais fraca e insuficiente (Morize, 2019).

Devido a limitação da estação radiotelegráfica do Arpoador, o ON adquiriu aparelhos de emissão rítmica de sinais, são eles: o fabricado por Brillié (figura 23), que funcionava continuamente e por isso consumia muita energia; e o fabricado por Belin (figura 24), que funcionava somente quando necessário, mas que era muito delicado e se desarranjava com facilidade (Morize, 2019). O emissor Belin programava os pulsos emitidos pelo padrão de quartzo para o transmissor de potência da estação de sinais horários por radiofrequência do ON (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Em 1927 foi inaugurada uma estação emissora de ondas curtas que permitia disseminar a hora legal para diversas localidades do Brasil (Rodrigues, 2012).

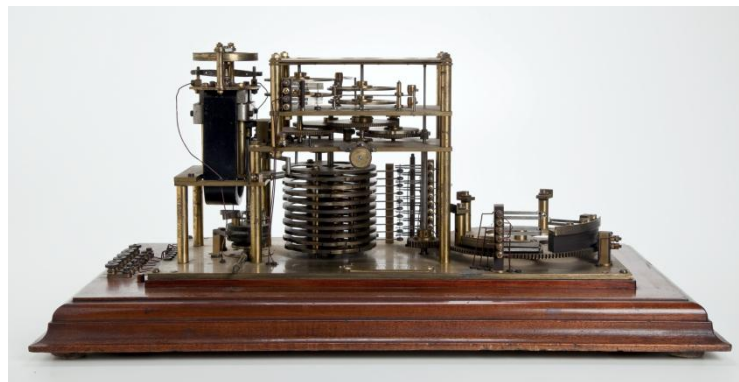


Figura 23: Transmissor automático de sinais horários Brillié. Fonte: Coordenação de Museologia do MAST.



Figura 24: Transmissor automático de sinais horários Belin. Fonte; Coordenação de Museologia do MAST.

O pavilhão localizado à esquerda da escada e da ponte que liga o prédio sede à parte do *campus* onde se encontram os instrumentos de grande porte (Figura 25) originalmente abrigava instrumentos meteorológicos, mas depois que a Meteorologia foi separada da Astronomia, passou a abrigar, em sua sala menor, um transmissor e um receptor de radiotelegrafia (Brandão, c2017).



Figura 25: O pavilhão localizado à esquerda da escada e da ponte que liga o prédio sede à parte do *campus* onde se encontram os instrumentos de grande porte.

Além disso, o ON realiza o serviço da hora falada, que inicialmente era feito por telefone e posteriormente passou a ser feito também por emissoras de rádio associadas, tal como a Rádio Relógio Federal (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Na década de 1950, a Rádio Relógio Federal obteve autorização para a disseminação da hora obtida pelo ON, o que diminuiu o uso da hora falada via telefone, sistema que foi reativado em 1972 (Mourão, 1980). Nesse serviço, a hora é “anunciada por uma voz feminina começando com ‘Observatório Nacional’ seguido da hora corrente (hh:mm:ss) a cada 10s e com um beep curto cada segundo [...] e beep longo [...] nos 58°, 59° e 60° segundos”.

Para fazer a transmissão da hora falada, era utilizado, desde 1975, o sistema de transmissão de hora falada Assmann (figura 26), fabricado na Alemanha (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Em 2007, o equipamento Assmann foi substituído pelo sistema digital de hora falada (Barroso Junior; Junqueira, 2014), como pode ser visto na figura 27. O novo equipamento foi desenvolvido pela DISHO.



Figura 26: Sistema de transmissão de hora falada Assmann antigo



Figura 27: Equipamento de transmissão da hora falada atual. Fonte: Autoria própria, 2024.

4. A importância da Hora Legal

Há diversas implicações sociais, políticas e econômicas que fazem necessária a existência da Hora Legal nos países. Com a ampliação dos grandes meios de comunicação, ela torna-se ainda mais indispensável (Morize, 2019). Além disso, a hora é o meio mais comum do tempo estar presente na vida das pessoas, tendo em vista que com ela é possível organizar o dia, planejar as tarefas, marcar compromissos, etc. (Bassallo, 2013).

Após a Independência do Brasil, em 1822, era necessária a formalização da Hora Civil, devido ao aumento do fluxo de embarcações que aportavam no Rio de Janeiro e precisavam conhecer a hora local para seguir viagem, tendo sido essa uma das principais motivações para a criação do IORJ em 1827 (Rodrigues, 2012). Além disso, a hora era um fator essencial no âmbito científico, sendo utilizada como dado para realizar cálculos astronômicos, geodésicos e náuticos (Luz, 2016).

Nesse contexto, conhecer, conservar e disseminar a hora tinha aplicações práticas, tal como a determinação das longitudes para ser aplicada na navegação (Barroso Junior e Junqueira, 2014; Loureiro *et al.*, 2015). Era necessário conhecer a hora local do porto de partida para regular os cronômetros e os instrumentos de navegação, de forma a ser possível calcular a longitude em alto-mar (Loureiro *et al.*, 2015; Luz, 2016). Outra aplicação prática e essencialmente política era a determinação de limites geográficos (Barroso Junior; Junqueira,

2014). O Serviço da Hora do Observatório Nacional, por exemplo, prestou serviços aos geógrafos, à esquadra nacional e internacional, e às companhias de navegação (Morize, 2019). Em 1888, por exemplo, quando o Observatório Nacional ainda funcionava em sua sede no Morro do Castelo, as transmissões telegráficas da hora foram utilizadas para determinar a posição geográfica das principais estações da linha central da Estrada de Ferro D. Pedro II e a declinação magnética de alguns pontos de suas plataformas (Morize, 2019).

Com o tempo, a transmissão da hora local passou a ser utilizada também por outros serviços, tais como os correios, telégrafos e transportes ferroviários (Luz, 2016). A ampliação das ferrovias, na segunda metade do século XIX, foi um estímulo para o avanço das técnicas de obtenção da hora (Barroso Junior; Junqueira, 2014). Com o surgimento dos trens à vapor, a diferença nos horários era um inconveniente para as companhias ferroviárias (Nascimento, 2009), tendo em vista que eram necessários cálculos para a mudança das horas entre essas regiões (Oliveira Filho; Saraiva, 2022).

O balão do Castelo também era útil à grande parte da população, que o utilizava como referência para ajustar seus relógios, e também para os que não possuíam relógios de pulso ou não sabiam ver as horas (Loureiro *et al.*, 2015; Luz, 2016).

Com o crescimento das cidades e a ampliação da comunicação entre elas, tornou-se necessário padronizar a hora (Rodrigues, 2012), visto que cada região possuía uma hora local determinada por critérios próprios (Nascimento, 2009). Havia também a necessidade de maior precisão, tendo em vista que o tempo do relógio passou a regular o cotidiano da cidade e das pessoas (Luz, 2016), fenômeno que vem se intensificando desde a Revolução Industrial, quando o relógio passou a servir como um instrumento de regulação do tempo do trabalho, tendo em vista que a produção nas fábricas demanda funcionamento contínuo e exato das máquinas (Mankse; Dias, 2021). A Revolução Industrial, que trouxe essa maior necessidade de precisão da hora, também contribuiu para o avanço das mudanças climáticas, devido ao aumento da poluição atmosférica proveniente do funcionamento das fábricas.

No Brasil, antes da criação do IORJ, cada região se baseava na hora verdadeira local, que é facilmente obtida utilizando quadrantes solares (Mourão, 1980). Como não havia obrigatoriedade ou lei que regulamentasse a disseminação da hora pelo Observatório, era comum que a Repartição Geral dos Telégrafos usasse a hora do Rio de Janeiro, mas nas demais regiões se fizesse à correção da hora, a partir da hora do Rio de Janeiro, para a determinação da hora média local (Mourão, 1980). Nesse contexto, a maior precisão só era necessária para os portos marítimos, tais como o da Bahia, do Rio de Janeiro e de Santos, que se comunicavam mais com a Europa, e por conta das necessidades da navegação, fazendo com que os relojoeiros precisassem se dedicar mais à determinação e à conservação da hora (Mourão, 1980).

Buscando a padronização da hora, em 1884 foi realizada, em Washington, nos Estados Unidos, a Conferência Internacional do Meridiano, a fim de determinar um meridiano correspondente à longitude zero que seria utilizado como base para o estabelecimento de um horário universal. Nessa ocasião, foi proposta a adoção do Meridiano de Greenwich como o meridiano inicial (Ata da Conferência Internacional do Meridiano, 1884). Em contraponto, o representante da França propôs a adoção de um “meridiano neutro”, que não passaria por nenhum grande continente, a fim de que nenhum país tivesse alguma vantagem ou prestígio (Ata da Conferência Internacional do Meridiano, 1884). Com exceção do representante da República Dominicana, que votou negativamente, e dos representantes do Brasil e da França, que se abstiveram do voto, os demais representantes foram favoráveis à adoção do Meridiano de Greenwich como meridiano inicial (Ata da Conferência Internacional do Meridiano, 1884).

Na fotografia oficial da conferência, onde estão os participantes, é possível identificar duas pessoas que fenotípicamente saem do padrão dos demais. A única pessoa negra na foto é o representante do Reino do Hawaii, Luther Aholo (Ata da Conferência Internacional do Meridiano, 1884; Wikipedia, 2024). A pessoa asiática é o representante do Japão, Kikuchi Dairoku (Ata da Conferência Internacional do Meridiano, 1884; Wikipedia, 2021).

O Brasil foi convidado a participar dessa conferência (Morize, 2019). Nessa ocasião, ficou determinado que o Meridiano de Greenwich, que já era usado por muitos marinheiros como referência, seria o meridiano inicial (Morize, 2019; Nascimento, 2009; Rodrigues, 2012; Whitrow, 1993). Outra consequência do encontro foi a criação dos fusos horários, motivada pelos transtornos causados no sistema ferroviário pela diferença de horário entre as cidades de um mesmo país (Whitrow, 1993).

Contudo, essa medida não foi adotada de imediato por diversos países (Barroso Junior e Junqueira, 2014; Rodrigues, 2012). Apenas em 1913, através do Decreto nº 2.784 de 18 de junho, o Brasil adotou o Meridiano de Greenwich como meridiano inicial e teve seu território dividido em 4 fusos horários (Barroso Junior e Junqueira, 2014; Morize, 2019; Mourão, 1980; Nascimento, 2009; Rodrigues, 2012). Esse decreto só entrou em vigor no dia 1 de janeiro de 1914 (Barroso Junior; Junqueira, 2014) e, com isso, o Governo passou a controlar de maneira mais direta e efetiva a hora (Mourão, 1980). Também em 1913, o Decreto nº 10.546 regulamentou a Hora Legal Brasileira e atribuiu ao ON a tarefa de gerar, conservar e disseminá-la em todo o Brasil (Mourão, 1980; RODRIGUES, 2012).

Como não há obrigatoriedade na execução perfeita do sistema de fusos horários, os fusos horários podem ser ajustados de acordo com interesses regionais (Nascimento, 2009). Atualmente, o Brasil possui 4 fusos horários, são eles: -2h para os arquipélagos de São Pedro e São Paulo, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Martin Vaz e Trindade; -3h para o Alagoas, Amapá, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Sergipe e Tocantins; -4h para o Amazonas, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Roraima; e -5h para o Acre e oeste do Amazonas (Observatório Nacional, 2023). O ideal, é que os fusos horários respeitem a divisão dos estados, para que um único estado não possua dois horários (Mourão, 1980).

A Hora Civil é necessária para que o dia não mude durante as atividades financeiras, comerciais e industriais, o que poderia acarretar em diversos problemas (Oliveira Filho; Saraiva, 2022). Refere-se à posição média do Sol⁷ no céu local e não coincide com a hora solar verdadeira⁸, tendo em vista que a duração do dia solar não é constante e a Hora Civil é (Observatório Astronômico De Lisboa, c2015).

Até 1972 era utilizada a escala de tempo UT1, que se baseava na duração média da rotação da Terra (Observatório Astronômico De Lisboa, c2015). Contudo, a rotação da Terra possui algumas irregularidades, tais como: o movimento do polo afeta a longitude dos demais pontos na superfície terrestre, afetando também o ângulo horário do Sol e do ponto vernal,

⁷ O tempo solar médio é o ângulo medido sobre o equador partindo do meridiano local até o meridiano do Sol médio, que é um Sol fictício que se move ao longo do Equador celeste em velocidade angular constante, enquanto o Sol utilizado para o cálculo do tempo solar verdadeiro se move ao longo da eclíptica e não tem velocidade angular constante (Oliveira Filho; Saraiva, 2022).

⁸ O tempo solar verdadeiro refere-se ao ângulo medido sobre o equador partindo do meridiano local até o meridiano do Sol (Oliveira Filho; Saraiva, 2022).

que é a interseção entre o equador e a eclíptica⁹; a velocidade angular de rotação da Terra vem desacelerando devido ao atrito causado pela massa líquida da Terra, que tende a se alinhar com a Lua e o Sol por conta das marés, com a parte sólida e ao atrito do núcleo sólido com o manto; e as mudanças meteorológicas possivelmente também influenciam na desaceleração da velocidade de rotação da Terra (Oliveira Filho; Saraiva, 2022). Whitrow (1993) também aponta as mudanças sazonais da água presente na superfície da Terra, que alteram a velocidade de rotação do planeta, os processos que acontecem no núcleo da Terra e o atrito da maré em mares não tão profundos como irregularidades na rotação da Terra. Com o desenvolvimento dos relógios atômicos, a utilização da rotação da Terra como base tempo tornou-se obsoleta, pois quando utilizamos transições atômicas para gerar o segundo passamos a ter uma precisão e replicabilidade nunca antes alcançada.

Assim sendo, a escala UT1 foi substituída pelo Tempo Universal Coordenado (UTC), que se baseia no Tempo Atômico Internacional (TAI) e é utilizado como base para a determinação da Hora Legal de todos os países (Observatório Astronómico De Lisboa, c2015).

O TAI foi criado pelo Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), da França, e permite reunir informações de relógios atômicos de todo o mundo (Bohrer, 2015; Rodrigues, 2012). Trata-se de uma escala de tempo mais regular que aquela medida a partir da rotação da Terra, variando menos de 1 segundo a cada 3 milhões de anos (Oliveira Filho; Saraiva, 2022). Na figura 28 está o mapa com os laboratórios que contribuem para o TAI em 2024¹⁰.

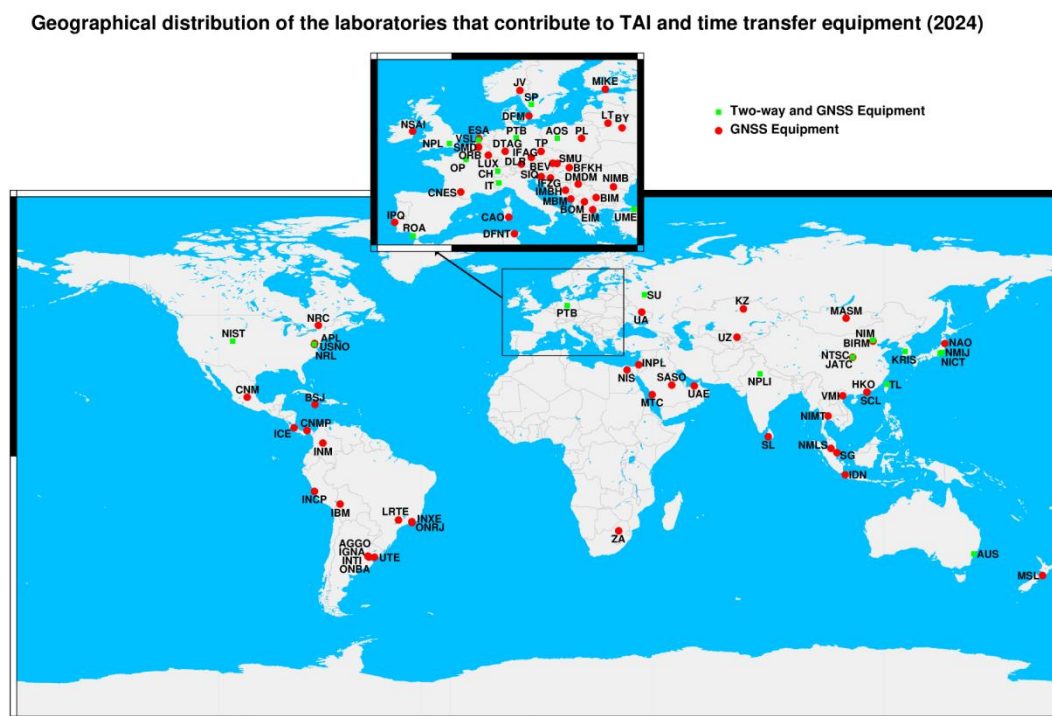


Figura 28: mapa com os laboratórios que contribuem para o TAI em 2024.

⁹ A eclíptica é o plano da órbita da Terra ao redor do Sol, e o intervalo de tempo entre duas passagens de sua interseção com o equador pelo meridiano local representa o dia sideral (Oliveira Filho; Saraiva, 2022).

¹⁰ O mapa está disponível em: <https://webtai.bipm.org/database/maps.html>. A lista com as informações dos laboratórios pode ser encontrada em <https://webtai.bipm.org/database/showlab.html>.

Os relógios atômicos podem ser utilizados na navegação, possibilitando localizar embarcações; nas telecomunicações, para obter a diferença precisa entre o transmissor e o receptor, que é necessária por conta da enorme quantidade de informação que é enviada por segundo; na indústria, para calibrar instrumentos que dependem de padrões de frequência; para calibrar osciladores de quartzo; para calibrar instrumentos e relógios públicos; e como instrumento de pesquisa.

Por não estar baseado no movimento aparente do Sol, o tempo atômico tende a se distanciar do tempo de rotação da Terra, principalmente ao considerar que o último vem diminuindo (Oliveira Filho; Saraiva, 2022). Assim sendo, para que o UTC se mantenha em concordância com a UT1, a International Telecommunication Union, da Agência das Nações Unidas, determinou que a diferença entre as escalas seja menor que 0,9 segundos (Observatório Astronómico De Lisboa, c2015). Para corrigir esse afastamento, a União Astronômica Internacional, juntamente com o International Earth Rotation Service, decidiram a inserção de um segundo no UTC quando necessário (Observatório Astronómico De Lisboa, c2015). Desde que passou a ser utilizado como escala de referência, foram inseridos 27 segundos no UTC, sendo a última vez em 1 de janeiro de 2017 (Observatório Astronómico De Lisboa, c2015).

Em 2022 foi divulgado que a inserção do segundo adicional chegará ao fim em 2035 (Observatório Nacional, 2022). A decisão se deu na Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) realizada em 18 de novembro de 2022 e que contou com a participação de representantes de diversos países (Observatório Nacional, 2022). Com isso, a diferença entre o UT1 e o UTC poderá ser mais de 1 segundo (Observatório Nacional, 2022). O principal motivo para acabar com a inserção do segundo adicional é que pode haver interrupções nos sistemas que se baseiam na cronometragem precisa, podendo causar estragos na era digital (Observatório Nacional, 2022). Contudo, poucas pessoas sentirão o efeito do final do segundo adicional (Observatório Nacional, 2022).

A precisão dos relógios atômicos é fundamental para a vida das pessoas, tendo em vista que é necessária para o funcionamento do GPS, da internet, de protocolos de comunicação, de protocolos de transações bancárias e dos sistemas de aviação, etc. (Bassallo, 2013). Com isso, em uma sociedade cada vez mais tecnológica, percebe-se a busca pela precisão a fim de atender suas demandas (Bassallo, 2013). Na tabela 1 é possível verificar as precisões necessárias no nosso dia a dia.






A PRECISÃO NECESSÁRIA NO DIA-A-DIA		
TIPO DE RELÓGIO	MARGEM DE ERRO	UTILIZAÇÃO
 OSCILADORES CONVENCIONAIS	Cerca de um segundo a cada dia	Relógios de pulso Relógios caseiros Redes de computadores Radar de polícia rodoviária Cronômetros esportivos
 RELÓGIO ATÔMICO CONVENCIONAL	Cerca de um segundo a cada três anos	Transmissão de rádio e TV Padrões de voltagem Astronomia convencional Sismologia
 RELÓGIO ATÔMICO APERFEIÇADO (cavidade longa de radiofrequência)	Cerca de um segundo a cada 3 mil anos	Sistema de telecomunicações Redes de telefonia Sistemas de navegação Comunicação codificada Padronização do comprimento Pesquisas espaciais
 RELÓGIO ATÔMICO DE ÁTOMOS FRIOS	Cerca de um segundo a cada 1 milhão de anos	Radioastronomia Navegação mais precisa Sistemas de posicionamento global Estudos geofísicos Estudos de ondas gravitacionais Padrões de tempo e frequências
	Cerca de um segundo a cada 3 bilhões de anos	Testes de teorias da gravitação Testes de teorias atômicas

Tabela 1: A precisão necessária no dia-a-dia¹¹

Outra aplicação da hora é o horário de verão, que parte do princípio de que como durante o verão o Sol nasce mais cedo, a luz do Sol será melhor aproveitada se os relógios forem adiantados (Observatório Nacional, 2021a). A viabilidade do horário de verão está relacionada com a posição geográfica, de forma que quanto mais afastado do Equador terrestre, mais longos serão os dias durante o verão e, assim sendo, será possível aproveitar melhor a luz solar (Nascimento, 2009). Essa ideia foi criada por Benjamin Franklin em 1784, a fim de aproveitar melhor a luz do Sol e economizar velas usadas na iluminação (Silvestrin, 2019). Contudo, apenas em 1907 a ideia foi levada a frente por William Willett, construtor e membro da Sociedade Astronômica Real, que começou uma campanha para a adoção do horário de verão na Inglaterra a fim de acabar com o desperdício da luz do Sol (Nascimento, 2009; Observatório Nacional, 2021a). Argumentava que com isso haveria mais tempo de lazer durante o dia e diminuiria a criminalidade e o consumo de luz artificial (Observatório Nacional, 2021a). Anos depois, no contexto da Primeira Guerra Mundial, a Alemanha foi o primeiro país a adotar o horário de verão, a fim de economizar energia elétrica e carvão, e foi seguido por diversos países europeus (Nascimento, 2009; Observatório Nacional, 2021a; Silvestrin, 2019). No Brasil, foi adotado pela primeira vez através do Decreto nº 20.466, de 1 de outubro de 1931 (Nascimento, 2009; Silvestrin, 2019). O horário de verão no Brasil foi instaurado e revogado algumas vezes, inclusive em apenas alguns estados, e o Serviço da Hora do ON era o responsável pela sua implantação (Steinhagen; Silva, 2002). A última alteração aconteceu em 2019, através do Decreto nº 9.772 de 23 de abril, que encerrou o horário de verão em todo o território nacional (Observatório Nacional, 2021a).

Desde sua ideia inicial, o horário de verão visa atrasar o acendimento da iluminação artificial, de forma a economizar, inicialmente, carvão e velas e, posteriormente, energia elétrica (Nascimento, 2009; Silvestrin, 2019). Mais recentemente, o horário de verão no Brasil tinha o objetivo de evitar a sobrecarga do Sistema Interligado Nacional (SIN), que é responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia (Lawson e Pereira e Weiss, 2017; Nascimento, 2009). Essa sobrecarga, que geralmente acontece nos horários de maior consumo, pode causar a interrupção no fornecimento de energia (Nascimento, 2009). A ideia era fazer com que as luzes fossem acesas mais tarde, evitando a sobreposição da demanda de energia pela iluminação pública e residencial com a demanda comercial e industrial, tendo em vista que ela só será necessária depois de encerrado o horário de trabalho da maioria das pessoas, reduzindo, assim, a demanda que o SIN precisa suprir (Lawson; Pereira; Weiss, 2017).

Antes, a iluminação artificial tinha grande participação na demanda total de energia, mas com a utilização de lâmpadas mais eficientes, tais como as de LED, essa demanda diminuiu (Lawson; Pereira; Weiss, 2017). A diminuição da demanda pela iluminação foi substituída pelo aumento da demanda pelos eletrodomésticos que consomem muita energia, tal como os aparelhos de ar condicionado, que passaram a ser mais utilizados devido ao aumento da temperatura (Lawson; Pereira; Weiss, 2017). Dessa forma, os efeitos do horário de verão visando a diminuição da demanda com o atraso do acendimento da iluminação artificial passou a ser menor (Lawson; Pereira; Weiss, 2017). Ainda assim, como o consumo de energia é maior durante o verão, principalmente no período do final da tarde e início da

¹¹ UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **O relógio atômico brasileiro**. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/pesquisahoje/cap3/defaultframebaixo.htm>. Acesso em: 22 mar. 2023.

noite, o horário de verão continua sendo viável para evitar sobrecargas no SIN (Lawson e Pereira e Weiss, 2017; Nascimento, 2009).

O horário de verão afeta a vida das pessoas de diferentes maneiras. Seu principal efeito, que é percebido pela maior parte da população, principalmente pelos que não são favoráveis a essa prática, está relacionado ao aspecto biológico. O início do horário de verão demanda adaptação do corpo humano às novas condições climáticas e temporais (Nascimento, 2009). Ainda que seja temporário, esse aspecto gera algumas consequências, tais como sonolência durante o dia, dificuldade para dormir à noite, alterações de humor e alterações nos hábitos alimentares (Nascimento, 2009; Silvestrin, 2019). Além disso, as alterações no sono durante os primeiros dias do horário de verão geram aumento na quantidade de acidentes de trânsito (Frischtak; Foguel; Canini, 2019). Outra desvantagem do horário de verão é o aumento da cibercriminalidade, tendo em vista que a falta de sincronização dos dispositivos eletrônicos pode gerar falhas de segurança (Silvestrin, 2019).

Contudo, ainda que os efeitos negativos do horário de verão não possam ser desconsiderados, essa prática tem uma série de vantagens. Do ponto de vista do melhor funcionamento do SIN, a diminuição da demanda de energia durante o período do horário de verão permite fazer manutenção nas instalações de geração e transmissão de energia, garantindo que esses equipamentos estejam em condições de uso em períodos do ano em que a demanda é mais alta; que o fornecimento de energia não seja tão afetado pelo mau funcionamento de alguns equipamentos; haver maior flexibilidade no controle da tensão transmitida, de forma que haja mais segurança em emergências, minimizando ou evitando o corte de carga; o maior armazenamento nos sistemas do SIN, que pode ser usado para suprir caso a demanda aumente inesperadamente em algum momento; que uma área utilize recursos de outras, trazendo maior flexibilidade para realizar manutenções e instalações de novos equipamentos para geração e transmissão de energia; e evitar que os recursos de controle de tensão se esgotem (Nascimento, 2009).

Do ponto de vista social, o aumento do tempo com iluminação natural nas ruas reduz os índices de roubo, homicídios e acidentes de trânsito (Frischtak; Foguel; Canini, 2019).

Já do ponto de vista econômico, o horário de verão permite evitar gastos para a construção de novos empreendimentos de geração e transmissão de energia, tendo em vista que com a diminuição da demanda, não será necessária (Nascimento, 2009; Silvestrin, 2019). Isso traz consequências tanto para a diminuição da tarifa paga pelo consumidor, já que não será necessário repassar o valor da construção nas contas de luz (Nascimento, 2009), quanto para o meio ambiente, já que não serão construídas novas usinas geradoras de energia que possuem alto impacto ambiental.

No Brasil, a maioria das usinas geradoras de energia são termelétricas e hidrelétricas¹² (Ministério de Minas e Energia, 2021), ambos tipos que geram impactos ambientais. As hidrelétricas causam o alagamento de áreas vizinhas; o aumento no nível dos rios; e modificações na fauna e na flora da região (Eletronuclear, [20–]). Já as termelétricas geram grande quantidade de poluentes, tais como gás carbônico, metano, óxidos de nitrogênio, enxofre, cinzas, entre outros, que contribuem para o aquecimento global e causam chuva ácida (Eletronuclear, [20–]).

Contudo, o Operador Nacional do Sistema (ONS), que coordena e controla a geração e a transmissão de energia elétrica no SIN, exige que as usinas gerem o máximo de energia, de forma que não há redução do consumo de combustível, mas sim o aumento na capacidade

¹² O Brasil também possui usinas eólicas, fotovoltaicas e termonucleares (Ministério de Minas e Energia, 2021).

de armazenamento de energia (Nascimento, 2009). Dessa forma, como o combustível para a geração de energia é utilizado na mesma quantidade durante o ano todo, o horário de verão não é uma prática que pode contribuir para a diminuição das mudanças climáticas.

Atualmente, a Divisão Serviço da Hora do Observatório Nacional ainda é responsável pela determinação e disseminação da Hora Legal Brasileira. Além disso, é responsável por calibrar tempo e frequência, difundir sinais horários, realizar o sincronismo de tempo (Rodrigues, 2012), coordenar a escala de tempo UTC(ONRJ) (Barroso Junior; Junqueira, 2014) e oferecer o Carimbo de Tempo. Tais serviços realizados pela DISHO estão disponíveis para serem utilizados pela sociedade e fazem parte do cotidiano das pessoas.

O serviço de calibração de instrumentos e equipamentos é oferecido para instituições e empresas. Já o serviço de sincronismo de tempo é disponibilizado gratuitamente para a população através de um *software* de computador e permite a sincronização do relógio do dispositivo com a Hora Legal Brasileira. Além disso, esse serviço também é utilizado pelo sistema financeiro, atendendo aos bancos, órgãos públicos, empresas de telecomunicação, bolsa de valores, bolsas de mercadorias, entre outros.

O serviço do Carimbo de Tempo é muito importante no contexto das relações comerciais que utilizam a hora como uma evidência de quando determinada transação foi efetuada. Com o avanço da tecnologia, os documentos em papel foram sendo substituídos por documentos eletrônicos, que são mais vulneráveis a ataques. Visando proteger as informações e a autoria desses documentos, surgiram os sistemas de criptografia e de infra-estruturas de chaves públicas. Contudo, por utilizarem a data e a hora gerada em fontes de tempo que podem ser modificadas sem que haja um controle em relação a isso, esse sistema não pode ser usado como evidência do instante de tempo no qual os documentos foram assinados. Nesse sentido, o Carimbo de Tempo certificado pela DISHO possibilita registrar os documentos digitais de maneira segura, autêntica e auditável, sendo o único instrumento nacional capaz de garantir a autenticidade da hora em que um documento digital foi gerado ou uma transação financeira em meio eletrônico foi realizada.

A difusão dos sinais horários é realizada através da hora falada por rádio-difusão, telefone¹³ e pela página na *web* da DISHO¹⁴. Nesse serviço, a hora é “anunciada por uma voz feminina começando com ‘Observatório Nacional’ seguido da hora corrente (hh:mm:ss) a cada 10s e com um beep curto cada segundo [...] e beep longo [...] nos 58°, 59° e 60° segundos”.

RECURSOS¹⁵

¹³ Número para acessar o serviço: (021) 3504-9265.

¹⁴ Disponível em: <http://pcdsh01.on.br/RadioDSHO.php>. Acesso em: 23 jan. 2023.

¹⁵ Os vídeos utilizados como recursos encontram-se na página “Aplicativos Digitais” do *website* do MAST. Disponível em: <https://www.gov.br/mast/pt-br/centrais-de-conteudo/aplicativos-digitais-1>.

Pêndulo de quartzo



Modelo didático tátil representando a passagem meridiana das estrelas



Globo terrestre ou modelo representando as linhas meridianas da Terra



Fotografias dos instrumentos utilizados para a determinação e disseminação da Hora Legal Brasileira



Vídeo apresentando o Laboratório de Tempo e Frequência da Divisão Serviço da Hora



Vídeo “O tempo, a história e os relógios”



Experimento com a luz ultravioleta para simular o fenômeno de fluorescência que ocorre no relógio atômico



Diapasão para simular a vibração do quartzo e geração de uma frequência padrão



ESTRUTURA DA ATIVIDADE PARA PÚBLICO DE VISITAÇÃO ESPONTÂNEA

O público de visitação espontânea tende a ser diversificado. Ainda assim, é possível tentar identificar o perfil desse público, visando compreender sua composição.

Trata-se de um público que possui maior autonomia sociocultural e geralmente é composto por grupos com laços sociais, tais como familiares e amigos (Mano *et al.*, 2022). Pesquisas realizadas no âmbito nacional e internacional evidenciam que há uma relação entre a visita a museus e determinados fatores, tais como o grau de escolaridade e o capital social, de forma que os museus são mais frequentados por pessoas com mais escolaridade e renda (Mano *et al.*, 2022). Além disso, de acordo com pesquisas, os brasileiros se interessam por C&T (Cazelli *et al.*, 2022), o que pode motivar as pessoas a visitarem o MAST.

Em pesquisa realizada em 2017, identificou-se que o público de visitação espontânea do MAST é, em sua maioria, composto por pessoas brancas; que estão na faixa etária de 40 a 59 anos; mulheres; com Ensino Médio completo; com renda de até 3 salários mínimos; e que exercem atividades remuneradas (Mano *et al.*, 2022; Cazelli *et al.*, 2022).

No âmbito da mesma pesquisa, foi identificado que predomina a visita de casais e grupos de amigos (Cazelli *et al.*, 2022), além da presença de pessoas acompanhadas por crianças, em sua maioria, de 0 a 6 anos de idade (Mano *et al.*, 2022). A maioria das pessoas estavam visitando o MAST pela primeira vez e a maior motivação para a visita foi a vontade de conhecer o museu (Mano *et al.*, 2022; Cazelli *et al.*, 2022).

O MAST recebe público de visitação espontânea em todos os dias de funcionamento, mas a maior frequência desse público é aos finais de semana, quando geralmente são realizadas atividades especificamente voltadas a ele.

1ª Parte: O que é o tempo? (aproximadamente 15 minutos)

Local: Auditório do prédio sede do MAST.

Nessa parte, deve estar sendo projetado o arquivo “Apresentação auditório Do céu ao célio”, que é composta pela arte da atividade e as maneiras de acessar a Hora Falada.

Antes de iniciar a visita, deve-se indicar que há um livro digital sobre a atividade, que conta brevemente a história do Serviço da Hora e apresenta os instrumentos que serão visitados. O livro pode ser acessado através do QR Code na página 1 da apresentação que está sendo projetada. Caso haja, neste momento devem ser distribuídos os marcadores de página com o QR Code de acesso ao material. Sugerir também que sigam os perfis do Museu de Astronomia (@museudeastronomia) e da COEDU (@masteducacao) no Instagram, também indicados na apresentação.

Sugere-se uma introdução visando problematizar o que é o tempo. Em uma conversa com o público, busca-se estimular questionamentos a respeito da necessidade de um país gerar e disseminar seu próprio tempo e a importância da Hora Legal na nossa sociedade e suas aplicações.

São as questões motivadoras para essa parte da visita: “O que é o tempo?”, “Qual é a importância do tempo em nossas vidas?”, “Onde nós usamos o tempo no nosso dia a dia?”, “Quais os meios nós usamos para medir o tempo?”, “Por que é necessário determinar e disseminar a hora?”. Por se tratar de uma parte introdutória, algumas dessas questões podem ser respondidas ao longo da visita.

2ª Parte: A geração e a disseminação da Hora Legal Brasileira atualmente (aproximadamente 15 minutos)

Local: Auditório do prédio sede do MAST.

Nesse momento, deve-se exibir o vídeo “O tempo, a história e os relógios”. No vídeo é apresentado um pouco da relação do homem com o tempo através da história, dando

destaque às relações de trabalho existentes na Idade Média, em que o homem trabalhava no campo e a nobreza e a igreja possuíam os relógios mais precisos, que eram os relógios de água. Mostra a importância da hora para se determinar a longitude, como isso foi fundamental para que as viagens náuticas se tornassem mais rápidas, o que também ajudou acelerar o processo de escravização e dilapidação de nossas riquezas e a melhoria no processo de cronometragem do tempo. Mencionamos como a Revolução Industrial mudou a relação do cidadão médio com o tempo, que por causa das relações de trabalho, viu cada minuto da vida passar a ser controlado. Esse processo de controle da vida ainda é sentido no nosso dia a dia.

Com a evolução tecnológica, a cronometragem do tempo passa a ter que medir intervalos cada vez menores, um exemplo são os satélites de geoposicionamento que necessitam medir diferenças de sinais da ordem 10^{-11} segundos, precisão inalcançável pelos relógios mecânicos. Somente com o entendimento da estrutura da matéria, os relógios modernos puderam atingir precisões dessa magnitude, fazendo do segundo a grandeza física mais precisa atualmente. Os relógios que são capazes de atingir essa precisão são os relógios de quartzo e atômico. Assim, a descrição do funcionamento desses relógios é mostrada no vídeo.

O relógio de quartzo, como mencionado acima, funciona devido ao formato estrutural do cristal, que lhe confere a propriedade de mudar de tamanho quando excitado por uma tensão elétrica. Se essa tensão aplicada varia com o tempo, essa mudança de tamanho faz com que o cristal vibre com uma frequência específica que não muda. Cristais de quartzo chegam a alcançar frequência de 100.000 hertz.

Ao falar sobre o relógio atômico, é necessário que o público conheça a estrutura atômica. O modelo apresentado é um modelo em que o átomo é constituído por um núcleo contendo prótons e nêutrons e ao redor do núcleo estão os elétrons, que ocupam lugares específicos em camadas ao redor do núcleo, como mostram as figuras 28 e 29.

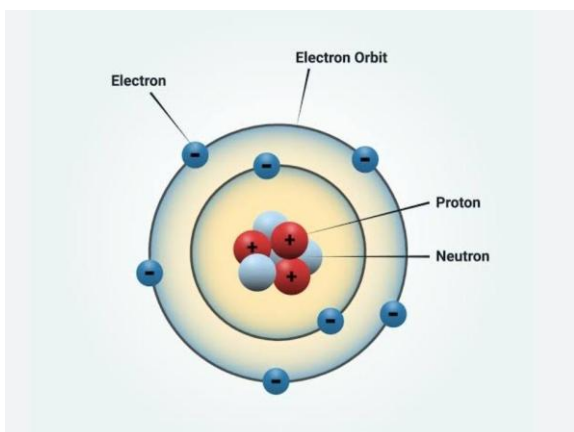


Figura 28: Exemplo de um átomo com o núcleo formado por prótons e nêutrons e os elétrons ao redor do núcleo distribuído em camada.

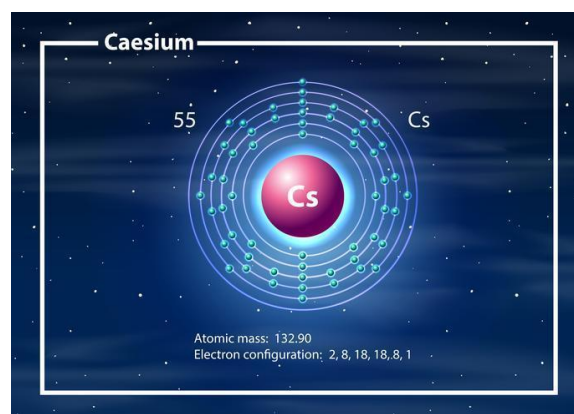


Figura 29: Exemplo do modelo de um átomo de césio em que seus elétrons aparecem distribuídos pelas várias camadas.

O posicionamento do elétron em uma camada está relacionado com uma determinada energia. Para que o elétron saia de uma camada e vá para uma camada mais externa, é necessário que ele receba uma energia específica. Ao chegar nessa camada mais externa, o elétron naturalmente tende a voltar para sua camada de origem e quando retorna ele emite

um fóton com energia específica. As figuras 30 e 31 mostram esse processo, que pode ser chamado de fluorescência. O relógio atômico de Césio emite fótons com frequência de 9.192.641.770 hertz.

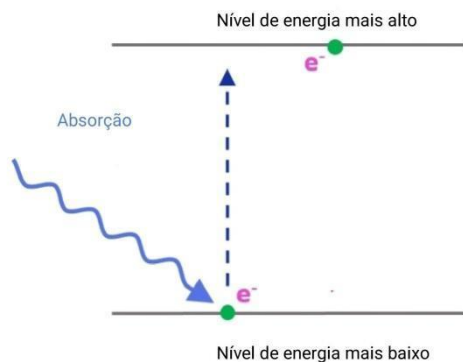


Figura 30: Elétron recebendo energia através de um fóton com energia específica que faz com que ele atinja a camada com energia mais alta.

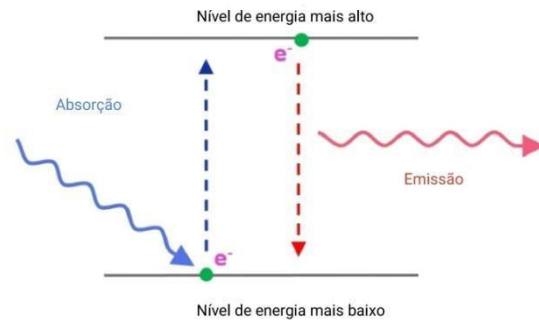


Figura 31: Processo de absorção do fóton em azul e, em vermelho, a volta do elétron para a camada de energia mais baixa, emitindo um fóton.

Logo após a exibição do vídeo, discutimos alguns dos pontos apresentados e retomamos a explicação da estrutura atômica da matéria, lembrando o processo de fluorescência e enfatizando também que o fóton é uma radiação eletromagnética e que no nosso dia a dia podemos encontrar vários tipos dessa radiação que se difere pela energia. Nesta etapa, fazemos várias perguntas relacionadas aos diferentes tipos de radiação, exemplo: "Quem já fez radiografia?", "Por que você fez esse exame?", "A pessoa que fez o exame ficou do seu lado?", "Quem aqui já ouviu música em um rádio?", "Você precisou se proteger para escutar o rádio?". Depois das várias questões, tentamos deixar claro que quando fazemos uma radiografia utilizamos uma radiação eletromagnética chamada raio X e que quando ouvimos música em um rádio, o rádio está recebendo uma radiação eletromagnética chamada onda de rádio. Esses dois tipos de onda eletromagnética se diferem pela energia. Quando você faz uma radiografia, essa radiação possui uma quantidade de energia considerável, então é necessário se proteger, já as ondas de rádio não são tão energéticas. Assim, pegamos o gancho para dizer que a luz é uma radiação eletromagnética que nossos olhos são capazes de detectar e discernir as várias tonalidades de cor.

Somente depois dessas discussões iniciamos o experimento com o público. No experimento, utilizamos uma lâmpada de radiação ultravioleta (também conhecida como luz negra), uma lâmpada de luz visível, papel pardo, papel branco e caneta fluorescente verde. A sequência do experimento é a seguinte:

- 1- Escreva algo no papel pardo com a caneta fluorescente (o papel camuflará a mensagem), antes de começar a atividade.
- 2- Apague as luzes.
- 3- Acenda a luz visível e pergunte qual a cor da lâmpada.
- 4- Ilumine o papel branco, pergunte qual a cor refletida pelo papel.
- 5- Faça o mesmo com o papel pardo.
- 6- Desligue a luz visível e acenda a luz de radiação ultravioleta e pergunte qual a cor da lâmpada.
- 7- Ilumine o papel branco, pergunte qual a cor refletida.

8- Ilumine o papel pardo e o público conseguirá ver a mensagem.

Em seguida, você começa a conversar com o público o porquê do fenômeno. Aborda-se que a última lâmpada apresentada emitiu radiação ultravioleta, que tem energia suficiente para excitar os elétrons da caneta fluorescente e que quando esses elétrons voltaram para seu estado fundamental, fótons foram emitidos e os nossos olhos foram capazes de detectar a tinta da caneta. Então é possível traçar um paralelo com o relógio atômico, dizendo que o mesmo acontece com o césio. Os elétrons são excitados e ao retornarem emitem uma radiação e dentro do relógio existe um detector dessa radiação que é capaz de contar as oscilações. Quando contam 9.192.641.770 pulsos, ele sabe que se passou 1 segundo.

O fenômeno de fluorescência é percebido em várias situações do cotidiano como em placas de sinais de trânsito, roupa de operários, lâmpada fluorescente, etc. As figuras 32 e 33 mostra alguns exemplos desse fenômeno no nosso dia a dia.



Figura 32: Lâmpada Fluorescente.



Figura 33: Placas de trânsito e coletes de gari são fabricados com material fluorescente.

Uma outra etapa da apresentação é abordar os métodos utilizados atualmente para a geração da Hora Legal Brasileira a partir das seguintes questões motivadoras: “O quão precisos são os métodos atuais?” e “Quais são os instrumentos utilizados atualmente no Serviço da Hora?”.

Aqui, aborda-se também os métodos de disseminação da Hora Legal Brasileira. Tem-se como questões motivadoras: “Como o ON dissemina a hora atualmente?” e “Quais instrumentos são utilizados hoje para a disseminação da Hora Legal Brasileira?”.

Após a conversa com o público, será exibido o vídeo no qual é apresentado o Laboratório Primário de Tempo e Frequência da Divisão Serviço da Hora, a fim de que o público conheça os instrumentos utilizados depois da modernização do Serviço da Hora, na década de 1950.

Após a exibição do vídeo, deve-se retornar à projeção da “Apresentação auditório Do céu ao césio”, onde há, na página 2, o número do telefone e o QR Code que direciona para o site da DISHO. Sugere-se ligar para o número de telefone que dissemina a hora ou acessar o site da DISHO, para que o público possa ouvir a hora em tempo real. Pode-se também estimular o público a fazer a ligação, enfatizando que apenas uma pessoa é atendida por vez.

3ª Parte: O Serviço da Hora do Observatório Nacional e o acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins (5 minutos)

Local: Auditório do prédio sede do MAST.

Continuando a parte introdutória da visita, busca-se contextualizar o local que será visitado e o assunto que será abordado. Propõe-se uma conversa sobre o Serviço da Hora do Observatório Nacional e sua relevância no contexto de criação da instituição, o

tombamento dos instrumentos que serão vistos durante a visita e a criação do MAST visando preservar esse patrimônio.

São as questões motivadoras: “Há relação entre a hora e a Astronomia?”, “Como fazemos para preservar os instrumentos utilizados pelo Observatório Nacional no Serviço da Hora?” e “Qual a importância de preservar esses instrumentos?”.

4ª Parte: A necessidade de padronizar a hora (10 minutos)

Local: Exposição Olhar o Céu, medir a Terra - sala “Um meridiano para todos” e sala “Instrumentos e medidas”.

Na sala “Um meridiano para todos”, propõe-se abordar as questões políticas e econômicas relacionadas à Hora Legal, ressaltando a necessidade de sua padronização a nível mundial com a Conferência Internacional do Meridiano. Sugere-se ressaltar que a referência do Meridiano Inicial é o Meridiano que passa na lente da luneta do Observatório de Greenwich, que está representada em uma das paredes dessa sala.

É relevante destacar a ausência de mulheres e a presença de apenas uma pessoa negra e uma asiática na Conferência, evidenciando a existência de um padrão na aparência de pessoas consideradas importantes na época: homens brancos.

As questões motivadoras para essa parte da visita são: “Por que é necessário haver uma Hora Legal no Brasil e no Mundo?”, “Qual a importância de haver uma conferência para padronizar a Hora Legal?”, “Por que os meridianos determinados não são linhas retas?” e “Por que alguns países possuem mais de um fuso horário?”.

Nessa parte da visita, pode-se utilizar o globo terrestre para mostrar o que são as linhas meridianas.

Propõe-se entrar pela saída da exposição, de forma a passar primeiro na sala “Um meridiano para todos” e depois na sala “Instrumentos e medidas”, onde se encontra a Luneta Meridiana de Dollond. Ao passar pelo instrumento, propõe-se abordar brevemente, como forma de introdução ao que será abordado nos pavilhões das lunetas meridianas, a utilização desse tipo de instrumento e o histórico dessa luneta.

5ª Parte: A determinação da hora (25 minutos)

Local: Reserva técnica visitável - Sala dos objetos da área de Medição do Tempo e Sala dos objetos das áreas de Eletricidade & Magnetismo, Geofísica, Óptica e Química. (15 minutos)

Nesta sala estão presentes as pêndulas, cronômetros, cronógrafos e um dos transmissores de sinais utilizados pelo Observatório Nacional para a determinação e disseminação da hora oficial brasileira. Propõe-se abordar os métodos utilizados pelo ON para determinar a hora e a importância desses instrumentos, que eram utilizados em conjunto. Deve-se estimular os visitantes a observar as características físicas dos instrumentos e debater sobre elas, de forma que percebam a diferença dos instrumentos utilizados pelo ON em relação aos presentes nas casas das pessoas. Além disso, propõe-se abordar a história e o funcionamento dos instrumentos.

Nesse momento, pode-se utilizar um pêndulo como recurso para exemplificar o funcionamento dos instrumentos.

Questões motivadoras: “Quão antigos são esses objetos?”, “Como esses objetos funcionam?”, “O quão precisos esses instrumentos são?”, “Quais as principais características desses instrumentos?” e “Como esses instrumentos eram utilizados pelo Observatório Nacional?”.

Na Sala dos objetos das áreas de Eletricidade & Magnetismo, Geofísica, Óptica e Química, está exposto um relógio de quartzo. Nesse momento, aborda-se a necessidade de invenção desse tipo de relógio e a dificuldade em utilizá-lo como padrão de tempo.

Para entendermos o funcionamento do relógio de quartzo, utilizamos o diapásão (figura 34). Para que a analogia faça sentido, retomamos o que foi discutido na sala anterior, em que foi mostrado que conforme a pêndula balança ela gera o segundo. No relógio de quartzo, o que gera o segundo também é uma vibração, mas agora é a vibração do cristal. Diferente da pêndula, que a cada segundo a pêndula balança 1 vez, no relógio de quartzo ele vibra 100.000 vezes por segundo. Dizemos aos visitantes que cada cristal de quartzo vibra com uma frequência, dependendo do seu formato, tamanho e o modo como foi cortado e que a frequência é sempre a mesma. Após essa explicação, utilizamos o diapásão como uma analogia. Mostramos o instrumento ao público e explicamos que ele é utilizado geralmente para afinar instrumentos musicais. Ao ser excitado, ele emite sempre a mesma frequência, ou seja, sempre a mesma nota musical. Com o quartzo acontece a mesma coisa quando aplicamos uma voltagem alternada no cristal, de forma que ele vibra sempre com a mesma frequência. Assim, dentro desses relógios existe um dispositivo capaz de contar sua vibração para gerar o segundo. Se o cristal vibrar 100.000 vezes, o detector saberá que se passou 1 segundo. Ao excitar o diapásão, o público poderá perceber que ele emite sempre o mesmo som. A figura 35 mostra o cristal de quartzo sendo excitado.



Figura 34: Diapasão

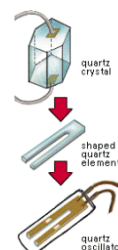


Figura 35: Cristal de Quartzo sendo excitado. A construção do oscilador de quartzo tem uma forma parecida com o diapásão.

Nessa parte da visita, deve-se mostrar as fotografias do interior do relógio de quartzo que está exposto.

Local: Campus - pavilhões das lunetas meridianas. (10 minutos)

No *campus* compartilhado pelo MAST e pelo ON há três pavilhões que abrigam lunetas meridianas utilizadas no Serviço da Hora: o primeiro abriga a Luneta Meridiana Zenital, o segundo a Luneta Meridiana Acotovelada Askania e o terceiro a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

Inicialmente, propõe-se estimular os visitantes a perceber os detalhes da construção desses pavilhões a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são essas

construções?”, “Qual a função dessas construções?”, “Quais são as particularidades desse tipo de pavilhão e o que eles têm de diferente em relação aos outros pavilhões do *campus*?” e “Quais os motivos dessas diferenças?”.

Depois de exploradas as construções, parte-se para a exploração dos instrumentos a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são esses instrumentos?”, “Para que servem esses instrumentos?”, “Quais são as particularidades desse tipo de instrumento?” e “O quão precisos são esses instrumentos?”. Propõe-se também abordar a trajetória dos instrumentos. Sugere-se destacar a atuação de Yeda Veiga Ferraz Pereira, a primeira e única astrônoma brasileira nas décadas de 40 e 50, no Serviço da Hora e na utilização da Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

Nesse momento, pode ser necessário utilizar um banquinho ou plataforma para que crianças e pessoas baixas possam observar o interior das construções.

Sugere-se abordar a presença das miras alinhadas aos pavilhões, que serviam para a calibração dos instrumentos no momento de preparação para as observações.

Nessa parte da visita, deve-se utilizar o modelo didático tátil representando passagem meridiana de estrelas para exemplificar o funcionamento das lunetas meridianas e mostrar as fotografias dos instrumentos e do pavilhão com o teto aberto.

Como percebemos que, quando os visitantes vêem esses instrumentos, esperam observar o céu através deles, e pela impossibilidade de utilizar esses instrumentos com essa finalidade, esse momento é o ideal para divulgar o Programa de Observação do Céu. Dessa forma, o público pode participar da atividade.

6ª Parte: A Disseminação da Hora Legal Brasileira (7 minutos)

Local: campus - Torre da hora (5 minutos)

Propõe-se abordar como era feita a disseminação da hora antes da popularização dos demais meios de disseminação. Para esse momento, tem-se como questões motivadoras: “Como era feita a disseminação da Hora Legal antigamente?” e “Quem fazia uso do sinal do Balão da Hora e do sinal luminoso emitido na torre?”. É relevante abordar também a trajetória da torre e mostrar a fotografia da torre no terraço da sede do Morro do Castelo.

Local: campus - Antena de ondas curtas (2 minutos)

Propõe-se abordar a disseminação da Hora Legal Brasileira a partir das ondas de rádio. São as questões motivadoras para esse momento: “Qual a necessidade de informar a hora para toda a população?” e “Como era disseminada a Hora Legal para todo o Brasil antigamente?”.

7ª Parte: Mais precisão: os círculos meridianos (15 minutos)

Local: campus - Pavilhão do Círculo Meridiano de Gautier

Nesse pavilhão há dois círculos meridianos utilizados pelo ON: o Círculo Meridiano de Gautier e o Círculo Meridiano de Heyde. Aqui, aborda-se o Círculo Meridiano de Gautier.

Novamente, propõe-se estimular os visitantes a perceber os detalhes da construção deste pavilhão. Tem-se como questão motivadora: “o que esse pavilhão tem de diferente dos pavilhões das lunetas meridianas?”.

Depois de exploradas a construção, parte-se para a exploração dos instrumentos a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são esses instrumentos?”, “Para que servem esses instrumentos?”, “Quais são as particularidades desse tipo de instrumento?” e “O quão precisos são esses instrumentos?”. Propõe-se também abordar a trajetória dos instrumentos.

Deve-se mostrar ao público as fotografias do instrumento em seu contexto de utilização e com a trapeira aberta.

Nesse momento, deve-se abordar também o processo de restauração do instrumento e de reabilitação do pavilhão a partir das seguintes questões motivadoras: "Esse pavilhão tem abertura, igual aos pavilhões das lunetas meridianas?", "Qual a importância de preservar esses instrumentos?", "Vocês conseguem perceber elementos que evidenciam o processo de conservação do instrumento e do pavilhão?".

Além dos círculos meridianos, o pavilhão abriga o Cronógrafo impressor da The Gaertner Scientific Corporation, que foi utilizado em conjunto com o Círculo Meridiano de Gautier. Propõe-se, nesse momento, abordar também esse instrumento e sua função no contexto do Serviço da Hora.

8ª Parte: Espaços destinados ao Serviço da Hora (5 minutos)

Local: Pavilhão Dr. Luiz Cruls (2 minutos)

Abordar a história e a necessidade da construção deste espaço a partir das seguintes questões motivadoras: "Quais são as necessidades e especificidades de um espaço destinado a abrigar os instrumentos utilizados pelo Serviço da Hora?", "Quais os instrumentos que ficavam abrigados nesse pavilhão?" e "Qual a sua função hoje?".

Nesse momento, pode-se mostrar fotografias do interior deste prédio no período em que era utilizado no Serviço da Hora.

Local: Prédio Carlos Lacombe (3 minutos)

Propõe-se abordar brevemente a construção de um novo prédio para abrigar a Divisão Serviço da Hora.

Após isso, finalizar a atividade lembrando da programação do MAST e convidando o público a participar de outras atividades e a retornar ao MAST.

ESTRUTURA DA ATIVIDADE PARA PÚBLICO DE VISITAÇÃO ESCOLAR

Nos museus, o público escolar é o mais frequente (Marandino, 2008). As ações educativas realizadas nas instituições museais contribuem com a escola para o desenvolvimento dos alunos nas esferas intelectual, afetiva, cognitiva, motora, entre outras; para que os alunos internalizem os conhecimentos aprendidos na escola; e para estimular a criatividade, a autonomia e a curiosidade dos alunos, tendo em vista que são espaços que permitem que eles acessem os ambientes de maneira livre e autônoma (Arabe, 2022). Na parceria do museu com a escola, espera-se que os alunos desenvolvam atitudes positivas e se interessem em visitar museus de forma autônoma (Marandino, 2008).

Levando em consideração que uma visita escolar ao museu é bem sucedida quando gera reflexões que continuam depois da visita, de forma a estimular os estudantes a saber mais sobre os assuntos abordados, a Visita Escolar Programada (VEP)¹⁶ realizada pelo MAST busca sensibilizar o professor para a atuação em conjunto do museu e da escola e possibilitar que as discussões da visita permaneçam por mais tempo na vida dos estudantes (Requeijo *et al.*, 2009).

A atividade aqui descrita aborda assuntos relacionados aos conteúdos escolares. Portanto, é importante ter em mente os conteúdos já trabalhados com os alunos pelos

¹⁶ No MAST, as VEPs acontecem de terça à sexta-feira e para a realização da visita, é necessário agendamento prévio através de e-mail (agendamento@mast.br) ou telefone (21 3514-5243).

professores. Além disso, os educadores de museus devem compreender os objetivos e as necessidades das escolas quando estas visitam os museus (Marandino, 2008). Contudo, deve-se tomar cuidado para não escolarizar a visita (Arabe, 2022).

Nesse sentido, a VEP não se limita a transferir conteúdos científicos, mas busca evidenciar seus contextos histórico e cultural e suas relações e influências no cotidiano das pessoas, além de ressaltar como a ciência pode contribuir na formação de uma concepção de mundo e do lugar que vivemos (Requeijo *et al.*, 2009). Além disso, busca-se valorizar o conhecimento prévio dos alunos, independente de qual é o tipo desse conhecimento (Requeijo *et al.*, 2009).

1. Ensino Fundamental I

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, os alunos do Ensino Fundamental devem ter acesso aos conhecimentos científicos e aos processos, práticas e procedimentos da produção científica (Brasil, [2017?]). Nessa fase escolar, os alunos devem saber como realizar e utilizar o processo de produção científica em seu cotidiano (Brasil, [2017?]). Além disso, deve-se estimular os alunos dos anos iniciais a observem o céu e os fenômenos celestes, a fim de permitir que eles identifiquem fenômenos e regularidades que deram ao seres humanos de diferentes culturas autonomia na agricultura, na conquista de novos territórios, na elaboração de calendários, etc. (Brasil, [2017?]).

Assuntos relacionados ao tempo já aparecem no conteúdo do 1º ano, quando espera-se que os alunos adquiram as habilidades de identificar diferentes escalas de tempo, tais como os períodos da manhã, tarde e noite e a sucessão de dias, semanas, meses e anos. Além disso, espera-se que possam compreender como essas escalas de tempo orientam as atividades dos seres humanos e de outros seres vivos (Brasil, [2017?]). Assim sendo, quando o público da atividade for composto por alunos do 1º ano do Ensino Fundamental, pode-se dar maior destaque para esses assuntos, a fim de relacionar o conteúdo abordado na visita com o conteúdo abordado na escola.

No 2º ano, os alunos estudam o movimento aparente do Sol, a fim de desenvolver a habilidade de perceber a relação entre a posição do Sol e os horários do dia (Brasil, [2017?]). Assim sendo, pode-se abordar a escala de tempo UT1, que é baseada na duração da rotação da Terra, e os motivos que fizeram com que ela deixasse de ser utilizada.

No 3º ano, os alunos estudam a observação do céu, a fim de desenvolver a habilidade de identificar os períodos em que os astros estão visíveis no céu (Brasil, [2017?]). Nesse sentido, pode-se fazer uma introdução sobre a relação entre a Astronomia e a geração da hora.

No 4º ano, os alunos estudam os calendários, os fenômenos cíclicos e a cultura, desenvolvendo a habilidade de relacionar os movimentos cíclicos dos astros com os períodos de tempo (Brasil, [2017?]). Pode-se, portanto, abordar com mais detalhes a relação entre a Astronomia e a geração da hora, enfatizando o método da observação astronômica, o primeiro utilizado pelo ON para a realização desse serviço. Pode-se abordar, também, a maneira com que as diferentes culturas compreendem o tempo.

No 5º ano, os alunos estudam as constelações e os mapas celestes, a fim de adquirir a habilidade de identificar algumas constelações no céu e os períodos do ano em que elas estão visíveis (Brasil, [2017?]). Assim sendo, pode-se enfatizar a utilização dos instrumentos meridianos para a construção das cartas celestes. Nesse período, os alunos estudam também o movimento de rotação da Terra, a fim de desenvolver a habilidade de relacionar o movimento dos astros no céu ao movimento de rotação da Terra (Brasil, [2017?]), de forma que pode-se abordar a relação entre a Astronomia e a geração do tempo. Estudam ainda os

instrumentos óticos, a fim de desenvolver a habilidade de projetar e construir esses objetos (Brasil, [2017?]). Dessa forma, é possível abordar os instrumentos visitados mais detalhadamente, destacando algumas de suas características, aspectos de construção e formas de uso.

1ª Parte: O Serviço da Hora do Observatório Nacional e o acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins (5 minutos)

Local: Escadaria do prédio sede.

Continuando a parte introdutória da visita, busca-se contextualizar o local que será visitado e o assunto que será abordado. Propõe-se uma conversa sobre o Serviço da Hora do Observatório Nacional e sua relevância no contexto de criação da instituição, o tombamento dos instrumentos que serão vistos durante a visita e a criação do MAST visando preservar esse patrimônio.

São as questões motivadoras: “Há relação entre a hora e a Astronomia?”, “Como fazemos para preservar os instrumentos utilizados pelo Observatório Nacional no Serviço da Hora?” e “Qual a importância de preservar esses instrumentos?”.

2ª Parte: O relógio de Sol (5 minutos)

Local: Fachada do pavilhão da Luneta Equatorial de 32 cm.

Nessa parte, os alunos poderão ver de perto o relógio de Sol presente na fachada do pavilhão da Luneta 32.

Deve-se abordar os tipos de relógio e o funcionamento do relógio de Sol a partir das seguintes questões motivadoras: “Vocês conhecem esse tipo de relógio?”, “Sabem como ele funciona?” e “Quais outros tipos de relógio vocês conhecem?”.

3ª Parte: A determinação da hora (10 minutos)

Local: *Campus* - pavilhões das lunetas meridianas.

No *campus* compartilhado pelo MAST e pelo ON há três pavilhões que abrigam lunetas meridianas utilizadas no Serviço da Hora: o primeiro abriga a Luneta Meridiana Zenital, o segundo a Luneta Meridiana Acotovelada Askania e o terceiro a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

Inicialmente, propõe-se estimular os visitantes a perceber os detalhes da construção desses pavilhões a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são essas construções?”, “Qual a função dessas construções?”, “Quais são as particularidades desse tipo de pavilhão e o que eles têm de diferente em relação aos outros pavilhões do *campus*?” e “Quais os motivos dessas diferenças?”.

Depois de exploradas as construções, parte-se para a exploração dos instrumentos a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são esses instrumentos?”, “Para que servem esses instrumentos?”, “Quais são as particularidades desse tipo de instrumento?” e “O quão precisos são esses instrumentos?”. Propõe-se também abordar a trajetória dos instrumentos. Sugere-se destacar a atuação de Yeda Veiga Ferraz Pereira, a primeira e única astrônoma brasileira nas décadas de 40 e 50, no Serviço da Hora e na utilização da Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

Nesse momento, pode ser necessário utilizar um banquinho ou plataforma para que crianças e pessoas baixas possam observar o interior das construções.

Sugere-se abordar a presença das miras alinhadas aos pavilhões, que serviam para a calibração dos instrumentos no momento de preparação para as observações.

Nessa parte da visita, deve-se utilizar o modelo didático tátil representando passagem meridiana de estrelas para exemplificar o funcionamento das lunetas meridianas e mostrar as fotografias dos instrumentos e do pavilhão com o teto aberto.

Como percebemos que, quando os visitantes vêem esses instrumentos, esperam observar o céu através deles, e pela impossibilidade de utilizar esses instrumentos com essa finalidade, esse momento é o ideal para divulgar o Programa de Observação do Céu. Dessa forma, o público pode participar da atividade.

4ª Parte: A Disseminação da Hora Legal Brasileira (5 minutos)

Local: campus - Torre da hora

Propõe-se abordar como era feita a disseminação da hora antes da popularização dos demais meios de disseminação. Para esse momento, tem-se como questões motivadoras: “Como era feita a disseminação da Hora Legal antigamente?” e “Quem fazia uso do sinal do Balão da Hora e do sinal luminoso emitido na torre?”. É relevante abordar também a trajetória da torre e mostrar a fotografia da torre no terraço da sede do Morro do Castelo.

5ª Parte: Mais precisão: os círculos meridianos (15 minutos)

Local: campus - Pavilhão do Círculo Meridiano de Gautier

Nesse pavilhão há dois círculos meridianos utilizados pelo ON: o Círculo Meridiano de Gautier e o Círculo Meridiano de Heyde. Aqui, aborda-se o Círculo Meridiano de Gautier.

Novamente, propõe-se estimular os visitantes a perceber os detalhes da construção deste pavilhão. Tem-se como questão motivadora: “o que esse pavilhão tem de diferente dos pavilhões das lunetas meridianas?”.

Depois de exploradas a construção, parte-se para a exploração dos instrumentos a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são esses instrumentos?”, “Para que servem esses instrumentos?”, “Quais são as particularidades desse tipo de instrumento?” e “O quão precisos são esses instrumentos?”. Propõe-se também abordar a trajetória dos instrumentos.

Deve-se mostrar ao público as fotografias do instrumento em seu contexto de utilização e com a trapeira aberta.

Nesse momento, deve-se abordar também o processo de restauração do instrumento e de reabilitação do pavilhão a partir das seguintes questões motivadoras: “Esse pavilhão tem abertura, igual aos pavilhões das lunetas meridianas?”, “Qual a importância de preservar esses instrumentos?”, “Vocês conseguem perceber elementos que evidenciam o processo de conservação do instrumento e do pavilhão?”.

Além dos círculos meridianos, o pavilhão abriga o Cronógrafo impressor da The Gaertner Scientific Corporation, que foi utilizado em conjunto com o Círculo Meridiano de Gautier. Propõe-se, nesse momento, abordar também esse instrumento e sua função no contexto do Serviço da Hora.

6ª Parte: Espaços destinados ao Serviço da Hora (32 minutos)

Local: Pavilhão Dr. Luiz Cruls (2 minutos)

Abordar a história e a necessidade da construção deste espaço a partir das seguintes questões motivadoras: “Quais são as necessidades e especificidades de um espaço destinado a abrigar os instrumentos utilizados pelo Serviço da Hora?”, “Quais os instrumentos que ficavam abrigados nesse pavilhão?” e “Qual a sua função hoje?”.

Nesse momento, pode-se mostrar fotografias do interior deste prédio no período em que era utilizado no Serviço da Hora.

Local: Prédio Carlos Lacombe (30 minutos)

Propõe-se abordar brevemente a construção de um novo prédio para abrigar a Divisão Serviço da Hora (DISHO).

Nesse momento, o público pode visitar o interior do prédio e conhecer o Laboratório Primário de Tempo e Frequência. Para isso, é necessário agendamento prévio via e-mail tati@on.br ou telefone (21) 3504-9137.

Dependendo da quantidade de alunos, vai ser necessário dividir a turma. Enquanto um grupo entra no Laboratório, o(s) outro(s) podem conhecer o hall da DISHO e os instrumentos que lá se encontram. Podem também aproveitar o momento para descansar, beber água e/ou ir ao banheiro.

A visita no Laboratório Primário de Tempo e Frequência é mediada por um técnico da DISHO, que apresenta os equipamentos e o serviço que é realizado.

2. Ensino Fundamental II e Ensino Médio

No 8º ano do Ensino Fundamental II, os alunos estudam as fontes e tipos de energia, de forma a desenvolver habilidades de identificar e classificar diferentes fontes e tipos de energia, e o uso consciente de energia elétrica, desenvolvendo habilidade de propor ações coletivas visando otimizar o uso de energia elétrica e identificar e avaliar as semelhanças e diferenças entre as usinas de geração de energia elétrica e seus impactos socioambientais (Brasil, [2017?]). A partir disso, deve-se, no âmbito desta atividade, abordar com mais detalhes o Horário de Verão, enquanto um serviço que era realizado pelo ON, e seus impactos na sociedade e no meio ambiente. Nesse período, os alunos estudam também a Revolução Industrial e seus impactos, adquirindo a habilidade de analisar de que forma a Revolução Industrial impactou as culturas (Brasil, [2017?]). Assim sendo, pode-se abordar as mudanças das concepções de tempo após a Revolução Industrial e seus impactos no meio ambiente.

No 9º ano, os alunos estudam as radiações, desenvolvendo a habilidade de analisar os mecanismos envolvidos na transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram a comunicação humana (Brasil, [2017?]). Para um grupo nessa fase escolar, pode-se abordar com mais detalhes os métodos de transmissão da Hora Legal Brasileira.

As atividades voltadas para esse público devem estimular as esferas emocional, social, intelectual e física (Stuart, 2005). São importantes para despertar interesse pela ciência; apresentar o método científico como ferramenta para resolver problemas cotidianos; colocar a carreira científica como uma das possibilidades de profissão; e capacitar para tomar decisões melhor fundamentadas e formar cidadãos conscientes do papel que desempenham na sociedade, consciência que permite despertar a vontade pela mudança e, assim, possibilitar transformações sociais (Fundação Oswaldo Cruz, 2021).

Para a mediação com esse tipo de público, a linguagem deve ser compreensível e possibilitar despertar o interesse pelo assunto (Fundação Oswaldo Cruz, 2021). Pode-se utilizar metáforas, analogias e ilustrações e relacionar o assunto com o cotidiano (Fundação Oswaldo Cruz, 2021). Pode-se também utilizar conceitos, tendo em vista que contribui para aumentar o vocabulário, mas é importante explicá-los de forma simples, para que seja possível a compreensão (Fundação Oswaldo Cruz, 2021).

Para o Ensino Médio, a Base Nacional Comum Curricular, no Ensino Médio orienta dar maior ênfase ao processo de produção científica (Brasil, [2017?]). Entre as competências específicas a serem adquiridas pelos alunos nessa fase escolar, está

analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (Brasil, [2017?], p. 554).

Para isso, entre outras coisas, pode-se estimular os estudos sobre os princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento, desenvolvendo a habilidade de analisar transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de energia e movimento, a fim de prever seus comportamentos no dia a dia (Brasil, [2017?]). Nesse sentido, na atividade aqui descrita pode-se enfatizar o princípio do funcionamento dos relógios de pêndulo. Nessa etapa, os alunos estudam também o desenvolvimento e o aprimoramento de tecnologias de obtenção de energia elétrica, de forma a adquirir a habilidade de avaliar tecnologias e soluções para a geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica considerando diversos fatores, tais como “a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais” (Brasil, [2017?], p. 555). Nesse sentido, deve-se abordar com mais detalhes o Horário de Verão, enquanto um serviço que era realizado pelo ON, e seus impactos na sociedade e no meio ambiente.

Para a mediação com o público escolar de Ensino Médio, deve-se utilizar linguagem apropriada para adolescentes, sem a necessidade de ser muito formal; buscar compreender seus interesses; e pode-se abordar as controvérsias científicas, já que adolescentes gostam de questionar autoridade e o sistema (Fundação Oswaldo Cruz, 2021).

1ª Parte: O Serviço da Hora do Observatório Nacional e o acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins (5 minutos)

Local: Escadaria do prédio sede.

Continuando a parte introdutória da visita, busca-se contextualizar o local que será visitado e o assunto que será abordado. Propõe-se uma conversa sobre o Serviço da Hora do Observatório Nacional e sua relevância no contexto de criação da instituição, o tombamento dos instrumentos que serão vistos durante a visita e a criação do MAST visando preservar esse patrimônio.

São as questões motivadoras: “Há relação entre a hora e a Astronomia?”, “Como fazemos para preservar os instrumentos utilizados pelo Observatório Nacional no Serviço da Hora?” e “Qual a importância de preservar esses instrumentos?”.

2ª Parte: A necessidade de padronizar a hora (10 minutos)

Local: Exposição Olhar o Céu, medir a Terra - sala “Um meridiano para todos” e sala “Instrumentos e medidas”.

Na sala “Um meridiano para todos”, propõe-se abordar as questões políticas e econômicas relacionadas à Hora Legal, ressaltando a necessidade de sua padronização a nível mundial com a Conferência Internacional do Meridiano. Sugere-se ressaltar que a referência do Meridiano Inicial é o Meridiano que passa na lente da luneta do Observatório de Greenwich, que está representada em uma das paredes dessa sala.

É relevante destacar a ausência de mulheres e a presença de apenas uma pessoa negra e uma asiática na Conferência, evidenciando a existência de um padrão na aparência de pessoas consideradas importantes na época: homens brancos.

As questões motivadoras para essa parte da visita são: “Por que é necessário haver uma Hora Legal no Brasil e no Mundo?”, “Qual a importância de haver uma conferência para

padronizar a Hora Legal?”, “Por que os meridianos determinados não são linhas retas?” e “Por que alguns países possuem mais de um fuso horário?”.

Nessa parte da visita, pode-se utilizar o globo terrestre para mostrar o que são as linhas meridianas.

Propõe-se entrar pela saída da exposição, de forma a passar primeiro na sala “Um meridiano para todos” e depois na sala “Instrumentos e medidas”, onde se encontra a Luneta Meridiana de Dollond. Ao passar pelo instrumento, propõe-se abordar brevemente, como forma de introdução ao que será abordado nos pavilhões das lunetas meridianas, a utilização desse tipo de instrumento e o histórico dessa luneta.

3ª Parte: A determinação da hora (25 minutos)

Local: Reserva técnica visitável - Sala dos objetos da área de Medição do Tempo e Sala dos objetos das áreas de Eletricidade & Magnetismo, Geofísica, Óptica e Química. (15 minutos)

Nesta sala estão presentes as pêndulas, cronômetros, cronógrafos e um dos transmissores de sinais utilizados pelo Observatório Nacional para a determinação e disseminação da hora oficial brasileira. Propõe-se abordar os métodos utilizados pelo ON para determinar a hora e a importância desses instrumentos, que eram utilizados em conjunto. Deve-se estimular os visitantes a observar as características físicas dos instrumentos e debater sobre elas, de forma que percebam a diferença dos instrumentos utilizados pelo ON em relação aos presentes nas casas das pessoas. Além disso, propõe-se abordar a história e o funcionamento dos instrumentos.

Nesse momento, pode-se utilizar um pêndulo como recurso para exemplificar o funcionamento dos instrumentos.

Questões motivadoras: “Quão antigos são esses objetos?”, “Como esses objetos funcionam?”, “O quão precisos esses instrumentos são?”, “Quais as principais características desses instrumentos?” e “Como esses instrumentos eram utilizados pelo Observatório Nacional?”.

Na Sala dos objetos das áreas de Eletricidade & Magnetismo, Geofísica, Óptica e Química, está exposto um relógio de quartzo. Nesse momento, aborda-se a necessidade de invenção desse tipo de relógio e a dificuldade em utilizá-lo como padrão de tempo.

Para entendermos o funcionamento do relógio de quartzo, utilizamos o diapasão (figura 34). Para que a analogia faça sentido, retomamos o que foi discutido na sala anterior, em que foi mostrado que conforme a pêndula balança ela gera o segundo. No relógio de quartzo, o que gera o segundo também é uma vibração, mas agora é a vibração do cristal. Diferente da pêndula, que a cada segundo a pêndula balança 1 vez, no relógio de quartzo ele vibra 100.000 vezes por segundo. Dizemos aos visitantes que cada cristal de quartzo vibra com uma frequência, dependendo do seu formato, tamanho e o modo como foi cortado e que a frequência é sempre a mesma. Após essa explicação, utilizamos o diapasão como uma analogia. Mostramos o instrumento ao público e explicamos que ele é utilizado geralmente para afinar instrumentos musicais. Ao ser excitado, ele emite sempre a mesma frequência, ou seja, sempre a mesma nota musical. Com o quartzo acontece a mesma coisa quando aplicamos uma voltagem alternada no cristal, de forma que ele vibra sempre com a mesma frequência. Assim, dentro desses relógios existe um dispositivo capaz de contar sua vibração para gerar o segundo. Se o cristal vibrar 100.000 vezes, o detector saberá que se passou 1 segundo. Ao excitar o diapasão, o público poderá perceber que ele emite sempre o mesmo som. A figura 35 mostra o cristal de quartzo sendo excitado.



Figura 34: Diapasão

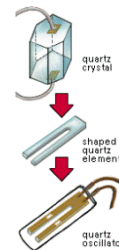


Figura 35: Cristal de Quartzo sendo excitado. A construção do oscilador de quartzo tem uma forma parecida com o diapasão.

Nessa parte da visita, deve-se mostrar as fotografias do interior do relógio de quartzo que está exposto.

Local: Campus - pavilhões das lunetas meridianas. (10 minutos)

No *campus* compartilhado pelo MAST e pelo ON há três pavilhões que abrigam lunetas meridianas utilizadas no Serviço da Hora: o primeiro abriga a Luneta Meridiana Zenital, o segundo a Luneta Meridiana Acotovelada Askania e o terceiro a Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

Inicialmente, propõe-se estimular os visitantes a perceber os detalhes da construção desses pavilhões a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são essas construções?”, “Qual a função dessas construções?”, “Quais são as particularidades desse tipo de pavilhão e o que eles têm de diferente em relação aos outros pavilhões do *campus*?” e “Quais os motivos dessas diferenças?”.

Depois de exploradas as construções, parte-se para a exploração dos instrumentos a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são esses instrumentos?”, “Para que servem esses instrumentos?”, “Quais são as particularidades desse tipo de instrumento?” e “O quão precisos são esses instrumentos?”. Propõe-se também abordar a trajetória dos instrumentos. Sugere-se destacar a atuação de Yeda Veiga Ferraz Pereira, a primeira e única astrônoma brasileira nas décadas de 40 e 50, no Serviço da Hora e na utilização da Luneta Meridiana Acotovelada Bamberg.

Nesse momento, pode ser necessário utilizar um banquinho ou plataforma para que crianças e pessoas baixas possam observar o interior das construções.

Sugere-se abordar a presença das miras alinhadas aos pavilhões, que serviam para a calibração dos instrumentos no momento de preparação para as observações.

Nessa parte da visita, deve-se utilizar o modelo didático tátil representando passagem meridiana de estrelas para exemplificar o funcionamento das lunetas meridianas e mostrar as fotografias dos instrumentos e do pavilhão com o teto aberto.

Como percebemos que, quando os visitantes vêem esses instrumentos, esperam observar o céu através deles, e pela impossibilidade de utilizar esses instrumentos com essa finalidade, esse momento é o ideal para divulgar o Programa de Observação do Céu. Dessa forma, o público pode participar da atividade.

4ª Parte: A Disseminação da Hora Legal Brasileira (7 minutos)

Local: campus - Torre da hora (5 minutos)

Propõe-se abordar como era feita a disseminação da hora antes da popularização dos demais meios de disseminação. Para esse momento, tem-se como questões motivadoras: “Como era feita a disseminação da Hora Legal antigamente?” e “Quem fazia uso do sinal do Balão da Hora e do sinal luminoso emitido na torre?”. É relevante abordar também a trajetória da torre e mostrar a fotografia da torre no terraço da sede do Morro do Castelo.

Local: campus - Antena de ondas curtas (2 minutos)

Propõe-se abordar a disseminação da Hora Legal Brasileira a partir das ondas de rádio. São as questões motivadoras para esse momento: “Qual a necessidade de informar a hora para toda a população?” e “Como era disseminada a Hora Legal para todo o Brasil antigamente?”.

5ª Parte: Mais precisão: os círculos meridianos (15 minutos)

Local: campus - Pavilhão do Círculo Meridiano de Gautier

Nesse pavilhão há dois círculos meridianos utilizados pelo ON: o Círculo Meridiano de Gautier e o Círculo Meridiano de Heyde. Aqui, aborda-se o Círculo Meridiano de Gautier.

Novamente, propõe-se estimular os visitantes a perceber os detalhes da construção deste pavilhão. Tem-se como questão motivadora: “o que esse pavilhão tem de diferente dos pavilhões das lunetas meridianas?”.

Depois de exploradas a construção, parte-se para a exploração dos instrumentos a partir das seguintes questões motivadoras: “O que são esses instrumentos?”, “Para que servem esses instrumentos?”, “Quais são as particularidades desse tipo de instrumento?” e “O quão precisos são esses instrumentos?”. Propõe-se também abordar a trajetória dos instrumentos.

Deve-se mostrar ao público as fotografias do instrumento em seu contexto de utilização e com a trapeira aberta.

Nesse momento, deve-se abordar também o processo de restauração do instrumento e de reabilitação do pavilhão a partir das seguintes questões motivadoras: “Esse pavilhão tem abertura, igual aos pavilhões das lunetas meridianas?”, “Qual a importância de preservar esses instrumentos?”, “Vocês conseguem perceber elementos que evidenciam o processo de conservação do instrumento e do pavilhão?”.

Além dos círculos meridianos, o pavilhão abriga o Cronógrafo impressor da The Gaertner Scientific Corporation, que foi utilizado em conjunto com o Círculo Meridiano de Gautier. Propõe-se, nesse momento, abordar também esse instrumento e sua função no contexto do Serviço da Hora.

6ª Parte: Espaços destinados ao Serviço da Hora (5 minutos)

Local: Pavilhão Dr. Luiz Cruls (2 minutos)

Abordar a história e a necessidade da construção deste espaço a partir das seguintes questões motivadoras: “Quais são as necessidades e especificidades de um espaço destinado a abrigar os instrumentos utilizados pelo Serviço da Hora?”, “Quais os instrumentos que ficavam abrigados nesse pavilhão?” e “Qual a sua função hoje?”.

Nesse momento, pode-se mostrar fotografias do interior deste prédio no período em que era utilizado no Serviço da Hora.

Local: Prédio Carlos Lacombe (3 minutos)

Propõe-se abordar brevemente a construção de um novo prédio para abrigar a Divisão Serviço da Hora.

Após isso, finalizar a atividade lembrando da programação do MAST e convidando o público a participar de outras atividades e a retornar ao MAST.

Nesse momento, o público pode visitar o interior do prédio e conhecer o Laboratório Primário de Tempo e Frequência. Para isso, é necessário agendamento prévio via e-mail tati@on.br ou telefone (21) 3504-9137.

Dependendo da quantidade de alunos, vai ser necessário dividir a turma. Enquanto um grupo entra no Laboratório, o(s) outro(s) podem conhecer o hall da DISHO e os instrumentos que lá se encontram. Podem também aproveitar o momento para descansar, beber água e/ou ir ao banheiro.

A visita no Laboratório Primário de Tempo e Frequência é mediada por um técnico da DISHO, que apresenta os equipamentos e o serviço que é realizado.

REFERÊNCIAS

AIDAR, Gabriela. Acessibilidade e ações educativas inclusivas em museus: a experiência da Pinacoteca de São Paulo. In: ROCHA, Jessica Norberto (org.). **Acessibilidade em museus e centros de ciências**: experiências, estudos e desafios. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 87-99. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 29 jul. 2021.

AIDAR, Gabriela. Acessibilidade em Museus: ideias e práticas em construção. **Revista Docência e Cibercultura**, Rio de Janeiro, v. 3, n, 2, p. 155-175, maio/ago. 2019. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/re-doc/article/view/39810>. Acesso em: 03 ago. 2021.

ALVES, Márcia Cristina. A construção do novo Observatório do Rio de Janeiro. In: ALVES, Márcia Cristina. **O eclétismo na construção do novo Observatório Nacional no início do século XX**. Orientadora: Sonia Gomes Pereira. 2009. 313 f. Dissertação (Mestrado em História e Crítica da Arte) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Belas Artes/PPGAV, Rio de Janeiro, 2009.

ARQUIVO CENTRAL DO IPHAN. Processo de tombamento 1009-T-79.

Ata da Conferência Internacional do Meridiano, 1884. Disponível em: <https://www.gutenberg.org/files/17759/17759-h/17759-h.htm>. Acesso em: 04 dez. 2024.

BARROSO JUNIOR, Jair; JUNQUEIRA, Selma. O Serviço da Hora do Observatório Nacional. In: MATSUURA, Oscar T. (org.). **História da Astronomia no Brasil**: Volume I. Recife: Cepe, 2014. p. 300-331. Disponível em: http://site.mast.br/HAB2013/historia_astronomia_1.pdf. Acesso em: 24 set. 2019.

BASSALLO, Taysa. **Construindo estratégias para abordar a medida do tempo em um museu de Ciências**. 2013. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Instituto de Física Armando Dias Tavares, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

BENNETT, Jim. Instrumentação da astronomia no século XVIII. *In*: ANDRADE, Ana Maria Ribeiro de (org.). **Caminho para as estrelas**: reflexões em um museu. Rio de Janeiro, Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2007.

BERNARDINO, Leonardo Gomes; OLIVEIRA, Felipe Santos de; MORAES JÚNIOR, Rui de. O papel da emoção na percepção de tempo: uma revisão sistemática. **Psicologia em Pesquisa**, Juiz de Fora, v. 14, n. 3, 206-230, set.-dez. 2020. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-12472020000300013. Acesso em: 16 mar. 2023.

BOHRER, Renata da Silva. Observando o MAST. **Portal InforMAST**, set. 2015. Disponível em: http://site.mast.br/informast_mensal/2015/setembro/observando_mast.html. Acesso em: 16 nov. 2022.

BONI, Victor Hugo Fros. **O conceito de tempo de acordo com a idade, sexo e escolaridade**. 2020. Dissertação (Mestrado em Psiquiatria e Ciências do Comportamento) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/223188>. Acesso em: 16 mar. 2023.

BORBA, Andreilcy Alvino; LIMA, Herlander da Mata Fernandes. Exclusão e inclusão social nas sociedades modernas: um olhar sobre a situação em Portugal e na União Europeia. *Serviço Social & Sociedade*, n. 106, p. 219-240, abr./jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ssoc/a/m9myrdnWWqsDjph5WRsRHym/?lang=pt>. Acesso em: 06 jun. 2021.

BRANDÃO, Odílio Ferreira. **Os meus 40 Anos de Observatório Nacional**. ed. digital. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, c2017. Disponível em: http://www.mast.br/images/pdf/publicacoes_do_mast/livro_os_meus_40_anos_de_on.pdf. Acesso em 24 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.904, de 14 de janeiro de 2009. Institui o Estatuto de Museus e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/l11904.htm. Acesso em 28 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. Acesso em: 24 fev. 2023.

Cady, W. G., "Piezo-Electric Resonator," **U. S. Patent** 1,450,246, issue date April 3, 1923.

CAMARGO, Camila Guidini. As intempéries do tempo: a emblemática espera e os desafios da pesquisa. *In*: CAMARGO, Camila Guidini. **Diálogos e/ou monólogos interculturais quando da presença indígena na universidade**. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, 2014. f. 23-45. Disponível em: https://ppgedu.fw.uri.br/storage/siteda4b9237baccdf19c0760cab7aec4a8359010b0/dissertacoes/discente8/arq_1620320527.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

CASTRO, Aline Rocha de Souza Ferreira de; SANTOS, Damiani Daniel Silva de Oliveira dos; BARBOSA, Priscyla Gonçalves Ferreira; FONSECA, Tatiana de Castro Barros da; PEREIRA, Daniel Monteiro; ROSÁRIO, Nathally de Almeida; DIOGO, Marcia Cezar; ARACRI, Eveline Milani Romeiro Pereira; SILVA, Adriana Vicente. Caminhos para uma divulgação científica acessível no Museu da Geodiversidade (lgeo/UFRJ). Acessibilidade

cultural para pessoas com deficiência intelectual. *In*: ROCHA, Jessica Norberto.

Acessibilidade em museus e centros de ciências: experiências, estudos e desafios. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 126-139. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e_centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

CAZELLI, Sibeles; DAHMOUCHE, Mônica Santos; MANO, Sonia; COSTA, Andrea Fernandes; GOMES, Isabel; DAMICO, Sergio. Conhecer para contar: o público de museus de ciência do Rio de Janeiro. **Museologia e Patrimônio**, v. 15, n. 2, p. 379-408. 2022.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/366383018_Conhecer_para_contar_o_publico_de_museus_de_ciencia_do_Rio_de_Janeiro. Acesso em: 07 jun. 2023.

CAZELLI, Sibeles; QUEIROZ, Glória; ALVES, Fátima; FALCÃO, Douglas; VALENTE, Maria Esther; GOUVÊA, Guaracira; COLINVAUX, Dominique. Tendências pedagógicas das exposições de um museu de ciência. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2., 1999, Valinhos. **Atas** [...]. Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências - ABRAPEC, 1999. Disponível em:

<https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/iienpec/Dados/trabalhos/G48.pdf>.

Acesso em: 28 abr. 2023.

DÉBARBAT, Suzanne. **The meridian telescope**, 2013. Disponível em:

<https://www.observatoiredeparis.psl.eu/the-meridian-telescope.html?lang=en>. Acesso em: 06 dez. 2022.

Eletronuclear. **Fontes de energia**, [20-]. Disponível em:

<https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/espaco-do-conhecimento/Paginas/Fontes-de-Energia.aspx#>. Acesso em: 12 jan. 2023.

FALCÃO, Douglas. Instrumentos científicos em museus – em busca de uma pedagogia de exibição. *In*: VALENTE, Maria Esther Alvarez (org.). **Museus de Ciência e Tecnologia:** interpretações e ações dirigidas ao público. Rio de Janeiro: MAST, 2007. p.125-130.

FAP NEWS. **Observatório Nacional moderniza relógio atômico e eleva precisão da Hora Legal Brasileira**, 2025. Disponível em:

<https://fapnews.com.br/noticias/tecnologia/observatorio-nacional-moderniza-relogio-atomico-e-eleva-precisao-da-hora-legal-brasileira/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

FERREIRA, Márcia Pinheiro; GRANATO, Marcus. A luneta de Bamberg no Museu de Astronomia e Ciências Afins. **Midas**, n. 8, 2017. Disponível em:

<https://journals.openedition.org/midas/1184>. Acesso em: 14 jan. 2023.

FREITAS, Denise de; OVIGLI, Daniel Fernando Bovolenta. Os saberes da mediação humana em centros de ciência e a formação inicial de professores. **Ensino Em Re-Vista**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2013. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/download/23213/12756>. Acesso em: 31 out. 2022.

FRISCHTAK, Cláudio; FOGUEL, Miguel Nathan; CANINI, Renata Viveiros Arruda de Moraes. O efeito do horário de verão nos índices de violência: evidências internacionais e nacionais, e para o estado e município do Rio de Janeiro. **Inter.B**, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<https://interb.com.br/o-efeito-do-horario-de-verao-nos-indices-de-violencia-evidencias-internacionais-e-nacionais-e-para-o-estado-e-municipio-do-rio-de-janeiro/>.

Acesso em: 12 jan. 2023.

GILBERT, John K. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, n. 2, p. 115-130, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225956969_Models_and_Modelling_Routes_to_More_Authentic_Science_Education. Acesso em: 23 set. 2022.

GONZÁLEZ, Alberto Casas. A física moderna sugere que o tempo não avança e pode ser só uma ilusão. **The Conversation**, 11 jun. 2024. Disponível em: <https://theconversation.com/a-fisica-moderna-sugere-que-o-tempo-nao-avanca-e-pode-ser-so-uma-ilusao-232134>. Acesso em: 17 jun. 2024.

GRANATO, Marcus; COSTA, Ive Luciana Coelho da; MARTINS, Antonio Carlos de Souza; REIS, Durval Costa; SUZUKI, Cristiane. Restauração do círculo meridiano de Gautier e reabilitação do pavilhão correspondente - Museu de Astronomia e Ciências Afins. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 319-357, jul./dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/anaismp/a/Hp9GCJxsPhhZbcvN9NF5Qrb/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 01 nov. 2022.

GUERRA, Paula. Da exclusão social à inclusão social: eixos de uma mudança paradigmática. *Revista Angolana de Sociologia*, n. 10, p. 91-110, 2012. Disponível em: <https://journals.openedition.org/ras/257>. Acesso em: 04 jun. 2021.

Horton, Joseph. W., & Marrison, Warren A. **Precise determination of frequency**. *Proceedings of the IRE*, 16(2), 137-154, 1928.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MUSEUS. Política Nacional de Educação Museal. Brasília: IBRAM, [2017]. Disponível em: <https://www.gov.br/museus/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/relatorios-e-documentos/politica-nacional-de-educacao-museal-2013-pnem>. Acesso em: 28 fev. 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMÔNIO CULTURAL. Sede do Observatório Nacional, [1987?]. Disponível em: http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens_tombados/detalhar/337. Acesso em: 10 jan. 2023.

KATZIR, Shaul. The discovery of the piezoelectric effect. In: **The beginnings of piezoelectricity: a study in mundane physics**. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 15-64, 2006.

LAWSON, André; PEREIRA, Guilherme; WEISS, Mariana. Horário de verão: uma polêmica histórica. **Caderno Opinião**, [S.l.], out. 2017. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/19287>. Acesso em: 12 jan. 2023.

DE LIMA, Mauro Vieira. Redefinição do Segundo e disseminação de relógios ópticos. **Revista da Sbfoton**, v. 5, dez. 2024. Disponível em: <https://revista.sbfoton.org.br/wp-content/uploads/2024/06/Art-4-Vol-4.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

LOMBARDI, Michael A. The evolution of time measurement, Part 2: quartz clocks [Recalibration]. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 14, n. 5, p. 41-48, 2011.

LOMBARDI, Michael A. The evolution of time measurement, Part 4: the atomic second [Recalibration]. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 15, n. 1, p. 47-51, 2012.

LOPES, Thayan da Silva; SIQUEIRA, Andréa Espinola de; SILVA, Magui Aparecida Vallim da; CRUZ, Wailã de Souza; LIMA, Flavia Pedroza; GUEDES, Leandro Lage dos Santos. Fundação Planetário e Museu do Universo: rumos da acessibilidade. *In*: ROCHA, Jessica Norberto. **Acessibilidade em museus e centros de ciências**: experiências, estudos e desafios. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 182-196. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

LOUREIRO, Maria Lucia de Niemeyer Matheus. Artefatos que ancoram memórias: relatos sobre duas cientistas brasileiras. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 24., 2024, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: UFES, 2024. Disponível em: <https://enancib.ancib.org/index.php/enancib/xxivenancib/paper/viewFile/2315/1677>. Acesso em: 19 set. 2025.

LOUREIRO, Maria Lucia de Niemeyer Matheus. Mapeando objetos musealizados: uma abordagem experimental no Museu de Astronomia e Ciências Afins. *In*: RIBEIRO, Emanuela Sousa; ARAÚJO, Bruno Melo de; GRANATO, Marcus (org.). **Cadernos do patrimônio da ciência e tecnologia**: epistemologia e políticas. Recife: Ed. UFPE, 2020. Disponível em: <https://editora.ufpe.br/books/catalog/book/6#:~:text=A%20Cole%C3%A7%C3%A3o%20Cadernos%20do%20Patrim%C3%B4nio%20de%20Ci%C3%A7%C3%A2ncia%20e,Patrim%C3%B4nio%20Cultural%20da%20Ci%C3%A7%C3%A2ncia%20e%20da%20Tecnologia%20%28PCC%26T%29>. Acesso em 16 mar. 2023.

LOUREIRO, Maria Lucia de Niemeyer Matheus; NETTO, Carlos Xavier de Azevedo; LOUREIRO, José Mauro Matheus; CASCARDO, Ana Beatriz Soares. Objeto, tempo e memória: reflexões a partir de uma luneta. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 16., 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: UFPB, 2015. Disponível em: <http://www.ufpb.br/evento/index.php/enancib2015/enancib2015/paper/viewFile/2781/1245>. Acesso em: 11 jan. 2023.

LUZ, Sabina Ferreira Alexandre. Um Retrato do Tempo: A Presença da Hora no Cenário Carioca do Início do Século XX. *In*: MAUAD, Ana Maria. **Fotograficamente Rio, a cidade e seus temas**. Niterói: PPGHistória-LABHOI-UFF/FAPERJ, 2016. p. 38-67. Disponível em: https://www.academia.edu/34159695/Um_retrato_do_tempo_a_presenca_da_hora_no_cenario_carioca_do_inicio_do_sculo_XX?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page. Acesso em: 26 out. 2022.

MACHADO, Rodrigo da Rocha; MODESTO, Filipe de Brito Fratte; ROITBERG, Nathalia Winkelmann. Geociências no contexto da deficiência visual. **Acessibilidade em museus e centros de ciências**: experiências, estudos e desafios. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 388-401. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

MANO, Sonia; CAZELLI, Sibeles; DAHMOUCHE, Mônica Santos; COSTA, Andréa Fernandes; DAMICO, José Sergio. Museus de ciência e seus visitantes no início do século XXI: estudo longitudinal da visita espontânea de cinco instituições da cidade do Rio de Janeiro. **Anais do Museu Paulista**, São Paulo, v. 30, p. 1-48, 2022. Nova Série. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/183990>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MANSKE, Luisa Pereira; DIAS, Maria Sara de Lima. A tecnologia e o controle do tempo nas dinâmicas de trabalho: da Revolução Industrial ao Neoliberalismo. **Redes: Revista de**

Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, [S.l.], v. 26, n. 51, 2021. Disponível em: <https://revistaredes.unq.edu.ar/index.php/redes/article/view/45>. Acesso em: 08 fev. 2023.

MARANDINO, Martha (org.). **Educação em Museus: mediação em foco**. São Paulo: Geenf/FEUSP, 2008. Disponível em: <http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wp-content/uploads/2012/10/MediacaoemFoco.pdf>. Acesso em: 23 set. 2022.

MARANDINO, Martha; IANELLI, Isabela Tacito. Modelos de educação em ciência em museus: análise da visita orientada. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 01, p. 17-33, jan./abr. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/DXhB5vwTbc5p4STKLJKbnkK/>. Acesso em: 04 maio 2023.

MARQUES, Suzana Camillo. **Biografia do Cronógrafo de Breguet**. Enviado pela autora em 18 maio 2024.

MARQUES, Suzana Camillo. **Biografia da Luneta Meridiana de Dollond**. Enviado pela autora em 21 out. 2024.

MATOS, Claudia Sá Rego; CHAMUSCA, Caroline; VALIATE, Larissa; FALCÃO, Douglas. Instrumentos científicos históricos do MAST e mediação on-line: um relato de experiência de ações de educação museal em contexto pandêmico. **Revista Docência e Cibercultura**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 4, p. 214-233, set./dez. 2022. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/re-doc/article/view/64541>. Acesso em: 25 set. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Geração e Energia Elétrica**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/energia-eletrica/energia-1/geracao-e-energia-eletrica>. Acesso em: 12 jan. 2023.

MONTEIRO, Felipe Vieira. Rios em movimento: fomentando a acessibilidade no Museu da Vida. *In*: ROCHA, Jessica Norberto. **Acessibilidade em museus e centros de ciências: experiências, estudos e desafios**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 347-362. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

MORIZE, Henrique. **Observatório Astronômico: Um Século de História (1827-1927)**. ed. digital. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2019. 179 p. Disponível em: http://www.mast.br/images/pdf/publicacoes_do_mast/observatorio_astronomico_henrique_morize.pdf. Acesso em: 12 mar. 2020.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica**. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 1987. Disponível em: http://servidor.demec.ufpr.br/CFD/bibliografia/1987_Mourao%20-%20Dicionario%20Enciclopedico%20de%20Astronomia%20e%20Astronautica.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Hora Legal no Brasil**. Feira de Santana: Observatório Astronômico Antares, 1980. Disponível em: <http://acervoastronomico.org/acervo/OBSERVATORIOANTARES/ANTARES-ContCient-n15-11-1980.pdf>. Acesso em: 05 maio 2023.

MULLER, Stella Torres. **Padrão de frequência compacto**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Imagens da Ciência:** o acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins, c2010. Disponível em:
<https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/5733>. Acesso em: 22 fev. 2024.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 1993/0034 a, b, c, d. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1993/0034%20a,%20b,%20c,%20d&nome_obj=Luneta%20Meridiana. Acesso em: 01 dez. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 1993/0129 a. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1993/0129%20a&nome_obj=Luneta%20Zenital. Acesso em: 29 nov. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 1993/0130 a, b, c, d, e, f, g, h. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1993/0130%20a,%20b,%20c,%20d,%20e,%20f,%20g,%20h&nome_obj=Luneta%20Meridiana%20Acotovelada. Acesso em: 29 nov. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 1993/0132 a, b, c, d, e, f, g. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1993/0132%20a,%20b,%20c,%20d,%20e,%20f,%20g&nome_obj=Luneta%20Meridiana%20Acotovelada. Acesso em: 30 nov. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 1994/0381a, b, c, d, e, f, g, h. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1994/0381a,%20b,%20c,%20d,%20e,%20f,%20g,%20h&nome_obj=Cron%F3grafo%20impressor. Acesso em: 10 jun. 2024.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:**1996/0572 a, b, c, d, e, f, g. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1996/0572%20a,%20b,%20c,%20d,%20e,%20f,%20g&nome_obj=P%EAndula%20a%20v%E1cuo. Acesso em: 01 dez. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:**1996/0575 a. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1996/0575%20a&nome_obj=P%EAndula%20a%20v%E1cuo. Acesso em: 01 dez. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:**1999/1212 a, b. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1999/1212%20a,%20b&nome_obj=Transmissor%20autom%E1tico%20de%20sinais%20hor%E1rios. Acesso em: 01 dez. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:**1999/1213 a, b, c, d. Disponível em:
http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=1999/1213%20a,%20b,%20c,%20d&nome_obj=Transmissor%20autom%E1tico%20de%20sinais%20hor%E1rios. Acesso em: 01 dez. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 2018/2526 a, b, c. Disponível em: http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=2018/2526%20a,%20b,%20c&nome_obj=C%EDrculo%20Meridiano. Acesso em: 30 nov. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS. **Informações do documento:** 2011/1942. Disponível em: http://site.mast.br/bases/sgm_consulta/telas/consulta/detalhe_consulta.asp?ID=2011/1942&nome_obj=C%EDrculo%20Meridiano%20de%20Gauthier. Acesso em: 01 dez. 2022.

NASCIMENTO, Iuri Ferreira. **Horário de verão:** um estudo de caso brasileiro. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/1366>. Acesso em: 23 out. 2022.

NASCIMENTO, Silvania Sousa do. Museus, ciência, tecnologia e sociedade: um desafio de gerações. In: VALENTE, Maria Esther Alvarez (org.). **Museus de Ciência e Tecnologia:** interpretações e ações dirigidas ao público. Rio de Janeiro: MAST, 2007. p. 47-55.

OBSERVANDO o MAST. **Portal Informast**, abr. 2015a. Disponível em: http://site.mast.br/informast_mensal/2015/abril/observando_mast.html. Acesso em: 18 jan. 2023.

OBSERVANDO o MAST. **Portal Informast**, ago. 2015b. Disponível em: http://site.mast.br/informast_mensal/2015/agosto/observando_mast.html. Acesso em: 18 jan. 2023.

OBSERVATÓRIO ABRAHÃO DE MORAES. **Círculo Meridiano**, 2011. Disponível em: <http://www.observatorio.iag.usp.br/index.php/mppesq/mpcirculo.html>. Acesso em: 23 nov. 2022.

OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE LISBOA. **O Tempo Universal Coordenado (UTC)**, c2015. Disponível em: <http://oal.ul.pt/hora-legal/tempo-universal-coordenado/>. Acesso em: 08 nov. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Calibração**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/MenuCalibracao.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Carimbo de Tempo à HLB - Rede de Carimbo de Tempo (ReTemp/HLB)**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/ReTempHLB.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Difusão da Hora por Linha Privada**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/DifusaoHoraLinhaPrivada.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Equipamentos Geradores da Hora Falada**. Disponível em: <http://pcdsh01.on.br/EqpHorFald.htm>. Acesso em: 05 dez. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Hora Falada**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/HoraFalada.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Rádio-Difusão de Sinais Horários**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/RadioDifusaoSinaisHorarios.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Sincronismo Certificado à HLB - Rede de Sincronismo (ReSinc/HLB)**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/ReSincHLB.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Sincronismo Público**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/SincronismoPublico.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Telefone Dedicado para Difusão da Hora**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/TelefoneDedicadoDifusaoHora.html>. Acesso em: 20 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Decisão tomada**: chega ao fim o segundo adicional em relógios! Rio de Janeiro, 25 nov. 2022. Facebook: observatorionacional. Disponível em: <https://www.facebook.com/observatorionacional/posts/452690803714345>. Acesso em: 29 nov. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Horário de Verão, 2021a**. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br/assuntos/areas-de-atuacao/tempo-e-frequencia/horario-de-verao>. Acesso em: 23 out. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Os relógios e sua evolução**. Disponível em: <http://www.horalegalbrasil.mct.on.br/histrelog1.htm>. Acesso em: 28 mar. 2023.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). **Padrões Nacionais de Tempo, 2021b**. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br/assuntos/areas-de-atuacao/tempo-e-frequencia/padrees-nacionais-de-tf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

OBSERVATÓRIO NACIONAL (BRASIL). **Rádio DISHO/ON, 2023**. Disponível em: <http://pcdsh01.on.br/RadioDSHO.php>. Acesso em: 23 jan. 2023.

OPTICAL CLOCKS: The Future of Time, 2025. Disponível em: <https://www.nist.gov/atomic-clocks/how-atomic-clocks-work/optical-clocks-future-time>. Acesso em: 10 de Set. 2025.

OLIVEIRA, Adão. Sistema de de medidas de tempo e atividades econômicas. *In*: OLIVEIRA, Adão. **Etnomatemática dos Taliáseri**: Medidores de Tempo e Sistema de Numeração. 2007. Dissertação (Mestrado em Antropologia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. f. 55-100. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/748>. Acesso em: 30 ago. 2023.

OLIVEIRA, Rosemeire Aparecida Nunes; FERREIRA, Fernando Cesar. Valorizando a cultura Guarani-Kaiowá através do ensino do espaço e do tempo. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 3, p. 759-774, 2017. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ciedu/v23n3/1516-7313-ciedu-23-03-0759.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2023.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Medidas de Tempo**, 2022. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/tempo/tempo.htm>. Acesso em: 06 dez. 2022.

Pierce, G. W., "Electrical System," **U. S. Patent** 1,789,496, issue date: Jan. 20, 1931.

PINTO, Simone Pinheiro; GOUVÊA, Guaracira. Mediação: significações, usos e contextos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 53-

70, maio-ago. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/7txk49yM8fPKPLXFLFTqYKp/?lang=pt>. Acesso em: 01 fev. 2023.

POLI, N., OATES, C. W., GILL, P., & TINO, G. M. (2013). Optical atomic clocks. *La Rivista del Nuovo Cimento*, 36(12), 555-624.

QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campello; KRAPAS, Sonia; VALENTE, Maria Esther Alvarez; DAVID, Érika; DAMAS, Eduardo; FREIRE, Fernando. Construindo saberes da mediação na educação em museus de ciências: o caso dos mediadores do Museu de Astronomia e Ciências Afins/Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.l.], v. 2, n. 2, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4144>. Acesso em: 1 fev. 2023.

REQUEIJO, Flávia; Nascimento, Cecília Maria Pinto do; COSTA, Andréa Fernandes; AMORIM, Amanna de Jesus Gomes; VASCONCELLOS, Maria das Mercês Navarro. Professores, visitas orientadas e museu de ciência: uma proposta de estudo da colaboração entre museu e escola. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7., 2009, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienepec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/817.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2023.

RODRIGUES, Teresinha de Jesus Alvarenga. Da pêndula ao césio, do balão da hora ao sincronismo eletrônico: metrologia em tempo e frequência no Brasil. *In: RODRIGUES, Teresinha de Jesus Alvarenga. Observatório Nacional 185 anos: protagonista do desenvolvimento científico-tecnológico do Brasil*. Rio de Janeiro: ON, 2012. Disponível em: https://www.on.br/livro_web/185/ON_185.html. Acesso em: 24 set. 2019.

ROYAL MUSEUMS GREENWICH. **Meridian astronomy**: Just watching the Universe go by, c2022. Disponível em: <https://www.rmg.co.uk/stories/topics/meridian-astronomy>. Acesso em: 06 dez. 2022.

SALASAR, Desirée Nobre. **Um museu para todos**: manual para programa de Acessibilidade. Pelotas: Editora da UFPel, 2019. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4390>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SANTOS, Karlla Kamylla Passos dos; KUNZLER, Josiane; CAZELLI, Sibebe; ELIAS, Simone Santana Rodrigues. Inclusão no MAST: formação em acessibilidade cultural em tempos de pandemia. *In: ROCHA, Jessica Norberto. Acessibilidade em museus e centros de ciências: experiências, estudos e desafios*. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 165-181. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

SARRAF, Viviane Panelli. Conceitos e diretrizes para o desenvolvimento de acessibilidade em museus de ciências, a concepção do Cité des Sciences et de l'Industrie, em Paris, e o projeto inaugural da Estação Ciência para inspirar novas práticas. *In: ROCHA, Jessica Norberto. Acessibilidade em museus e centros de ciências: experiências, estudos e desafios*. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 15-27. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

SCHMITTBERGER, Bonnie L.; SCHERER, David R. A review of contemporary atomic frequency standards. arXiv preprint arXiv:2004.09987, 2020.

SILVA, Douglas Falcão; COIMBRA, Carlos Alberto Quadros; CAZELLI, Sibeles; VALENTE, Maria Esther Alvarez. O programa educativo do Museu de Astronomia e Ciências Afins. **Ensino Em Re-Vista**, v. 20, n. 1, p. 193-208, jan./jun. 2013.

SILVESTRIN, Giovani Baptista. **Análise da viabilidade do horário de verão pela comparação das curvas de carga aplicada na tarifa branca**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7214>. Acesso em: 11 jan. 2023.

SOUZA, Vera Lucia Vieira de. Acessibilidade cultural para pessoas com deficiência intelectual. *In*: ROCHA, Jessica Norberto. **Acessibilidade em museus e centros de ciências: experiências, estudos e desafios**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj/Grupo Museus e Centros de Ciências Acessíveis (MCCAC), 2021. p. 42-56. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350471187_Acessibilidade_em_museus_e centros_de_ciencias_experiencias_estudos_e_desafios. Acesso em: 24 fev. 2023.

STANDERSKI, Lilia. **Monitorias em Museus de Ciências: uma perspectiva reflexiva**. São Paulo, 2007. Relatório Final de Iniciação Científica - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.geenf.fe.usp.br/v2/wp-content/uploads/2012/09/LiliaStanderski.pdf>. Acesso em: 30 set. 2022.

STEINHAGEN, Marcelo de Moraes; SILVA, Ivan Mourilhe. A hora legal do Brasil. *In*: VIEIRA, Cássio Leite (ed.). **Observatório Nacional: 175 anos**. Rio de Janeiro: ON, 2002. Disponível em: <http://docvirt.com/docreader.net/DocReader.aspx?bib=obnacional&pagfis=4008>. Acesso em: 18 jan. 2023.

STUDART, Denise Coelho. Aparatos Interativos e o Público Infantil em Museus: características e abordagens. *In*: MASSARANI, Luisa Medeiros (org.). **O pequeno cientista amador: a divulgação científica e o público infantil**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, 2005. p. 65-76. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340515732_Aparatos_Interativos_e_o_Publico_Infantil_em_Museus_caracteristicas_e_abordagens. Acesso em: 31 out. 2022.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **O relógio atômico brasileiro**. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/pesquisahoje/cap3/defaultframebaixo.htm>. Acesso em: 22 mar. 2023.

VALENTE, Maria Esther; CAZELLI, Sibeles; ALMEIDA, Ronaldo de. Os instrumentos científicos do MAST na perspectiva educacional e de divulgação da ciência. *In*: VALENTE, Maria Esther; CAZELLI, Sibeles (org.). **Educação e Divulgação da Ciência**. Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 2015. (MAST: 30 anos de pesquisa, v. 2). Disponível em: http://site.mast.br/hotsite_mast_30_anos/pdf_02/volume_02.pdf. Acesso em: 24 set. 2019.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. **História do Observatório Nacional: a persistente construção de uma identidade científica**. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2007. Disponível em: https://www.on.br/livro_web/historia/historia.html#p=1. Acesso em: 23 set. 2019.

WAGENSBERG, Jorge. A favor del conocimiento científico (los nuevos museos). **Éndoxa: Séries Filosóficas**, Madrid, n. 14, p. 341-356, 2001. Disponível em: <http://e->

spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:Endoxa-2001560BF1E6-2DE5-0514-528C-43ACFB75776E/favor_conocimiento.pdf. Acesso em 21 set. 2022.

WAGENSBERG, Jorge. Museu para criança ver (e sentir, tocar, ouvir, cheirar e conversar). *In*: MASSARANI, Luisa (ed.). **Ciência e criança**: a divulgação científica para o público infanto-juvenil. Rio de Janeiro: Museu da Vida / Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz, 2008. p. 66-71. Disponível em: https://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/cienciaecrianca.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

WHITROW, Gerald James. **O Tempo na História**: concepções sobre o tempo da Pré-História aos nossos dias. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993. 242 p. (ciência e cultura).

WIKIPEDIA. **Luther Aholo**, 2024. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Luther_Aholo. Acesso em: 04 dez. 2024.

WIKIPEDIA. **Kikuchi Dairoku**, 2021. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Kikuchi_Dairoku. Acesso em: 04 dez. 2024.