

USOS POLÍTICOS DA CIÊNCIA: os objetos de C&T do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas da coleção do MAST

Janaína Lacerda Furtado*

Resumo

Durante os anos 1930 a física nuclear foi da descoberta do nêutron, passando a desintegração do núcleo por aceleradores para a descoberta da fissão nuclear ao apagar das luzes da 2ª. Guerra Mundial. Mas as mudanças não se resumiram apenas a novos e revolucionários conceitos da física, mas também às mudanças fundamentais nas práticas de pesquisa, nos laboratórios, nos instrumentos e na tecnologia. Os instrumentos elegantes do século XIX, feitos de vidro e bronze, tornaram-se obsoletos e foram substituídos gradativamente a partir da 1ª. Guerra Mundial em diante por objetos de design simplificado e materiais mais baratos, como o alumínio e o aço. Surgiram os grandes laboratórios de pesquisa, bem como as indústrias de fabricação de instrumentos científicos. Outro aspecto importante relacionado aos instrumentos científicos (ou objetos de C&T) do século XX foram as duas grandes guerras mundiais (1914-1919 e 1939-1945, bem com o período entre - guerras) e o período da Guerra Fria – sobretudo nas décadas de 1950 até meados da década de 1980 - e o conseqüente entrelaçamento da ciência com a indústria, os militares e, obviamente, com a política. No acervo do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) existem aproximadamente 100 objetos, dentre eles um acelerador linear de elétrons atualmente em exposição, cujas trajetórias perpassam este período e que foram doados ao MAST pelo Centro Brasileiro de Ciências Físicas (CBPF), instituição criada em 1949 no Rio de Janeiro. Neste sentido este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados parciais da pesquisa histórica sobre esta coleção de objetos e suas relações com os contextos político, científico e social neste período. Pretendemos também discutir as questões metodológicas e epistemológicas relacionadas ao estudo de objetos de C&T fabricados no século XX.

Palavras- chave: História; Objetos de C&T; Instrumentos Científicos; Política; Século XX.

Abstract

During the 1930s nuclear physics was the neutron discovery, to the disintegration of the core accelerators to the discovery of nuclear fission the lights out of the 2nd. World War.

* Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rua Gal. Bruce 586, São Cristóvão, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 20921-030; janainafurtado@mast.br. Doutora em História Política pela UERJ, Pesquisadora bolsista DTI do CNPq no âmbito do *projeto Coleções Científicas no MCTI: Consolidação, Expansão e Integração* na Coordenação de Museologia do MAST/MCTIC.

But the changes are not only summarized the revolutionary new concepts of physics, but also to fundamental changes in research practices, laboratories, instruments and technology. The elegant instruments of the nineteenth century, made of glass and brass, have become obsolete and have been replaced gradually from the 1st. World War on objects by simplified design and cheaper materials such as aluminum and steel. Appeared major research laboratories as well as the manufacturing of scientific instruments industries. Another important aspect related to scientific instruments (or C & T objects) of the twentieth century were the two world wars (1914-1919 and 1939-1945, as well as the period between the two world wars) and the Cold War - especially in the decades of 1950 to mid-1980- and the consequent entanglement of science and industry, the military and, of course, politics. In the collection of the Museum of Astronomy and Related Sciences (MAST) there are approximately 100 objects, including a linear electron accelerator currently on display, whose trajectories run through this period and that were donated to the MAST by the Brazilian Center for Physical Sciences (CBPF), institution established in 1949 in Rio de Janeiro. In this sense this work is to present the partial results of historical research on this collection of objects and their relationships with political, scientific and social contexts in this period. We also intend to discuss the methodological and epistemological issues related to the study of S & T objects manufactured in the twentieth century.

Keywords: History; S&T Objects; Scientific Instruments; Politics; XXth. Century.

Introdução

A coleção de objetos de Ciência e Tecnologia (C&T¹) do MAST teve como núcleo inicial os objetos procedentes do Observatório Nacional dos séculos XVIII ao XX e, em sua maioria, de fabricantes europeus. Entretanto, com o passar dos anos o acervo cresceu em função da incorporação de objetos provenientes do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) e do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) nos anos de 2005 e 2006. A incorporação dos objetos à coleção do MAST iniciou então a parceria do Museu com a área nuclear. Neste mesmo período foi concebido um projeto de exposição temporária e itinerante sobre o tema, o que possibilitou a ampliação do escopo das instituições ligadas à energia nuclear a serem visitadas e o patrimônio a ser levantado, possibilitando a pesquisa e registro dos objetos de valor histórico que fossem encontrados nestas instituições. Todas as visitas foram documentadas e os objetos foram devidamente registrados e fotografados e organizados em um inventário com 485 objetos (SANTOS, 2006, p.3)².

¹ O conceito de objeto de C&T foi proposto pela pesquisadora Marta Lourenço (2000) que ao classificar os objetos científicos existentes nos museus de ciência os categorizou em três grupos: científicos, para aqueles objetos que foram construídos para a investigação científica; pedagógicos, os utilizados para fins didáticos e divulgação, objetos utilizados para divulgar o conhecimento e objeto de ciência e tecnologia (C&T) para ser utilizado de maneira que englobasse as três categorias, uma vez que um objeto pode ter mais de uma função e, não raro, ter sido construído para um fim e ser utilizado para outro. Neste trabalho, entretanto, nos utilizamos de vários conceitos além de objetos de C&T, como instrumentos científicos, aparatos, equipamentos e por vezes *device*. Mais adiante discutiremos a questão da terminologia mais detidamente.

² Foram visitados: o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/SP), as Indústrias Nucleares do Brasil (INB/Sede) e Unidades Rezende (RJ), Buena (RJ), Caldas (MG) e Caetité (BA), o Centro de

Em algumas destas instituições havia salas dedicadas à memória institucional, com a exposição de objetos provenientes dos depósitos ou almoxarifados. Foram encontrados também profissionais - técnicos e pesquisadores - preocupados com a história institucional e com a integridade dos objetos. No entanto, estes objetos estão sempre em risco de descarte ou de destruição, vários inclusive se encontram esquecidos em galpões e depósitos. (SANTOS, 2006, p.7)

Uma das instituições visitadas que foi o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), criado em 1949, no período após a 2ª. Guerra Mundial (1939-1945) e em plena Guerra Fria, a partir de uma rede que envolveu cientistas, políticos e militares, uma ampla cobertura da imprensa da época e a ambição de se fazer física nuclear de ponta no Brasil.

A descoberta do méson- π^3 por Cesar Lattes em 1947 foi capaz de arregimentar forças antes dispersas pela sociedade, no meio científico, no mundo dos negócios, nos quartéis e na política brasileira para a criação do CBPF em 1949. Em troca de apoio financeiro para a instituição, Lattes acabou por se envolver em articulações políticas ligadas a rede de energia atômica e a conturbados processos decisórios para a aquisição e construção de equipamentos para a física experimental. A história dos aceleradores de partículas no Brasil exemplifica a interação entre ciência, política e militares neste período (ANDRADE, 1999, p.21).

O foco da pesquisa desenvolvida desde novembro de 2015 no âmbito do projeto “Coleções Científicas no MCTI: Consolidação, Expansão e Integração” é, justamente, o estudo e a problematização deste patrimônio material da ciência: uma coleção de aproximadamente 120 objetos - dentre eles um acelerador linear de partículas, atualmente em exposição no MAST - doados entre os anos de 2009 e 2010 pelo CBPF ao MAST.

Como pontua Roland Wittje (2013, p.685) objetos científicos (instrumentos, laboratórios, coleções de ensino, ferramentas de oficinas, *devices*, etc.) seguem, na maioria das vezes, trajetórias diversas dos documentos escritos. Instrumentos científicos e suas instalações se mantêm ativas por longos períodos de tempo, desenvolvendo pesquisas e atividades de ensino e durante este tempo suas funções podem se modificar mudando de objetos epistêmicos para objetos técnicos ou para objetos de ensino e vice-versa.

Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/MG), o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD/RJ), a Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A (NUCLEP/RJ), a Eletronuclear (Centrais Nucleares de Angra/RJ), o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/RJ), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN/RJ), o Centro Tecnológico da Marinha de São Paulo (CTMSP) e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). (SANTOS, 2006, p.3)

³ Méson é a partícula responsável por manter o núcleo atômico coeso.

Enquanto neste processo alguns objetos mantêm sua integridade, outros sofrem constantes modificações - são reconstruídos, reparados, modernizados e canibalizados - até serem removidos para os depósitos.

O patrimônio científico material recente nem sempre é facilmente identificável como instrumento científico, sobretudo, aqueles fabricados após a 2a. metade do século XX. São instrumentos, ou melhor, sistemas de instrumentos (*devices*), feitos em larga escala, por grandes indústrias como a Hewlett- Packard, a General Eletric, a Westinghouse ou a AT&T, que fabricam tanto instrumentos científicos quanto objetos tecnológicos do dia-a-dia como rádios, telefones e televisores, bem diferentes daqueles objetos de design elaborado e materiais nobres dos séculos precedentes.

Sua preservação torna-se difícil, uma vez que a obsolescência destes instrumentos, cuja variedade e tipologias são muito variadas, se dá extremamente rápido. Sem contar a falta de apelo estético destes objetos contemporâneos, difíceis de serem colocados em uma exposição museológica (BRENNI, 2000, p.1).

Outro problema são as fontes impressas relacionadas ao patrimônio científico material. Muitos documentos, como relatórios, atas e requisições, são incompletos no que diz respeito à descrição dos objetos, seus deslocamentos, sua compra, suas modificações ou eventual descarte. Maria Celina de Mello e Silva (2007, citado por GRANATO, 2009, p.82) apontou em sua tese de doutorado, através da pesquisa com cientistas dos laboratórios de diversos institutos de pesquisa pertencentes ao Ministério da Ciência, que não há clareza entre estes profissionais do que venha a ser um documento de arquivo científico, tampouco, há clareza sobre que documentos devem ou não serem preservados.

Neste sentido, pretendemos neste trabalho apresentar os resultados parciais da pesquisa sobre os objetos de C&T da coleção do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), que objetiva produzir conhecimento sobre seus usos e desusos, suas trajetórias, sua manufatura e suas relações com os contextos político, científico, social, cultural e econômico da época. Pretendemos também contribuir para as discussões relacionadas às dificuldades metodológicas e conceituais relacionadas ao estudo do patrimônio material científico recente. Abordaremos a coleção como um todo, nos detendo especialmente ao conjunto de objetos fabricados e/ou idealizados pela Hewlletttt- Packard entre os anos de 1950 e 1960, em Palo Alto na Califórnia, EUA.

O Estado Arte: os alcances e limites de uma historiografia dos objetos de C&T

“Aprender a partir dos objetos requer mais atenção do que ler textos e a gramática das coisas é muito mais complexa do que a das palavras”

W. D Kingery

No final da década de 1960 e início da de 1970, a visão tradicional da natureza da história – ancorada em um estatuto de verdade – e os objetivos da pesquisa histórica enfrentaram um desafio significativo com a emergência do que ficou conhecido como *Linguistic Turn*, ou virada linguística, que seria, em termos gerais, a crença de que a linguagem é um agente constitutivo da consciência humana e dos produtos sociais de compreensão, ou seja, nossa apreensão do mundo, passado e presente se dá através de pré-concebidas percepções advindas da linguagem. O impacto destas discussões teria acontecido após a 2ª. Guerra Mundial e o termo teria sido disseminado da filosofia para as demais disciplinas a partir de 1965 através da obra do filósofo Richard Rorty. (SPIEGEL, 2009, p.2)

O impacto da virada crítica foi tão intenso que muitos autores acreditaram que se tratava de uma crise na história (CHARTIER, 2002; NOIRIEL, 1996). Outros preferiram enxergar uma chance de “virada crítica”, como os representantes da escola francesa (LE GOFF, 1988; REVEL, 1978)⁴. Seja como for, é inegável que o movimento da virada linguística- inspirada pelas ideias do pós-modernismo, do pós-estruturalismo e da semiologia- representou uma mudança significativa no nosso entendimento da natureza da realidade histórica, dos métodos de pesquisa e nos levou a discutir seriamente sobre os sujeitos de nossas pesquisas (SPIEGEL, 2009, p.2).

Na França neste momento, muitos trabalhos, influenciados, sobretudo pela antropologia e a etnologia, se voltaram para os estudos de cultura material⁵. No entanto, o estudo dos objetos era, em primeiro lugar, um meio de contribuir para uma releitura mais geral da história econômica e social explorando os saberes contidos no fazer dos objetos, dos usos e o valor de compra e de troca dos mesmos (ROCHE, 1997, p.8).

Estas discussões se refletiram entre os sociólogos, filósofos e historiadores da ciência, a partir de 1970 com o Estudos Sociais da Ciência (*Social Studies of Science-SSS*), que buscava romper com a narrativa teleológica da história da ciência questionando o

⁴ A bibliografia sobre o assunto é vasta e não é nosso objetivo discutir este tema neste trabalho. Pretendemos em um artigo futuro aprofundar essas questões.

⁵ O termo “cultura material” é controverso e comumente utilizado pela arqueologia e pela antropologia não como um conceito, mas como termo que designa um grupo de objetos fabricados e utilizados pelo homem em um determinado período de tempo. O termo é utilizado, por exemplo, para designar objetos utilizados por cientistas, chamados “cultura material da ciência”. Daniel Roche, dentre outros como Jean-Marie Pensez, o designam como um conceito, admitindo, entretanto, a dificuldade em defini-lo. Sobre este assunto ver Roche (1997) e Pensez (2005).

conceito de ciência “heróica” e a natureza das práticas científicas, ancorados sobretudo nos novos estudos culturais (*cultural turn*), na etnografia, na antropologia e nos estudos linguísticos.

Estas mudanças levaram a busca de novas abordagens e novos objetos para a história da ciência, agora denominada história das ciências uma vez que questionava o princípio de ciência única e universal. Um destes novos objetos para a história seriam os instrumentos científicos, até então “invisíveis” ou considerados desimportantes para uma historiografia por demais epistemologizante (PESTRE, 1996, p.23).

Albert Van Helden e Thomas Hankins (1994) também atribuem a pouca, ou nenhuma, importância dada aos objetos de C&T neste período por conta de uma epistemologia idealista que exerceu grande influência na historiografia da ciência. Nesta perspectiva a história da ciência somente é entendida, e aceita, como a história da teoria. Experimentação e medição eram meros apêndices e o instrumento servia apenas para “retificar teorias” (BACHELARD, 1951, citado por HELDEN e HANKINS, 1994).

Mas, na realidade, por detrás da aparente trivialidade, estes objetos são essenciais para uma boa compreensão das práticas científicas. São objetos dotados de historicidade que permitem à disciplina da história se ligar a uma história dos instrumentos. Pensar em uma história dos instrumentos científicos e da experimentação supõe que as ciências devam ser entendidas como um conjunto de práticas - e não somente a história dos métodos e das teorias (PESTRE, 1996, p.25).

A prática da filosofia natural e das ciências a partir do século XVII consistiu em intervir no mundo e em transformar observações e experiências em aparelhos e instrumentos, sendo que estes acabaram por circular fora de seu local de origem de fabricação, especialmente se admitirmos que os fatos científicos circulam mais pelo saber-fazer do que propriamente pelas palavras. (PESTRE, 1996, p.23)

Ninguém, por exemplo, jamais esteve a ponto de construir um ciclotron nas décadas de 1930 a 1950 sem uma estadia prolongada em Berkeley, e sem participar de corpo presente da construção de um acelerador. (Apud PESTRE, 1996, p.16)

Passados 20 anos da publicação do texto de Dominique Pestre o interesse pelos objetos de C&T e pela cultura material da ciência de modo geral, cresceu bastante. Hoje temos uma grande variedade de abordagens, que vão da micro - história a biografia e prosopografia dos objetos, em estudos que abordam desde as coleções científicas de ensino aos de objetos de C&T da segunda metade do século XX, passando pelo estudo das redes de circulação e validação de objetos, o estudo de instalações científicas

(indústrias, minas, usinas nucleares, etc.) e até o estudo sobre objetos quebrados ou defeituosos.

Para demonstrar a amplitude que o estudo dos objetos de C&T tomou desde as mudanças historiográficas no início na década de 1970, basta observarmos os números ou dossiês temáticos sobre objetos de C&T dos seguintes periódicos: *Osiris* (1994); *Journal of the History of Collections* (1995); *Studies in History and Philosophy of Science* (2007, 2009 e 2013); *ISIS* (2011); e *The British Journal for the History of Science* (2009).

A seção especial do *Studies in History and Philosophy of Science* do ano de 2013 foi inteiramente dedicada ao patrimônio científico material recente. No editorial do dossiê escrito por Nicholas Jardine e Lydia Wilson (2013, p.632), ambos do departamento de Filosofia e História de Cambridge, os autores ressaltam o renascimento do interesse pelo patrimônio material da ciência em várias áreas do conhecimento e a volta do uso das coleções de zoologia e botânica por pesquisadores, sobretudo nos estudos sobre biodiversidade.

Os autores demonstram a diversidade das pesquisas apresentadas no dossiê que abordam desde a cultura material das ciências como meio de se ter acesso às práticas científicas (LUDWIG & WEBER, 2013; ANDERSON & JARDINE, 2013), passando pela discussão do constante “risco” deste patrimônio material, incluindo não apenas os objetos, mas também as fontes escritas sobre eles (CHADAREVIAN, 2013; GRANATO, 2013, LOURENÇO, 2013), os problemas relacionados às grandes máquinas e instalações científicas e a falta de espaço para sua preservação (WITTJE, 2013; SUMNER, 2013; BOUDIA & SOUBIRAN, 2013), e por fim o eterno dilema de como traduzir estes objetos, aparentemente sem apelo estético e tão herméticos, para o público (MAAS, 2013).

No entanto, o crescimento do interesse na história dos instrumentos científicos não significa que todos os trabalhos que abordam o tema realmente centrem suas discussões a partir do objeto. Como Joseph Corn (1996, p.36) identificou em um levantamento dos artigos da revista *History and Technology*, onde buscou perceber qual exatamente era o lugar do objeto de C&T nos estudos de história da tecnologia, que mais do que a metade dos autores não escreve sobre objetos. Ao invés de se interessar pelo desenvolvimento, produção, impacto ou a recepção de um determinado artefato, estes autores centram seus trabalhos nas ideias, instituições ou políticas, muito embora obviamente estes assuntos relacionados à história da ciência não possam ser separados de seu contexto material. A outra conclusão a que Corn chegou foi que menos de 15% dos autores que publicaram na *History and Technology* trabalhavam efetivamente com evidência material.

Uma explicação possível seria a de que historiadores não lidam com objetos de C&T como fonte primária em suas pesquisas porque simplesmente não foram ensinados trabalhar com objetos da mesma maneira que foram ensinados a trabalhar com documentos escritos. Somos treinados desde a graduação a ir aos arquivos em busca de fontes, mas não aos museus. (LOURENÇO, 2002) Para Roland Wittje o problema é que o estudo dos objetos de C&T parece estar imerso em uma perspectiva textual, e por esta razão os historiadores olham para os objetos através dos textos e não para o objeto em si (WITTJE, 2013, p.684).

Atualmente, alguns autores vêm desenvolvendo uma abordagem mais sensorial, subjetiva e emocional dos instrumentos (ARNOLD; SÖDERQVIST, 2011, p.718-19) e reivindicando que se ensine uma metodologia *hands on* nas graduações de história da ciência e tecnologia (WITTJE, 2013, 2010). E algumas pesquisas recentes já trazem novas possibilidades de abordagem em experiências de leituras de artefatos (WITTJE, 2003), de reconstrução de instrumentos (SIBUM, 1995) e de experimentos científicos (WITTJE, 2011), de instrumentos quebrados ou danificados (SCHAFFER, 2011).

Neste sentido, nossa abordagem segue a metodologia proposta por Jim Bennett (2005) e Samuel Alberti (2005) da reconstituição da trajetória da coleção como um todo, em uma biografia coletiva (prosopografia). Buscando a história desta coleção a partir da sua materialidade - do que são feitos, como funcionam, quanto pesam, marcas de uso, etiquetas de instituições ou donos anteriores, estão completos ou incompletos, etc. - sem perder de vista, entretanto, a relação entre o material e a evidência textual.

Uma breve história dos aceleradores: *big Science, little Science*

“A História da Física é largamente a História dos Instrumentos”
Ralph Müller

Nas primeiras décadas do século XX, os antigos instrumentos, de latão e vidro, se tornaram rapidamente obsoletos, ficaram inúteis para as pesquisas e antiquados para o ensino. A partir da 1ª. Guerra Mundial os materiais nobres começaram a ser substituídos por plástico, alumínio e aço. E finalmente, por volta da década de 1930, muitos dos aparatos dos laboratórios perderam definitivamente seu design de Gabinete (BRENNI, 1997, p. 742).

A partir dos anos de 1920, o tamanho e o poder das máquinas começaram a aumentar. Os experimentos ficaram maiores e as máquinas e sistemas se tornaram mais complexos, envolvendo cada vez mais componentes. E se antes o construtor de

instrumento exercia grande influência sobre a física experimental com seu design singular de instrumentos, no século XX houve uma divisão do trabalho e o construtor passou a fazer as partes constitutivas dos instrumentos a partir de desenhos agora elaborados por engenheiros, que por sua vez montavam e testavam os aparelhos em grandes laboratórios industriais. Os cientistas experimentais, não raro, não sabiam mais o conteúdo de suas “caixas-pretas”.

Por tudo isto que a aquisição, pesquisa e conservação dos objetos de C&T do século XX, sobretudo da 2ª. metade, apresenta problemas muito mais desafiadores do que objetos de outros períodos. O que pode ser demonstrado a partir da história dos aceleradores de partículas.

Um acelerador de partículas⁶ utiliza forças eletromagnéticas para carregar íons e partículas subatômicas para interagirem com outros átomos e outras partículas e produzirem, a partir desta interação, novas partículas e novos fenômenos.

A câmara de vácuo de William Crookes em 1875 que acelerava raios catódicos, a descoberta de que os tubos de raios catódicos produzem raios- X por Wilhem Conrad Röntgen, mais a descoberta dos elétrons feita por J.J Thomson em 1897, que com um tubo de raios catódicos, ao “balançar” partículas alfa, obtidas a partir de fontes radioativas naturais, revelaram, dentre outras coisas, a existência das partículas subatômicas e possibilitaram o surgimento da física subatômica. Estes foram os argumentos para a construção de aceleradores de partículas cada vez mais poderosos que permitissem aos cientistas produzir artificialmente partículas energizadas (BAIRD & FAUST, 1990, p.149; BAIRD, 2004, p.49.).

A ideia básica por trás de um ciclotron é a utilização de uma carga negativa no potencial elétrico para acelerar um íon positivo. Ao controlar adequadamente o caminho do íon com um eletromagneto, a mesma diferença de potencial é repetidamente usada para acelerar o íon a energias cada vez mais altas. Uma vez que o mesmo potencial acelera

⁶ Um acelerador de partículas pode ser de dois tipos: linear e cíclico. Em um acelerador linear a partícula segue uma trajetória reta e sua energia final é proporcional à soma das voltagens geradas pelos mecanismos aceleradores dispostos ao longo da trajetória. Existem dois tipos de aceleradores lineares: o primeiro utiliza um campo magnético longitudinal móvel para fornecer energia cinética aos elétrons. A câmara de aceleração é um tubo de vácuo cilíndrico que funciona como um guia de ondas para o campo acelerador; o segundo tipo de aceleradores lineares utiliza ondas eletromagnéticas estacionárias para acelerar prótons. Os aceleradores cíclicos compreendem uma grande variedade de aparelhos, dos quais os mais importantes são o ciclotron e o sincrotron. Em um ciclotron dois eletrodos semicirculares e ociosos, em forma de "D", são dispostos em uma câmara de vácuo entre os pólos de um magneto. Os prótons, dêuterons ou outros íons mais pesados iniciam seu movimento no centro dos "dês". Um potencial alternado, de frequência próxima à de circulação dos íons, é aplicado entre os eletrodos, produzindo acelerações repetidas cada vez que os íons passam de um "D" para o outro. Para superar a limitação de energia do ciclotron, projetou-se um aparelho, o sincrociclotron, que possibilita variar a frequência aplicada aos "dês" de acordo com as necessidades de focalização magnética e a variação relativística da massa dos íons. Já o sincrotron utiliza o princípio de estabilidade de fase para manter o sincronismo entre a frequência de revolução de partícula e o campo elétrico aplicado. (Revista do CBPF, s/d)

os íons repetidas vezes, a magnitude do potencial de aceleração pode ser menor em relação ao total de energia transmitida para o íon, então o ciclotron utiliza uma série de pequenos empurrões, devidamente cronometrados, para obter um íon se movendo rapidamente, semelhante a uma pessoa sendo empurrada em um balanço, que adquire mais velocidade e altura a cada pequeno empurrão dado em intervalos de tempo iguais e devidamente cronometrados (BAIRD; FAUST, 1990, p.150.).

A primeira pesquisa publicada sobre o ciclotron foi a de Ernest Orland Lawrence e seu aluno Niels Edlef Edlefsen em 1930. Lawrence tirou a ideia do ciclotron de um artigo publicado por Rolf Wideroe publicado 2 anos antes. Este experimento de Lawrence e Edlefsen, no entanto, não obteve sucesso.

Wideroe descreveu como ele utilizara dois eletrodos cilíndricos colocados lado - a - lado em um tubo de vácuo para acelerar íons de potássio. Wideroe aplicou 25.000 volts para cada eletrodo e conseguiu acelerar os íons a 50.000 volts. Lawrence queria acelerar partículas a mais de 1.000.000 de volts, mas achou a abordagem bastante promissora porque empregava voltagens relativamente pequenas.

Quando Edlefsen deixou Berkeley ainda no verão de 1930, Lawrence deu o problema para outro estudante: Milton S. Livingston, que na primeira tentativa tentou reproduzir o trabalho de Edlefsen, mas achou difícil conseguir alcançar um vácuo adequado com os mesmos materiais utilizados por seu antecessor. Assim Livingston introduziu uma série de modificações para melhorar o funcionamento da máquina e obteve sucesso onde Edlefsen havia falhado (BAIRD, 2004, p.54).

Em princípio, para acelerar os íons na velocidade que Lawrence desejava seriam necessários vários metros de eletrodos para obter sucesso a partir deste método, e então, com o estudante David Sloan, construiu um acelerador linear e conseguiu acelerar íons de mercúrio a mais de 200.000 volts (LAWRENCE e SLOAN 1931, citado por BAIRD, 2004, p.51). A história subsequente do ciclotron foi a de aumentar seu diâmetro, melhorar sua estrutura e seus detalhes.

Foi a partir do laboratório de Lawrence que aconteceu a evolução da chamada *Big Science* em 1930, a partir da relação entre ciência e tecnologia, da interdisciplinaridade e da grandiosidade - das máquinas, dos instrumentos, dos laboratórios, das equipes e de financiamento (SEIDEL, 1992, p. 23).

Assim, no curto período entre os anos de 1930 e 1940, o *Radiation Laboratory* de Ernest Lawrence tornou-se o centro nacional e internacional de ciência nuclear e o ciclotron se transformou na principal ferramenta para a ciência nuclear, não apenas em Berkeley, mas em diversos outros centros. A medicina e a química nuclear emergiram no

laboratório de Lawrence, onde físicos, biólogos, químicos fizeram uso do ciclotron. A este grupo, algum tempo depois, viriam a se juntar os engenheiros (SEIDEL, 1992, p.21).

Cesar Lattes conheceu Ernest Lawrence no auge do sucesso da descoberta do méson- π e da sua participação no desenvolvimento do método fotográfico de estudo no processo nuclear, resolveu deixar *Wils Laboratory* em Bristol, na Grã-Bretanha, onde trabalhou com Cecil Powell, e partir rumo a Berkeley, nos EUA. A alma irrequieta e temperamento arrojado de jovem de Cesar Lattes certamente contribuíram para a mudança, mas, sem sombra de dúvida, a pujança do laboratório de Lawrence - financiamento, prestígio, aparelhagem de ponta, etc. - deve ter pesado muito na balança na decisão do físico brasileiro.

Lattes ao chegar a Berkeley em 1950 juntou-se a equipe chefiada por Eugene Gardner, composta por dois microscopistas e um encarregado de bombardeamento de prótons. O trabalho da equipe no sincrociclotron de 184", cujo feixe de 380 MeV bombardeava partículas- α que colidiam com prótons e nêutrons no alvo de carbono e junto do qual estavam as placas de emulsão nuclear.

A produção artificial de partículas permitiu que Lattes e Gardner mostrassem que o méson- π é uma partícula nuclearmente ativa. O próprio Lawrence ficou surpreso, já que por mais de um ano os físicos de Berkeley não conseguiram detectar mésons, por desconhecimento do método apropriado de utilização das emulsões nucleares (ANDRADE, 1999, p.51).

Na esteira do sucesso de Lattes em Berkeley, alçado a categoria de herói nacional pela mídia, aliado a um ideário nacionalista e desenvolvimentista dos anos 1940/50 - onde a aplicação da ciência interessava tanto ao setor público quanto ao setor privado - um grupo, formado por cientistas, políticos, militares e membros da alta sociedade, conseguiu levar adiante o projeto de construir no Brasil um instituto de física fora das universidades. Essa imagem de ciência heróica, construída ainda no século XVIII, irá persistir até depois da 2^a. Guerra Mundial.

A decisão de criar um acelerador de partículas no Brasil foi tomada simultaneamente ao processo de criação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1949. Cesar Lattes chegou a pedir a ajuda a Lawrence que se mostrou bastante entusiasmado com o projeto.

O projeto, no entanto, não se concretizou, mas em 1950, um ciclotron se destacava entre os equipamentos prioritários para a pesquisa no CBPF, ao lado da encomenda a Philips holandesa de um acelerador de alta tensão. Como não havia dinheiro ou equipe que justificasse a compra de um acelerador de 40 MeV, como Lattes queria, optou-se por um

de 4 MeV e com este equipamento pretendia-se realizar pesquisas sobre reações nucleares de baixa energia, fabricar isótopos radioativos com os quais o CBPF cooperaria com instituições de pesquisa agrícolas e tecnológicas, treinar técnicos e pesquisadores para operação, construção e manutenção deste tipo de aparelho.

O projeto acabou tomando outra direção com criação do Conselho Nacional de Pesquisas, o CNPq, em 1951, que absorveu e modificou todo o programa de pesquisas do CBPF. Houve, sem dúvida, um aumento de verba, das concessões de bolsas e da aquisição de equipamentos. Mas, o CBPF perdia a sua tão sonhada autonomia e o entrelaçamento entre política e ciência ficou ainda mais forte e evidente.

No início de sua fundação, o programa de pesquisas do CBPF contemplava duas frentes de pesquisas: o estudo das partículas elementares, no laboratório de física teórica, coordenado por José Leite Lopes, e as pesquisas em raios cósmicos e física nuclear coordenadas por Cesar Lattes. Nesta mesma época a instituição cresceu na preferência dos estudantes de física, direcionando para o Rio de Janeiro estudantes e bolsistas de outros estados e países.

A situação da física experimental não era, no entanto, das melhores. Faltavam pesquisadores e técnicos para trabalhar nos laboratórios modestos montados com a ajuda de militares especialistas em eletrônica, os recursos eram poucos para adquirir instrumentos no exterior e formar pessoal qualificado e faltavam instalações apropriadas (ANDRADE, 1999, p.103).

Elisa Frota-Pessoa que ficava a frente do pequeno laboratório de microscopia trabalhava com emulsões nucleares em microscópios emprestados pela polícia e pelo Instituto de Química Agrícola (ANDRADE, 1999, p.99). Tampouco havia instalações apropriadas para a montagem de um acelerador Crockroft-Walton encomendado da Alemanha, que necessitava de um prédio mais alto para abrigá-lo e a seu terminal de alta tensão. Vários fatores acabaram por comprometer a montagem da infra - estrutura e as pesquisas experimentais. Ao que tudo indica, até a década de 1960 não havia solução para o problema de montagem deste acelerador (ANDRADE, 1999, p.104).

Cesar Lattes, diante da ausência de uma política de financiamento para a pesquisa, acabou por envolver-se em um projeto ambicioso: o projeto dos sincrociclotrons da rede de energia atômica. O contexto era o do final da 2ª. Guerra Mundial, após o projeto Manhattan e as duas bombas atômicas que mudaram completamente a organização e o direcionamento das pesquisas científicas.

Além do componente financeiro, não se pode negar o forte componente político da *big Science*, uma vez que a acumulação de determinados recursos requer um exercício de

poder que, geralmente, vem dos governos nacionais. Ian Hacking (1996) e Paul Forman (1987) sugerem que a ideologia nacionalista orientada a partir pelo belicismo da *big Science* afetou não apenas as prioridades das pesquisas científicas, mas também mudou o caráter básico do conhecimento científico.

A guerra determinou, por exemplo, o desenvolvimento do tubo de elétron e da tecnologia de radar. Com o início da 2ª. Guerra, todo o *staff* do Laboratório Bell, nos EUA, foi posto à disposição para o desenvolvimento do radar e a pesquisa em amplificadores de semicondutores foi interrompida. Foi a guerra que impulsionou a construção de osciladores capazes de gerar sinais de micro-ondas que poderiam refletir um alvo com maior resolução do que os sinais de baixa frequência (Apud CAPSHEW e RADER, 1992, p.12)

Este componente político de que falam Hacking e Forman fica evidenciado se observarmos a ingerência do CNPq no CBPF a partir da década de 1950.

Neste momento, o CNPq conferiu ao CBPF a tarefa de desenvolver o conhecimento técnico científico necessário para a produção da energia nuclear. Entre os anos de 1951 a 1954, 75% do total dos recursos do Setor de Pesquisas Físicas foram repassados para a instalação de novos laboratórios e oficinas, a montagem do Cockcroft - Walton e o desenvolvimento de pesquisas em raios cósmicos, eletrônica, tecnologia de vácuo, construção de contadores de partículas, detectores de cintilação e câmaras de Wilson (CNPq, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955).

Falta ainda mencionar o projeto de montar um sincrociclotron neste mesmo período. Para tanto, Cesar Lattes foi enviado aos EUA, sobre o patrocínio do CNPq, para a aquisição de equipamentos para a instituição e de um sincrociclotron. O relatório do CNPq de 1952, fala da aquisição de equipamentos e aparelhos de medição necessários ao ciclotron e que deveriam ser adquiridos no EUA (CNPq, 1952, p.15).

O projeto de construção dos aceleradores lineares pelo CBPF em 1950 não obteve sucesso, tendo sido o acelerador, por fim, construído na Universidade de Chicago e montado em Niterói em um prédio construído para este fim. Nas décadas seguintes foram construídos 4 aceleradores de partículas, graças a atuação do então capitão Argus Moreira, que ainda em 1953 assumiu a chefia da Divisão de Raios Cósmicos. Argus havia, inclusive, realizado seu doutorado na França apresentando uma tese sobre o acelerador linear de elétrons de baixa energia (LOUREIRO; SANTOS, 2011, p.13)

Durante a década de 1960, Argus projetou e coordenou a construção do primeiro acelerador linear de elétrons no Brasil nas oficinas do CBPF. Um destes, o acelerador

linear de elétrons de 8 MeV, encontra-se em exposição no MAST e faz parte do acervo da instituição.

A coleção de objetos de C&T do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas: objetos têm política?

“As máquinas também têm vontades”
Cesar Lattes

O período entre as duas guerras mundiais significou mudanças tanto nas práticas de construção de objetos quanto em relação ao seu uso e também sobre o que seria um instrumento científico.

No início da década de 1930, máquinas enormes projetadas para explorar o núcleo atômico requereram uma igualmente enorme quantidade de recursos financeiros e de pessoal (CAPSHEW; RADER, 199, p.3). A eletrônica ofereceu um desafio em especial pela sua complexidade, microestrutura e design de “caixa-preta” (*Black boxes*) aos equipamentos eletrônicos (WITTJE, 2003, p.25).

Os físicos experimentais de altas energias partilhavam este grande equipamento, o acelerador de partículas, e diversas questões surgiram a partir da necessidade crescente de estabilização e precisão das medições nos experimentos, assim, novos instrumentos foram criados e com eles novas técnicas experimentais surgiram (BAIRD, 1990, p.170).

Como vimos, na história dos aceleradores de Ernest Lawrence, diversas mudanças e melhorias se sucederam desde a primeira malsucedida experiência do cíclotron em 1930. Cada passo desde o cíclotron de Edlefsen-Lawrence aumentou a confiança, a confiabilidade e a utilidade do instrumento. Estes passos representam para Baird (1994, p.55) o progresso material do conhecimento. Não apenas do conhecimento da física nuclear, mas do desenvolvimento do conhecimento material, de uma enorme quantidade de sistemas, de instrumentos de rádio frequência eletrônicos, instrumento de controle de frequência e de partículas.

Durante esse processo, a eletrônica foi fundamental para o surgimento deste novo conjunto de instrumentos, de novas práticas experimentais e de estruturas industriais, começando com o desenvolvimento da transmissão sem fio ainda no final do século XIX. Segundo John Peter Collet (1997), poucos campos ilustram a natureza multifacetada da ciência do século XX e seu relacionamento com a tecnologia do que a eletrônica.

No século XIX eram os inventores os mediadores entre a ciência e a tecnologia. Ligados ao mundo acadêmico suas invenções poderiam se tornar a materialização das pesquisas teóricas. No entanto, os anos anteriores a 1ª. Guerra Mundial viram o eclipsar da figura do inventor e do construtor de instrumentos que foi gradativamente sendo substituído pelos grandes laboratórios de pesquisa (COLLETT, 1997, p.257).

A necessidade, durante a guerra, de desenvolver um sistema tecnológico de rádio - comunicação fez ascender dois grandes laboratórios: a *General Electric* (GE) e a *American Telephone and Telegraph* (AT&T), duas empresas que entraram no ramo dos instrumentos científicos pesquisando sobre tubos de elétrons.

Os objetos de C&T da coleção do MAST que escolhemos para nos determos neste trabalho são estes novos conjuntos de instrumentos surgidos neste contexto do desenvolvimento da eletrônica e construídos pela empresa criada no final da década de 1930 por Dave Packard e Bill Hewlett, colegas no curso de Engenharia Elétrica de Stanford, nos EUA, e que em poucos anos se transformou em uma empresa milionária e líder no ramo.

A Hewlett-Packard iniciou seus trabalhos com um capital inicial de 538 dólares e funcionava na garagem de seus sócios - fundadores. O primeiro protótipo da HP foi o projeto de tese de Bill Hewlett, um oscilador de áudio idealizado em 1938 e acabou por se tornar o primeiro produto comercial da empresa batizado de HP 200 A (imagem 1, abaixo). O sucesso do produto foi imediato, pois trazia melhorias em relação à performance, tamanho e preço em relação aos produzidos pelos concorrentes



Imagem 1 - Oscilador de áudio HP200A. Fonte: www.hparchive.com.

Nos anos subseqüentes foram produzidos variações do modelo HP 200A e o sucesso foi tanto que em 1940 já estava sendo construída uma nova sede para a empresa em Palo Alto, na Califórnia. O propósito de um oscilador de áudio é gerar um sinal estável, que pode ser controlado com precisão. Este sinal é usado para verificar o desempenho dos amplificadores de áudio, transmissores de radiodifusão e outros equipamentos (HEWLETT-PACKARD, 1943, p.4).

Em 1942 Dave Packard idealizou o voltímetro eletrônico, o HP 400A, outro sucesso imediato e campeão em vendas. O catálogo publicado em 1943 dizia que o voltímetro HP 400A (Imagem 2) possuía todas as características desejáveis importantes, já que era um dos melhores disponíveis para medições abaixo de 1 megaciclo. O catálogo dizia ser o instrumento extremamente fácil de operar, com precisão insuperável e extrema sensibilidade sobre uma ampla faixa de frequência. Uma das características proeminentes do HP400A é que a indicação de tensão é proporcional à média de valor da onda completa (HEWLETT-PACKARD, 1943, p.10).

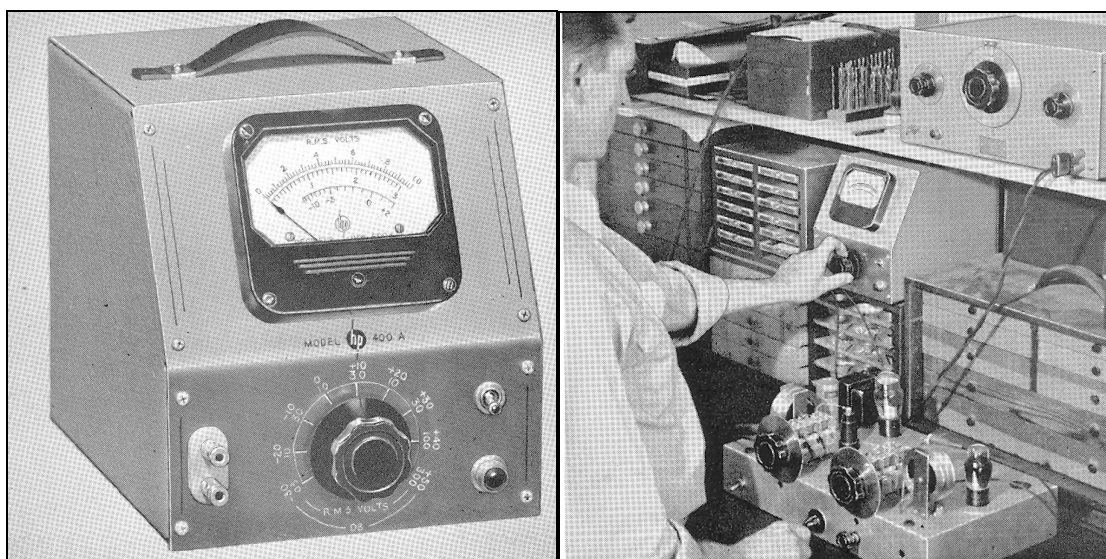


Imagem 2: voltímetro HP 400A / Imagem 3: HP 400 sendo utilizado. Fonte: www.hparchive.com.

A necessidade de um instrumento de medição de voltagem mais acurado surgiu com o desenvolvimento da energia elétrica na década de 1980. Um primeiro protótipo foi criado entre os anos de 1881 e 1884 para monitorar e estabilizar a eficiência das redes elétricas e assim diagnosticar problemas eventuais nos circuitos elétricos (GOODAY, 1998, p.651.).

A Hewlett-Packard, como outras companhias neste setor prosperaram significativamente durante a 2ª. Guerra Mundial. O *boom* da rádio transmissão, o desenvolvimento da tecnologia de radar, a instrumentação náutica e aérea geraram uma série de produtos para teste de rádio frequência e de sinais de microondas. As vendas anuais da empresa cresceram rapidamente e atingiram a cifra dos milhões. No final da guerra, em 1945, empregava 200 funcionários e o catálogo de 1948 trazia já uma variedade de 36 objetos. Visando maior visibilidade de seus produtos, além da confecção dos catálogos, a HP editou vários e diferenciados periódicos: a revista *Eletronics*, a *Measure Magazine* e o *Hewlett- Packard Journal*.

Na coleção do MAST existem 10 objetos fabricados pela Hewlett-Packard entre os anos de 1954 a 1965, sendo dois conversores de unidade de frequência modelos HP 525A e HP 525 B (imagem 4), um osciloscópio modelo HP 120 B, um voltímetro de padrão diferencial modelo HP 740 B, um osciloscópio câmera, um medidor de potência de microondas modelo 430 CR, um gerador de ondas quadradas 211 A (imagem 6), uma fonte de alimentação Klystron modelo 716 B, um gerador de pulso modelo 214 A e por fim, uma impressora plotter modelo 7475 B. Todos são objetos de medição ou de detecção de frequências e ondas.



Imagem 4 - Conversores de frequência, HP525 B, o segundo na fila de cima; HP525A, o terceiro na fila de baixo. Fonte: www.hparchive.com.

O primeiro dispositivo eletrônico utilizado para a medição de frequência foi construído em 1943 e tratava-se do contador de frequência HP500A. Muito embora existissem medidores de frequência digitais na década de 1950, o medidor analógico atraía mais interesse pelo seu baixo custo e sua voltagem output proporcional às medidas obtidas. Depois de alguns anos tornou-se necessário aumentar a extensão das frequências medidas e também a sensibilidade do contador. Após o fim da 2ª. Guerra os contadores

de frequência se transformaram em um best-seller da Hewlett-Packard, quando a energia atômica tornou-se um grande negócio. Não apenas as pesquisas em energia nuclear eram bem-vindas, mas todas as espécies de avanços nucleares, da química à medicina. Era crucial para este desenvolvimento construir instrumentos de medição capazes de medir dados nucleares.

Al Bagley, um estudante de Stanford, desenvolveu em 1948 sob encomenda da Hewlett-Packard um estudo sobre a importância da medição para a física nuclear. Do estudo veio a base para desenvolver a tecnologia do contador de pulso nuclear. A partir do estudo, Bagley desenvolveu um protótipo, o HP 520 A. Em 1954, diante da necessidade cada vez maior de aumentar o alcance das medições dos contadores foram desenvolvidos os conversores de frequência. Os conversores de frequências eram utilizados juntamente com os contadores de frequência, no caso dos HP 525 A e o HP 525B eram utilizados para aumentar o âmbito da medição das frequências. Na próxima imagem vemos um contador de frequência 524 B (imagem 5) sendo utilizado com o conversor de frequência.



Imagem 5 - HP524B utilizado com o contador de frequência. Fonte: www.radiomuseum.org.

211A SQUARE WAVE GENERATOR

Specifications

Frequency Range: 1 cps to 1 MC, continuous coverage.

Low Impedance Output: 7.0 v peak-to-peak across 75 ohm internal impedance. Rise time less than 0.02 μ sec. BNC connector.

High Impedance Output: 55 v peak-to-peak across 600 ohm internal impedance. Rise time less than 0.1 μ sec. Dual banana jacks— $\frac{1}{4}$ " centers.

Amplitude Control: Low Impedance Output—potentiometer and 60 db attenuator, variable in 20 db steps. High Impedance Output—potentiometer.

Frequency Control: Dial calibrated "1 to 10" and decade multiplier switch. Six bands.

Symmetry Control: Allows exact square-wave balance.

Sync Input: Positive-going pulse or sine wave signal, minimum amplitude 5 volts peak. BNC connector.

Power: 115/230 v $\pm$ 10%, 50/60 cps, 130 watts.

Dimensions: Cabinet: 9 $\frac{1}{2}$ " wide, 13 $\frac{1}{2}$ " high, 13 $\frac{1}{2}$ " deep.

Weight: Net 27 lbs. Shipping 49 lbs. (cabinet mount).

Accessories Available: AC-16A/B Cable Assembly. AC-16D Cable Assembly.

Data subject to change without notice.

New! For Audio, Video Testing
1 cps to 1 MC

THE NEW Model 211A Square Wave Generator is a versatile, wide range instrument particularly designed for testing video and audio amplifier performance, or checking oscilloscope operation. It provides complete coverage of all frequencies from 1 cps to 1 MC, and has a rise time of 0.02 microseconds. There are two separate outputs—a 7 volt peak-to-peak 75 ohm impedance circuit for television measurement, and a 55 volt peak-to-peak 600 ohm output for high level work. Full amplitude variation is available on either output. The generator may be operated free-running or externally synchronized with either a positive-going pulse or a sine wave signal of 3 volts minimum amplitude.

Uses

Model 211A is ideal for testing amplifiers and networks and modulating signal generators. It will measure time constants, check cathode ray sweep circuits, and generate harmonics for frequency multiplication. It offers a simple means of controlling an electronic switcher. The generator is also a convenient instrument for indicating phase shift, frequency response or transient effects.

24

Imagem 6 - Gerador de ondas quadradas Fonte: www.hparchive.com.

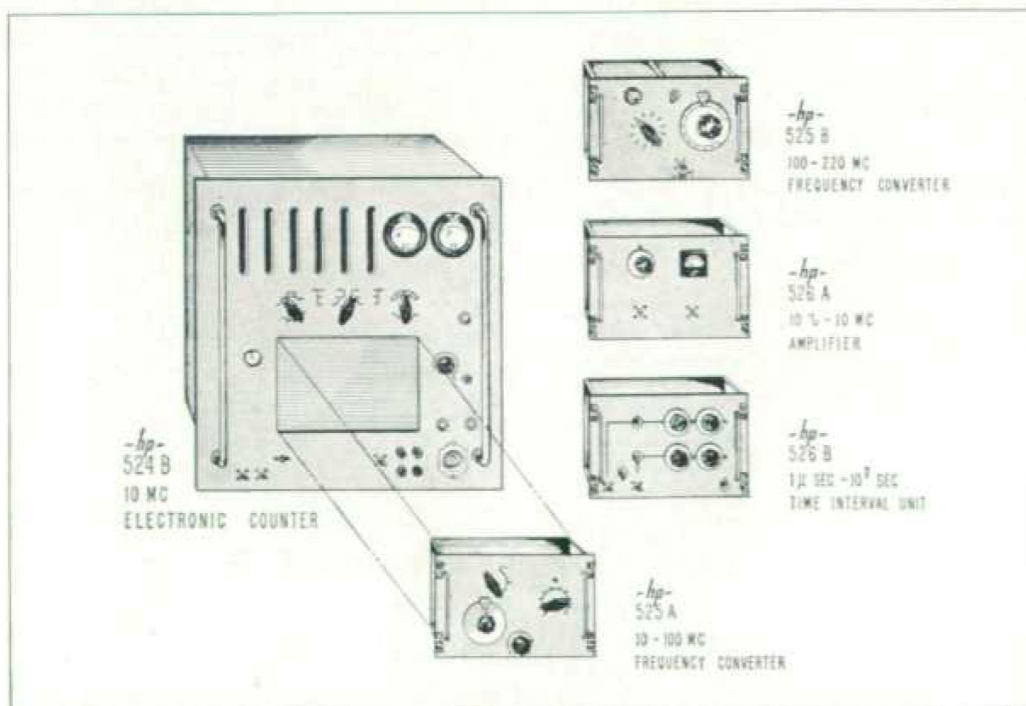


Imagem 7 - Diagrama mostrando como utilizar o contador de frequência (524B) e os conversores de frequências (Modelos 520). Fonte: Hewlett-Packard Journal, v. 5, n.7-8, Mar./Apr.1954.p.1.

Estes objetos estavam intrinsecamente ligados às práticas de laboratório, aos trabalhos de medição e detecção de ondas eletromagnéticas, à construção de outros instrumentos de medição, atenuadores de sinal, fontes de alimentação e detectores de sinais. A observação destes objetos nos mostra que o gerador de pulso, a fonte de alimentação Klystron e o voltímetro de padrão diferencial foram adquiridos pelo CNPq, uma vez que trazem as placas de patrimônio (CNPq - CBPF), sendo que todos foram fabricados na década de 1960. E o voltímetro de padrão diferencial traz, além da placa de patrimônio, uma placa da instituição a que pertenceu anteriormente, o Centro Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e a data de aquisição, 1968.

Alguns estão apenas com as carcaças, sem os componentes internos – válvulas, fios, placas – nem externos – plugues, fios conectores – o que demonstra que estes objetos já jaziam abandonados em algum lugar, sem serem mais utilizados. Apresentam sinais de uso, mas ao que tudo indica ou suas partes se perderam ou foram re-utilizadas em outros equipamentos. O que apóia o argumento levantado por Wittje (2013, p.27), do qual compartilhamos, de que o objeto de C&T nunca é estático, e sim, está sempre em constante reconstrução e modificação.

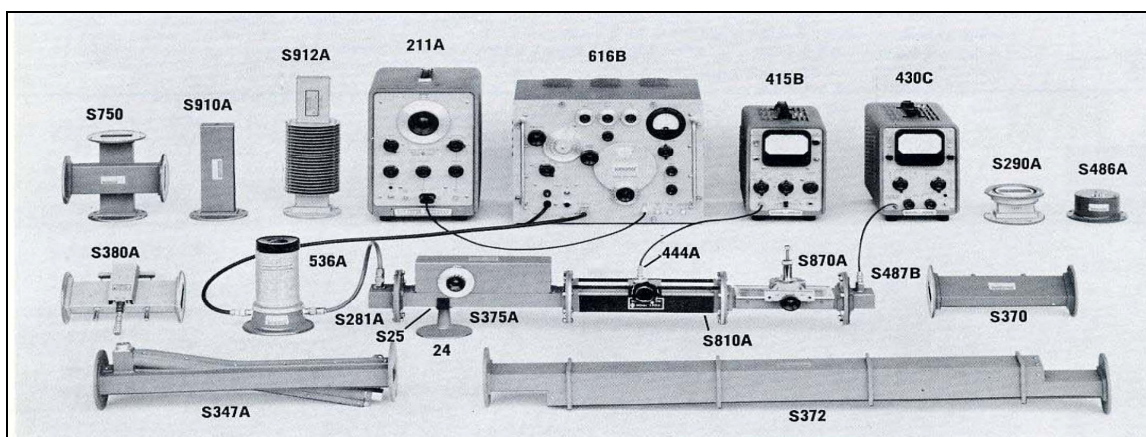


Imagem 8 - Dessa imagem o MAST possui o 211A e o 430C. Fonte: HP Microwave Catalog, 1961.P.7.

Outra dificuldade acerca desse patrimônio material das ciências recentes é que ao chegarem às coleções estão não apenas incompletos, mas isolados, quando, na realidade, fazem parte de sistemas de objetos e circuitos interligados (imagem 8). Ao apresentarmos as caixas pretas isoladamente torna-se difícil a comunicação com o público, bem como explicar os processos e as práticas relacionadas a estes objetos. No caso da coleção do MAST, o gerador de pulso funciona com um osciloscópio em linha que não figura na coleção. Da mesma maneira que os conversores de frequência funcionam com o contador de frequência, que também não fazem parte da coleção.

A documentação escrita sobre os objetos também é bem dispersa. Conseguimos saber que o medidor de potência de microondas foi, muito possivelmente, utilizado no laboratório de raios cósmicos, e surgiu também da necessidade de medição para a física nuclear. Também sabemos que foi utilizado em dissertações de mestrado na década de 1970 e 1980. No momento tentamos mapear os trabalhos e pesquisadores que utilizaram estes instrumentos e em que pesquisas.

Na base da elaboração e construção destes instrumentos nas décadas de 1950 em diante está o desenvolvimento da eletrônica, pois, estes dispositivos só foram possíveis, pelo conjunto de invenções das quais eles dependem: a válvula (ou tubo de elétron) e o transistor.

A *General Eletric* iniciou as pesquisas em rádio em 1903 e voltou seu trabalho para o aperfeiçoamento dos tubo de elétron como meio de melhorar o alternador de alta frequência. Em 1912 a GE começou a trabalhar no *audion*, utilizando sua expertise e design dos tubos de vácuo. Assim, o laboratório industrial conseguiu combinar os conhecimentos científicos e de engenharia e desenvolver os primeiros aparelhos elétricos (COLLETT, 1997, p.257).

O subsequente desenvolvimento das válvulas durante a 1ª. Guerra Mundial, sob o estado de emergência declarado pelos EUA foi crucial para o desenvolvimento da transmissão de voz via rádio com um sistema funcional e foi decisivo para assegurar a posição da válvula como componente hegemônico em transmissores e receptores. A massiva demandado governo dos EUA pelos equipamentos elétricos tornou as válvulas um produto de produção em massa (COLLETT, 1997, p.258.).

Ao final da 1ª. Guerra Mundial estes desenvolvimentos criaram uma larga produção de válvulas e equipamentos. O rápido crescimento do rádio, e sua popularização, foram acompanhados por uma sucessão de inovações de aparelhos novos. Além do crescimento do rádio como meio de comunicação de massa, crescia também o rádio como sistema tecnológico (COLLETT, 1997, p.263).

O desenvolvimento da tecnologia de radar demonstrou as restrições da tecnologia de válvulas e iniciou-se o desenvolvimento de novos tipos de tubos. Como o Klystron, nos EUA, nos quais os osciladores eram capazes de gerar sinais de microondas que poderiam refletir com uma resolução muito maior os alvos do que as válvulas de frequência mais altas.

As guerras foram extremamente importantes para impulsionar a criação dos aparelhos elétricos. E a guerra fria foi essencial para o desenvolvimento de instrumentos de medição cada vez mais precisos.

Considerações finais: desafios e obstáculos à pesquisa da cultura material recente das ciências

O adjetivo *BIG* (grande) de *Big Science* é um adjetivo comumente ligado a ciência contemporânea. Do século XVII até recentemente, a ciência se transformou da preocupação de um grupo restrito de pequenos sábios e filósofos naturais europeus para a ocupação de milhões de especialistas técnicos e científicos pelo mundo afora. Da 2ª. metade do século XX em diante a ciência se tornou tão grandiosa que alguns acreditavam estar vivendo a era da *big Science* (CAPSHEW; RADER, 1992, p.4)

A ciência cresceu e se tornou visível, especialmente no que diz respeito a pesquisas em física experimental. O início parece ter sido com Ernest Lawrence no início da década de 1930 junto com seu grupo em Berkeley e sua busca por cíclotrons cada vez maiores. Grandes máquinas projetadas para explorar o núcleo atômico que requereram muito financiamento e funcionários especializados. Para muitos, no entanto, a era da *big Science* teria se iniciado ainda no Projeto Manhattan, durante a 2ª. Guerra Mundial,

quando a boba atômica mobilizou grande parte da comunidade de físicos em um projeto de magnitude sem precedente (CAPSHEW; RADER, 1992, p.4).

O desenvolvimento da eletrônica e da tecnologia de radar no período entre guerras também foi muito importante para que surgissem novos instrumentos de medição, estabilização e atenuação de frequências. Sem esquecer o papel fundamental dos aceleradores de partículas e todo o conjunto de instrumentos que surgiram a partir de seu desenvolvimento a partir de 1930 em diante.

Mas estes objetos de C&T da ciência contemporânea construídos após a 2^a. Guerra Mundial nos colocam enormes desafios.

O primeiro deles está em definir o que é um instrumento científico. De acordo com artigo de Deborah Warner (1990, p.87), o uso do termo “instrumento científico” só teria sido utilizado a partir da metade do século XIX, e depois disso sua aplicação não foi nem de longe consensual. O termo *wissenschaftliche instrumente* provavelmente foi utilizado na Alemanha em 1830 e disseminado nos anos de 1850 por imigrantes alemães no EUA que se descreviam como “construtores de instrumentos”. Foi também durante o século XIX que os termos “ciência” e “científico” foram gradativamente substituindo os termos “filosofia natural” e “instrumentos filosóficos” (WARNER, 1992, p.88).

Entretanto, as mudanças na interpretação do que vem a se constituir como ciência acabaram por afetar o que associamos como instrumento científico, alguns autores inclusive preferem se referir a instrumentos científicos construídos no século XX como “hardware da ciência (BURNETT, 1992). Mais recentemente, David Baird (2004) definiu instrumento científico como um elemento do conhecimento científico, aquele que traz um conhecimento sobre o mundo (BAIRD, 2004, p.172, já mencionado anteriormente).

Wittje (2013, p.19) propôs uma definição operacional, mais flexível e pragmática, de instrumento científico, como todo objeto material conectado com a prática científica. Igualmente operacional é a anteriormente citada definição proposta pela pesquisadora Marta Lourenço de objetos de C&T (vide nota 1).

Mas é inegável que o estudo dos instrumentos científicos pela história da ciência tem conhecido desde a década de 1990 uma mudança de caráter e de escopo. O interesse parece ter se deslocando dos objetos de Gabinete, forte tendência dos estudos dos anos 1980 e 1990, para objetos mais recentes, ao mesmo tempo em que grande parte da historiografia sobre coleções, práticas científicas, circulação de saberes e conhecimento científico começaram verdadeiramente a colocar os objetos no centro de suas investigações.

O conceito de objeto científico se expandiu permitindo o foco em outras categorias de artefatos: de geradores de onda quadrada, válvulas e pilhas a usinas nucleares, e suas relações com os conceitos de ciência, discurso científico e demais contextos, do social ao político.

A discussão é ampla e está longe de chegar a um consenso, entretanto, é inegável que para a ciência do século XX, sobretudo para a física experimental, os objetos de C&T desempenharam um papel central.

Referências

- ALBERTI, Samuel J. M. M.. Objects and Museum. *Isis*, v. 96, n.4, p.559-571, 2005.
- ANDERSON, Katherine. Beyond the glass cabinet: the History of Scientific Instruments. *Revista Electronica de Fuentes y Archivos*, n.4, p.34-46, 2013.
- ANDERSON, Robert G.W. Chemistry laboratories, and how they might be studied. . *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v. 44, n.4, p.669-675, 2013.
- ANDRADE, Ana Maria Ribeiro de. *Físicos, Mésons e Política: A Dinâmica da Ciência na Sociedade*. São Paulo, Rio de Janeiro: Editora Hucitec, Museu de Astronomia e Ciências Afins, São Paulo, 1999.
- ANDRADE, Ana Maria R. de; GONÇALVES, Aldo Moura. Os aceleradores lineares do General Argus e a sua rede tecnocientífica. *Revista da SBHC*, n.14, p.3-16, 1995.
- APPLEBY, J.; HUNT, L.; JACOB, M.. *Telling the truth about history*. New York and London: W. W. Norton, 1994.
- ARNOLD, Ken; SÖDERQVIST, Thomas. Medical Instruments in Museums: Immediate Impressions and Historical Meanings. *Isis*, v.102, p.718-729, 2011.
- BAIRD, Davis; FAUST, Thomas. Scientific Instruments, Scientific Progress and the Cyclotron. *British Journal of Philosophy and History of Science*, v. 41, p.147-175, 1990.
- BAIRD, Davis. *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*. Berkeley: University of California Press, 2004.
- BENNETT, Jim. Museums and the History of Science: Practitioner's Postscript. *Isis*, v.96, n.4, p. 602-605, 2005.
- BOUDIA, Soraya; SOUBIRAN, Sebastian. Scientists and their cultural heritage: Knowledge, politics and ambivalent relationships. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, Volume 44, Issue 4, p.643-651, 2013.
- BURNETT, John. The hardware of Science. *Manual of curatorship: a guide to museum practice*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992.
- CAPSHAW, James H.; RADER, Karen A.. Big Science: Price to the present. *Osiris*, 2a. series, v.7, p.3-25, 1992.
- CHADAREVIAN, Soraya. Things and the archives of recent sciences. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v.44, n.4, p.634-638, 2013.
- CHARTIER, Roger. *À beira da falésia. A história entre incertezas e inquietudes*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2002.

COLLETT, John Peter. *History of Electronics*. In: KRIGE, John; PESTRE, Dominique (Orgs.) *Science in the Twentieth Century*. Routledge: London, New York, 1997. p.253-274.

CORN, Joseph J.. Object lessons/object myths: What historians of technology learn from things. In: KINGERY, D. (Ed.). *Learning from things. Method and theory of material culture studies*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1996. p.35-54 .

FORMAN, Paul. Behind the Quantum Eletronics: National Security as basis for physical research in the United States. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, n.18, p.149-229, 1987.

GRANATO, Marcus. Scientific heritage in Brazil. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v. 44, n.4, p.690-699, 2013.

HACKING, Ian. Weapons, research and the form of Scientific Knowledge. *Canadian Journal of Philosophy*, v.12 (suppl.), p.237-260, 1986.

HELDEN, Albert Von; HANKINS, Thomas L. Introduction: Instruments in the History of Science. *Osiris*, v.9, p.1-84, 1994.

JARDINE, Nicholas; Wilson, Lydia. Recent Material heritage of the Sciences. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v. 44, n.4, p.632-633, 2013.

KRIGE, J.; PESTRE, D.. What is Science. In: KRIGE, J.; PESTRE, D. (Orgs.) *Science in the Twentieth Century*. Routledge: London, New York, 1997. p.27-42.

LE GOFF, Jacques. *A História Nova*. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

LOUREIRO Maria Lucia de N. M.; SANTOS, Cláudia Penha dos. *Subsídios para a Exposição se Acelerador Linear de Elétrons. Relatório Técnico*. MAST, 2011.

LOURENÇO, Marta C.; WILSON, Lydia. Scientific heritage: Reflections on its nature and new approaches to preservation, study and access. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v.44, n.4, p.744-753, 2013.

LOURENÇO, Marta C., *Working with words or with objects? The contribution of university museums*. Artigo não publicado, apresentado no "Do collections matter to instruments studies?", Junho, 2002.

LOURENÇO, Marta C., *Museus de Ciência e Técnica: que objectos?* Dissertação (Mestrado). Universidade Nova de Lisboa, 2000.

LUDWIG, David; WEBER, Cornelia. A rediscovery of scientific collections as material heritage? The case of university collections in Germany. *Studies. History and Philosophy of Science Part A*, v.44, n.4, p.652-659, 2013.

MAAS, Ad. How to put a black box in a showcase: History of science museums and recent heritage. *History and Philosophy of Science Part A*, v.44, n.4, p.660-668, 2013.

MINCK, John. The birth of US measurement system of the 1960s. Disponível em: <http://hpmemoryproject.org/timeline/writings/us_measurement_system_00.htm>. Acesso em: 26 jan. 2016.

NOIRIEL, Gèrard. *Sur la 'crise' de l'histoire*. Paris: Gallimard, 1996.

PESTRE, Dominique. Physics instruments in Twentieth Century. In: KRIGE, J.; PESTRE, D. (Orgs.) *Science in the Twentieth Century*. Routledge: London, New York, 1997. p.741-758.

PESTRE, Dominique. Por uma nova história social e das ciências: novas definições, novos objetos e novas abordagens. *Cadernos IG/Unicamp*, v. 6, n.1, p.3-55, 1996.

REVEL, Jacques. The Annales: Continuities and Discontinuities. *Review (Fernand Braudel Center)*, The Impact of the "Annales" School on the Social Sciences, v 1, n. 3/4, , p. 9-18, 1978.

ROCHE, Daniel. *História das coisas banais*. São Paulo: Rocco, 2000.

SCHAFER, Simon. Easily Cracked: Scientific Instruments in States of Disrepair. *Isis*, v.102, n.4, p. 706-717, 2011.

SEIDEL, Robert. The origins of the Lawrence Berkeley Laboratory. In: GALISON, Peter. *Big Science. The growth of Large-Scale Research*. Stanford University Press: Stanford, California, 1992. p.21-45.

SIMBUM, H. O.. What kind of Science is experimental Science? *Science*, v. 306, p.60-61, 2004.

SIBUM, H. O.. Reworking the mechanical value of heat: Instruments of precision and gestures of accuracy in early Victorian England. *Studies in the History and Philosophy of Science*, Part A, v. 26, p. 73-106, 1995.

SPIEGEL, Gabrielle M. The task of Historian. *The American Historical Review*, v.114, p. 1-15, 2009.

SUMNER, James. Walls of resonance: Institutional history and the buildings of the University of Manchester. *History and Philosophy of Science Part A*, v.44, n.4, p.700-715, 2013.

PRADO, Maria Emília. Os Intelectuais e a eterna busca pela modernização do Brasil: O significado do projeto nacional-desenvolvimentista das décadas de 1950-60. *HAOL*, n. 15, p.19-27, 2008.

TAUB, Lina. On Scientific Instruments. *Studies in History and Philosophy of Science. Part A*, v.40, p.337-343, 2013.

WARNER, Deborah J. What Is a Scientific Instrument, When Did It Become One, and Why? *The British Journal for the History of Science*, v. 23, n. , p. 83-93, 1990.

WINNER, Langdon. Do artifacts have politics? *Daedalus*, v.109, p.121-136.

WITTJE, Roland. *Acoustics, Atom Smashing and Amateur Radio. Physics and instrumentation at Norwegian institute of technology in the interwar period*. Norwegian University of Science and Technology. 2003. Thesis (PHD), Department of Physics. Norway, 2003.

WITTJE, Roland. Reading Artifacts: Historische Sammlungen und innovative Konzepte in der Lehre. In: WEBER C.; MAUERSBERGER, K. (Eds.). *Universitätsmuseen und sammlungen im Hochschulalltag: Aufgaben - Konzepte -Perspektiven*, 2010a). p.79–86. Berlin: Hermann von Helmholtz-Zentrum für Kulturtechnik. Disponível em: <<http://edoc.hu-berlin.de/conferences/ums2010/wittje-roland-79/PDF/wittje.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2016.

WITTJE, Roland. The Garching nuclear egg: Teaching contemporary history beyond the linguistic turn. *Studies in History and Philosophy of Science, Part A*. v. 44, n.4, p.683–689, 2013.

Sites

<http://www.hparchive.com>

<http://www.radiomuseum.org>

<http://www.hpmemoryproject.org>

Fontes primárias

Arquivo de História da Ciência do MAST: Relatórios do CNPQ (1951 a 1956).

Coleção dos Objetos do CBPF.

Catálogo da Hewlett-Packard. (Disponível em: <<http://www.hparchive.com/periodicals.htm>>)

Hewlett-Packard Journal (anos 1943, 1950, 1951, 1954, 1955, 1962, 1963 e 1965). Disponível em: <<http://www.hparchive.com/periodicals.htm>>.

Obras de Referência

BUD, Robert; WARNER, Deborah J.. *Instruments of Science*. New York; London: *The Science Museum*; The National Museum of American History; Smithsonian Institute; Garland Publishing, 1998.

O CBPF na vanguarda da pesquisa. *Revista do CBPF*. S/D.