

XV Congresso Brasileiro de História
Econômica & 16ª Conferência
Internacional de História de Empresas
Osasco, 02 a 04 de outubro de 2023



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
PESQUISADORES
EM HISTÓRIA
ECONÔMICA

HISTÓRIA DE EMPRESAS; HISTÓRIA DA TECNOLOGIA

**Ciência e Engenharia de Materiais no desenvolvimento tecnológico brasileiro:
esboços sobre o início da constituição do campo de pesquisa para a indústria
nacional (1934-1970)**

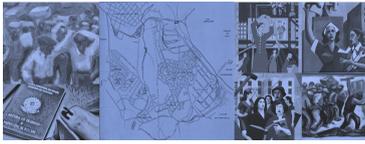
*Materials Science and Engineering in Brazilian technological development:
sketches on the beginning of the constitution of the research field for the national
industry (1934-1970)*

Natália Maria Salla; Instituto Federal de São Paulo; natalia.salla@gmail.com

RESUMO: O surgimento dos institutos brasileiros de pesquisa tecnológica no início dos anos 1930 fez com que a área de Ciência e Engenharia de Materiais (CEM) para o desenvolvimento industrial se estabelecesse no Brasil. Com a fundação do primeiro curso superior exclusivamente em Engenharia de Materiais em 1970, o campo da CEM dividiu-se, não apenas pelas características de complexificação da área, mas também em decorrência do desenvolvimento industrial brasileiro nas décadas intermediárias do século XX e da influência dos laboratórios ligados às universidades e às empresas com o alegado objetivo de fortalecer a indústria nacional. O artigo apresenta o início da CEM no Brasil, situando-a entre os anos 1930 e 1970, aprofundando a compreensão sobre as relações entre ciência e tecnologia que orientaram e conformaram historicamente o processo de industrialização no Brasil, sobretudo em seus anos iniciais, voltadas para a indústria da construção.

Palavras-chave: Ciência de Materiais. Engenharia de Materiais. Industrialização. Tecnologia. Indústria da construção.

ABSTRACT: The emergence of Brazilian research institutes of technology in the beginning of the 1930s represented the establishment of Materials Science and Engineering (MSE) in the industrial development of Brazil. With the foundation of the first higher education course exclusively dedicated to Materials Engineering in 1970, the field of MSE branched out, not only due to the greater complexity of the area, but also due to the Brazilian industrial development in mid-20th Century, and the influence of laboratories linked to universities and private companies, with the alleged objective of strengthening the nation's industrial complex. The following article presents the beginning of MSE in Brazil, situating it between the 1930s and 1970, thereby providing an overview to the interplay between science and technology that



oriented and historically shaped the process of industrialization in Brazil, especially in its early years, when it was centered in the construction industry.

Keywords: Materials Science. Materials Engineering. Industrialization. Technology. Construction industry.

Introdução

(...) a agenda da pesquisa científica está estreitamente ligada às necessidades tecnológicas induzidas pela produção¹.

[Nathan Rosenberg, 1981]

A historiografia tradicional brasileira sobre nosso desenvolvimento tecnológico - e os impactos disso no atraso econômico nacional - muito já escreveu sobre ser aquele um processo tardio dentro das forças capitalistas que operaram as dinâmicas nacionais. Assim como cravou, durante décadas, a periodização da industrialização brasileira anterior e posterior aos anos 1930 - e esta última em fases distintas consequentes - tendo sido a segunda e terceira repúblicas brasileiras o momento de guinada do país de fato à industrialização, que colocaria o Brasil independente nas relações econômicas de forma protagonista dentro da lógica oposta entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. No entanto, diversos autores já superaram essas teses, explorando o desenvolvimento industrial brasileiro mesmo no período colonial e, depois, ao longo do século XIX.

A denominada “*economia de transição para um sistema industrial*” defendida por Celso Furtado em “*Formação Econômica do Brasil*”, publicado pela primeira vez em 1959, associa a capacidade de aumento da produção para o mercado interno após a crise de 1929 principalmente à importação de bens de capital necessários à indústria brasileira e, logo depois, à sua produção interna (FURTADO, [1959]/2003, p. 207). Decorreu-se disso - e não apenas, pois o desenvolvimento tecnológico impetrado no mesmo período almejou o direcionamento dos capitais -, o aumento significativo da produção industrial que: “(...) *creceu em cerca de 50 por cento entre 1929 e 1937*” (IDEM, p. 208).

No entanto, foi em obras posteriores que Furtado de fato dedicou seus escritos a tratar das origens e do início do desenvolvimento industrial brasileiro. Em “*Análise do*

¹ROSENBERG, Nathan. *Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia*. Tradução José Emílio Maiorino. São Paulo: Editora da UNICAMP, [1981]/2006, p. 233.



modelo brasileiro”, ensaio publicado em 1972, por exemplo, Furtado trata da relação da industrialização brasileira nos anos 1930 com “*ondas de criação institucional*” (Wilson Suzigan e Eduardo da Motta e Albuquerque, inclusive, amplificam essa classificação das “*ondas*” em trabalho de 2008), citando a contribuição do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) para o desenvolvimento das indústrias de cimento e metalúrgicas. Nos anos 1960 e nas décadas posteriores diversos autores somaram-se ao debate para compreender o início e as etapas da industrialização brasileira, para além da tese da industrialização por substituição de importações.

Ainda assim, a historiografia dedicada aos diferentes setores industriais que têm se debruçado nos últimos 50 anos nas fontes disponíveis para uns e outros ao relacionar com o desenvolvimento tecnológico brasileiro, localiza uma maior dependência - em vários daqueles - da transferência tecnológica e os esforços impetrados, quando possível, dadas as características históricas da Ciência e Tecnologia (C&T) no Brasil, pelos campos de pesquisa em associação ao maior desenvolvimento industrial. Em consagrado seminário publicado em 1984, intitulado “*Os principais marcos históricos em Ciência e Tecnologia no Brasil*”, o historiador Shozo Motoyama afirma:

(...) a industrialização, apesar de ter se dado em moldes retardatários, impunha uma série de exigências, de necessidades e de novas atitudes e formas de pensamento adequadas à sociedade urbana industrializada. Por exemplo, o problema das normas técnicas adquiriu um aspecto crucial para a expansão industrial. As duas instituições que mais contribuíram para o estabelecimento das mesmas foram o INT (Instituto Nacional de Tecnologia) e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) de São Paulo, propiciando o surgimento da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em 1940, reunindo 130 laboratórios e entidades diversas. Criados oficialmente na primeira metade dos anos 30, tanto o INT quanto o IPT vão desempenhar papéis fundamentais no processo industrial brasileiro (MOTOYAMA, 1984, p. 44)

Portanto, Motoyama concorda, como muitos autores, com as teses de industrialização tardia brasileira, principalmente de setores mais dependentes da tecnologia, ainda que a industrialização brasileira já estivesse estabelecida. Ao longo de seu seminário, o autor traz o diálogo com as fontes e cita marcos distintos da C&T no Brasil, em campos diversos e em tom pessimista, afirmando, naquele momento em meados dos anos 1980, toda trajetória de desprestígio da C&T ao longo da história brasileira. Em texto posterior, o mesmo autor propõe uma relação direta entre tecnologia e industrialização: “*Essa conexão entre a dinâmica dos fenômenos tecnológicos e a*

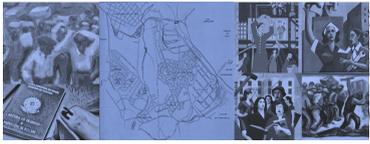


estrutura do desenvolvimento industrial é essencial para a qualificação das análises da industrialização” (MOTOYAMA, 1994, p. 21).

Assim como em Motoyama, um exemplo em meio a inúmeros que já trataram da trajetória dos institutos de pesquisa tecnológicos brasileiros surgidos nos anos 1930 e tangente às controvérsias historiográficas sobre as diferentes etapas da industrialização brasileira, acrescentamos ao debate sobre as possibilidades de desenvolvimento tecnológico nacional, por meio da criação dos institutos - nascidos de embrionários laboratórios existentes desde pelo mesmo o final do século XIX - o entendimento de que, naquele momento, podemos afirmar que os pesquisadores brasileiros, principalmente engenheiros, químicos e físicos já faziam no Brasil o que se denomina posteriormente Ciência e Engenharia de Materiais (CEM).

A produção tecnológica na área de materiais tem relação com os processos da industrialização brasileira, sobre os quais não nos deteremos em si neste artigo. O objetivo é apresentar a conformação histórica dos antecedentes do campo de pesquisa e aplicação da CEM no Brasil nas décadas intermediárias do século XX na abordagem de uma história econômica da ciência e da tecnologia (SZMRECSÁNYI, 2001), buscando compreender suas correlações, sobretudo nos objetivos da organização formal desse campo de pesquisa. A área de Ciência e Engenharia de Materiais demorou-se a se institucionalizar no Brasil - o primeiro curso de nível superior em Engenharia de Materiais foi fundado em 1970. No entanto, desde pelo menos os anos 1930, com o início do primeiro curso de Física - e mesmo um pouco anteriormente, mais precisamente em 1918, com a fundação do primeiro curso superior em Química - a área de materiais constituía-se como campo de pesquisa formal. E essa característica de um desenvolvimento tardio da área em relação aos demais países na ordem de forças do capitalismo global não se confirma - a Ciência e Engenharia de Materiais demora a institucionalizar-se também nos Estados Unidos, por exemplo, como expõe a historiadora da ciência Bernadette Bensaude Vincent em *“The construction of a discipline: Materials science in the United States”*, artigo publicado em 2001.

Outrossim, a pesquisa tecnológica brasileira de materiais já ocorria nos laboratórios das faculdades de engenharia desde pelo menos o final do século XIX e nos laboratórios de empresas brasileiras, que mantinham setores de pesquisa industriais. A

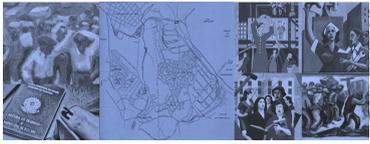


pesquisa em materiais foi se delineando ao longo dessas décadas do século XX e, em 1970, foi fundado o curso de Engenharia de Materiais na recém-aberta Universidade Federal de São Carlos (cujo primeiro nome era Engenharia de Ciência dos Materiais), não sem um controverso debate e resistências de engenheiros e cientistas brasileiros, incluindo até mesmo a instauração de inquérito no Conselho Federal de Educação por parte de associações de engenheiros metalúrgicos (UFSCar, 2004).

O presente artigo sobrevoa, portanto, o caminho histórico do estabelecimento da pesquisa em materiais no Brasil, apresentando os primeiros resultados de nossa investigação que almejam contribuir para aprofundar o conhecimento sobre a pesquisa tecnológica no Brasil, fator que tinha como objetivo fomentar a indústria nacional. Iniciamos nossa explanação com dados históricos relativos à pesquisa tecnológica de materiais anteriormente ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) e ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Em seguida, tratamos da atuação desses institutos em suas primeiras décadas e o papel da indústria da construção na sua atuação, tanto em relação à pesquisa dos materiais como da normalização técnica dos produtos demandada e imposta aos empresários industriais. Por fim, tratamos do estabelecimento formal do campo da Engenharia de Materiais separadamente ao da Ciência de Materiais, proposta essa que guardou particularidades para o caso brasileiro em relação aos demais países da América Latina e mesmo dos Estados Unidos, pois a separação em dois campos distintos foi também questão de debates entre os cientistas e industriais ligados à produção da área de materiais.

1. Antecedentes da pesquisa tecnológica de materiais no Brasil

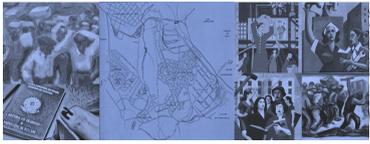
Duas instituições brasileiras de pesquisa são muito citadas na bibliografia como fundamentais no processo de produção e incorporação de tecnologias dedicadas ao estudo de materiais, especialmente para as décadas de 1930 e 1940: o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (o IPT) e o Instituto Nacional de Tecnologia (o INT, localizado no Rio de Janeiro). As duas instituições foram fundadas entre 1933/1934, mas tiveram como antecessores laboratórios que já atuavam no campo da pesquisa tecnológica de materiais. O IPT é herdeiro direto do Laboratório de Ensaio de



Materiais (LEM), de 1926 (porém, oficialmente, apenas de 1931), que por sua vez foi fundado a partir de uma remodelação do antigo Gabinete de Resistência de Materiais (GRM) da Escola Politécnica de São Paulo, que tinha começado sua atuação em 1899 (IPT, 1999, p. 8-15). O INT tem como antecessor a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, fundada em 1921 que, não obstante a data oficial de seu surgimento, já existia informalmente como um setor no Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, criado por decreto federal em 1907 (INT, [1981]/2008, p. 9-11).

A organização dessas instituições, a partir dos anos 1930, guarda relações com as alegadas preocupações em fortalecer o desenvolvimento industrial brasileiro - e, posteriormente, tem envolvimento na trajetória da pesquisa em ciência e engenharia de materiais no Brasil. No entanto, queremos recuperar aqui, inicialmente, a atuação dos laboratórios anteriores tanto ao IPT como ao INT e alguns dos debates que estavam presentes nessas ações e, principalmente, nos discursos institucionais e que denotam a preocupação dos engenheiros, cientistas e industriais brasileiros com o desenvolvimento tecnológico nacional, sobretudo em três áreas que foram pioneiras na pesquisa tecnológica brasileira de materiais: indústria da construção, mecânica de solos e combustíveis.

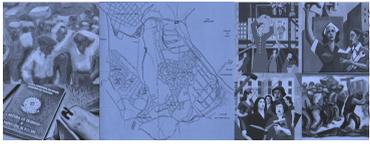
O Gabinete de Resistência de Materiais (GRM) foi criado em 1899, logo após a fundação da Escola Politécnica de São Paulo, de 1894, instituição à qual estava ligado. Não sendo a primeira escola de engenharia do Brasil, ainda assim a Politécnica de São Paulo e, mais precisamente, o GRM organizam institucionalmente o uso de técnicas precisas de ensaios de materiais para a incipiente indústria brasileira: “*Foram assim estudados, de acordo com a melhor técnica experimental de então, todos os materiais de produção local: pedras, tijolos, telhas, madeiras, cais e o cimento ‘Rodovalho’*” (IPT, 1939, p. 16). O engenheiro austríaco Wilhelm Fischer, até então assistente de Ludwig Tetmayer no Laboratório de Ensaio de Materiais do Instituto Tecnológico de Zurique, foi chamado em 1903 por Antonio Francisco de Paula Souza para comandar o GRM, iniciando assim a pesquisa tecnológica na área de resistência de materiais no Brasil (VARGAS, 1994, p. 219) - não obstante duas experiências isoladas do século XIX, no Rio de Janeiro, possam ser citadas no mesmo sentido: os ensaios de José e



André Rebouças sobre madeiras (1877) e os ensaios de vários materiais de construção realizados por Adolpho José Del Vecchio e publicados em 1884 (COSTA, 2009, p. 84).

A realização dos ensaios de materiais feitos pelo GRM resultou no que Milton Vargas denomina como o primeiro trabalho sobre tecnologia publicado no Brasil, o *Manual de Resistência de Materiais*, de 1905. O *Manual* traz resultados de experimentos realizados com diferentes materiais utilizados na indústria da construção em São Paulo, incluindo até mesmo ensaio de concretos, que ainda era pouquíssimo empregado no Brasil, além de tijolos, telhas, manilhas e areias. A divulgação do *Manual* e a ampliação paulatina do GRM fez com que o Gabinete - que também servia como laboratório didático - participasse na produção tecnológica para as necessidades de ampliação industrial e urbana, principalmente em São Paulo. São desses anos iniciais os estudos de tubos de ferro fundido para sistemas de água e esgotos, concreto armado para os primeiros arranha-céus, metalografia e corpos de prova para diversas indústrias, além de mais de uma dezena de estudos de pedras naturais, areia e outros materiais granulosos de solos (IPT, 1999, p. 10). Em 1926, o GRM é ampliado e transformado no Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM), com apoio financeiro de três companhias ferroviárias, Paulistana, Mogyana e Sorocabana, que eram usuárias dos serviços do GRM, em decorrência da necessidade de aumentar a capacidade dos ensaios. Poucos anos depois o LEM seria reorganizado e daria origem ao IPT.

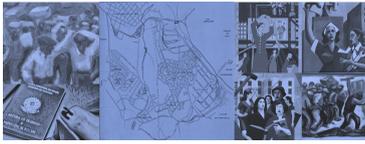
Na capital federal, no mesmo período da primeira república, a Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, fundada em 1921, não apenas tinha como objetivo investigar materiais como xisto betuminoso e minério de ferro, com vistas a serem empregados na indústria, mas também jazidas para fabricação de cimento e materiais refratários para construção, ou seja, cerâmica (CASTRO; SCHWARTZMAN, [1981]/2008, p. 13). Pouco depois da instalação da Estação, foi iniciada a pesquisa do álcool-motor e do carvão, complementando os ensaios de materiais realizados pela instituição. O engenheiro Ernesto Lopes da Fonseca Costa, diretor da Estação, introduz já em 1928 o uso de raios-x ao estudo do carvão, cujos resultados foram por ele publicados em “*Possibilidades econômicas do carvão de Santa Catarina*”, sofisticando assim a pesquisa tecnológica de materiais no Brasil, o que leva a bibliografia a considerá-lo também um dos iniciadores do campo no país (MOUTINHO, 2022, p. 17).



Nos anos de funcionamento da Estação, os engenheiros, técnicos e cientistas que nela atuavam realizaram ensaios e experimentos para a indústria brasileira principalmente com carvão, xisto, álcool e até mesmo ferro-manganês (usado para aumentar a resistência do aço na construção), produzido pela primeira vez no Brasil em 1927. No início dos anos 1930, a Estação foi incorporada à Diretoria Geral de Pesquisas Científicas do Ministério da Agricultura, mas logo os interesses políticos e econômicos no desenvolvimento tecnológico brasileiro levariam à transformação da Estação no INT (CASTRO; SCHWARTZMAN [1981]/2008, p. 20).

O estudo sistemático da resistência de materiais pode ser considerado o início da pesquisa de materiais a partir da segunda revolução industrial. E mesmo muito antes do estabelecimento de instituições dedicadas à pesquisa tecnológica, a preocupação empírica com os materiais relaciona-se diretamente ao incremento tecnológico, sobretudo a partir da segunda metade do século XX. Em “*Materials in History and Society*” os historiadores da tecnologia Melvin Kranzberg e Cyril Stanley Smith (este último também metalúrgico, tendo trabalhado no Projeto Manhattan), estudo escrito nos anos 1970 e publicado em “*The Materials Revolution*” afirmam: “*As a field, MSE* [a sigla, em inglês, para CEM] *is young. There is still no professional organization embodying all of its aspects, and there is even some disagreement as to what constitutes the field*” (MIT, 1988, p. 88). Ou seja, o reconhecimento da Ciência e Engenharia de Materiais como um campo próprio de pesquisa tecnológica só se dá na segunda metade do século XX; no entanto, Kranzberg e Smith (e outros historiadores da tecnologia) levam seus estudos às mais remotas épocas do Antropoceno, exemplificando a história de uso e transformação dos materiais desde a antiguidade - os autores, inclusive, no estudo supracitado -, pois a relação da humanidade com a natureza sempre foi dependente da sua transformação material - uso, compreensão (empírica e, depois, científica) e criação de materiais.

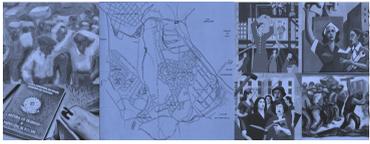
Ao listar as evoluções materiais dessa relação, os historiadores da tecnologia atribuem às revoluções científicas a maior compreensão dos materiais e seu entendimento científico. Em “*Dupla transferência: o caso da mecânica de solos*”, de 1990, Milton Vargas retoma esse entendimento da resistência de materiais como a ciência aplicada, na qual localiza o aparecimento da tecnologia como uma aproximação



da técnica com a ciência moderna - ao citar as observações de Galileu sobre o que ele denominou duas “novas ciências” em 1638 (a saber, a força dos materiais e o movimento dos objetos), Vargas afirma: “*E é justamente uma das suas ‘novas ciências’ a que hoje se chama Resistência de Materiais - uma ciência aplicada, onde se ensina a aplicação dos teoremas da mecânica racional ao problema técnico do dimensionamento das peças resistentes de uma estrutura ou de uma máquina. Essa, sem dúvida, foi a origem da tecnologia como utilização das teorias científicas na solução de problemas técnicos*” (VARGAS, 1990, p. 7).

A interposição tecnologia e ciência, ciência pura e ciência útil e/ou aplicada, *ars* e *techne*, alcunhas distintas para tantos períodos diferentes, precisa levar em conta, e não seria diferente no Brasil industrializado a partir da segunda revolução industrial, que não são saberes opostos, mas intimamente dependentes, como afirma, por exemplo, o historiador (e também engenheiro) Gildo Magalhães: “*A inovação tecnológica pode estar baseada nas descobertas científicas, ou inversamente as necessidades inovativas tecnológicas podem gerar conhecimentos científicos, ou ainda ambas as coisas pois as interações entre elas são comuns*” (SANTOS FILHO, 2004, p. 25). E, para o desenvolvimento da Ciência e Engenharia de Materiais, essa identificação é uma regra, e não apenas no Brasil - que levaria algumas décadas para estabelecer formalmente o campo - ainda que a pesquisa tecnológica de materiais, o estudo dos materiais para a indústria feito em laboratório e utilizando recursos científicos, já fosse realizada no Brasil desde pelo menos o início do século XX. No artigo de Tamás Szmrecsányi no qual propõe uma história econômica da ciência e da tecnologia, o autor cita a pesquisa de materiais para o final do século XIX, já a denominando como ciência de materiais - e relacionando-a às práticas de padronização de testes e medidas:

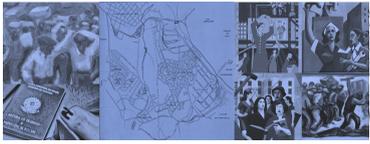
Na segunda metade do século XIX, a exploração e a expansão das fronteiras tecnológicas requeriam apenas conhecimentos científicos bastante rudimentares (...). Mas, estes processos, por sua vez, conduziram a um aprofundamento dos conhecimentos e dos estudos físicos e químicos relativos à fusão e à gaseificação dos metais, e a metalurgia científica apareceria no fim do século XIX através da “ciência de materiais” e da padronização dos testes e das medidas. Por outro lado, é importante observar que, mesmo sendo bastante rudimentares sob o ponto de vista estritamente científico, os novos conhecimentos subjacentes ao progresso técnico da época foram decisivos, não somente para a própria existência deste como - e sobretudo - para o desenvolvimento econômico que dele resultou. (SZMRECSÁNYI, 2001, p. 191).



A padronização de testes e medidas, a aplicação e a cientifização da resistência de materiais, realizadas sob a égide do desenvolvimento científico desde fins do século XIX, associadas à segunda revolução industrial e ao aprofundamento da compreensão da matéria, todas essas características que cercam a ciência e a engenharia dos materiais, foram praticadas também no Brasil em seus laboratórios pioneiros de pesquisa tecnológica antecessores do IPT e do INT. Em adendo, a consecução das novas instituições ansiava por aprofundar essa associação da ciência com a técnica. O primeiro diretor da Estação Experimental de Combustíveis e Minérios, Ernesto Lopes da Fonseca, escreveu em 1934, sobre a fundação do INT: *“Não se pode aproveitar uma matéria-prima sem o conhecimento exato de sua essência, isto é, sem a determinação dos algarismos que definem as suas propriedades, critério único que deve presidir as operações industriais orientadas pela ciência”* (MOUTINHO, 2022, p. 27). Poucos anos depois, em 1947, o engenheiro Armando de Arruda Pereira, que foi diretor por mais de 20 anos da Cerâmica São Caetano S.A. - empresa que possuía seus próprios laboratórios de desenvolvimento tecnológico -, escreveu *“Existem indústrias que se desacreditaram por falta de experiências iniciais. (...) É também o laboratório que resolve esse problema, de acordo com o resultado obtido pelas análises, determinando o tipo de máquina a ser adotado. O futuro do Brasil, a nossa riqueza, depende, estou certo, em grande parte, das sentenças e leis que forem ditadas pelos laboratórios”* (PEREIRA, 1947, p. 13). Ou seja, a associação entre a pesquisa científica realizada no Brasil já era entendida como necessária ao desenvolvimento econômico, sobretudo na relação com a pesquisa tecnológica, daquela dependendo, o que também foi regra para a pesquisa e o desenvolvimento de materiais.

2. A fundação dos institutos de pesquisa tecnológica e de normalização técnica na relação com a pesquisa em materiais

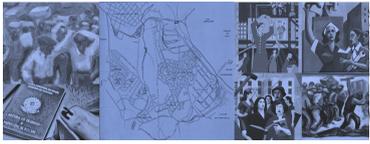
Os anos 1930 são identificados como paradigmáticos no Brasil tanto para a sua industrialização como para o estabelecimento da pesquisa científica e tecnológica. A indústria de bens de produção, no entanto, vai se estabelecer apenas no período após a Segunda Guerra Mundial, pois mesmo a produção interna de ferro e aço até então era



incapaz de suprir a demanda interna (SUZIGAN, 1986, p. 256). Porém, já eram desenvolvidas pesquisas para as indústrias brasileiras nesse sentido desde pelo menos os anos 1920, como afirmado anteriormente, sendo a indústria da construção a maior consumidora da pesquisa em materiais naquele momento e tendo se dedicado à investigação de cimento, concreto, aço e ferro, por exemplo. No início dos anos 1930 a fundação tanto do IPT como do INT tiveram como objetivo aumentar as pesquisas tecnológicas para a indústria. No ano de 1934 foi fundada a Universidade de São Paulo, organizando diversas instituições de ensino e de pesquisa que já atuavam no Brasil. Portanto, a reorganização institucional preocupava-se com a inserção do país na ciência e na tecnologia desenvolvidas no momento, ainda que de forma incipiente.

O anterior Laboratório de Ensaio de Materiais deu origem ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas, o IPT, em 1934, que foi então organizado em seis seções: química, metrologia, verificação de estruturas, geologia e minas, fundição, solos (IPT, 1939, p. 8). A antiga Estação Experimental de Combustíveis e Minérios foi refundada como Instituto Nacional de Tecnologia, o INT, em sete seções: metalurgia, combustíveis, materiais de construção, física tecnológica e medidas físicas, química tecnológica, matérias primas vegetais e animais, indústrias de fermentação (CASTRO; SCHWARTZMAN, [1981]/2008, p. 26). Essas divisões internas dos institutos, ainda que tenham sofrido reorganizações posteriores - para acolher as diferentes demandas às quais foram submetidos - denotam o caráter tanto de dedicação ao mesmo tempo à ciência e tecnologia como, ainda mais na sua atuação nos anos imediatamente posteriores, ao fomento da industrialização brasileira. Especificamente, no caso do INT, a seção de física tecnológica e medidas físicas foi montada e dirigida pelo físico alemão Bernhard Gross, a quem Moutinho atribui o início da Ciência e Engenharia de Materiais no Brasil:

Trabalhando continuamente em diversos temas, Gross iniciou no Brasil, de forma pioneira, a pesquisa em Física da Matéria Condensada, pilar da Ciência e Engenharia dos Materiais. Bernhard trabalharia em pesquisas no campo dos eletretos, a partir de um trabalho encomendado pela companhia de energia elétrica Light, do Rio de Janeiro. Não parou mais. O conhecimento desenvolvido por Gross permitiu o avanço nas aplicações industriais desses materiais, das quais uma das mais difundidas é o microfone de eletretos, criado no contexto dos laboratórios Bell por Gerhard Sessler e James West, que solicitaram a patente da invenção em 1962 (MOUTINHO, 2022, p. 36).

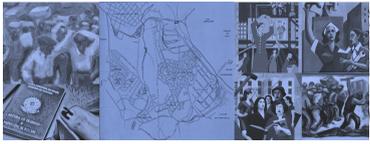


Portanto, a pioneira pesquisa com eletretos realizada por Bernhard Gross no INT, feita a partir da encomenda da Light, logo no início do instituto, é um dos exemplos da atuação científica e tecnológica da área de materiais no Brasil. No mesmo período, no IPT, o químico Luciano Barzaghi, chefe da seção de química (que continha uma subseção de cerâmica), em conjunto com Adalberto Salge, estabeleceu os parâmetros de análise granulométrica ainda utilizados na análise de argilas para a indústria da construção, como explica o engenheiro português João Mascarenhas Mateus em obra publicada em 2002:

A aplicabilidade de uma argila na fabricação de tijolos e ladrilhos pode actualmente ser avaliada por uma combinação de testes sobre pequenos provetes, obedecendo a normas como os Standards for the American Ceramic Society. Os testes consistem na análise granulométrica, nas medições do limite de plasticidade, da humidade natural, da humidade pós moagem e do comportamento da argila antes e após a cozedura. [...] são medidos os valores de retração linear, da tensão de ruptura à flexão, da absorção de água, da porosidade aparente, da massa específica e a cor. Esses valores são comparados com os limites estabelecidos em 1948 por Barzaghi e Salge (MATEUS, 2002, p. 168).

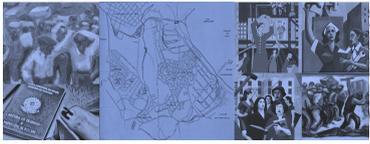
Esses são apenas dois exemplos de inúmeras pesquisas realizadas pelos físicos e químicos que atuaram no IPT e no INT nos seus anos iniciais e que foram incorporadas às tecnologias industriais. No entanto, até a fundação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em 1940, a maior demanda dos institutos era relativa aos ensaios de materiais para a indústria da construção, principalmente do concreto. A normalização técnica era uma necessidade dos industriais e empresários da construção. Na conferência proferida pelo economista norte-americano Nathan Rosenberg em 1981, com base nas suas pesquisas realizadas nos Bell Laboratories (texto intitulado “Quão exógena é a ciência?” que integra a sua obra “*Por dentro da caixa preta: tecnologia e economia*”), o autor traz uma reflexão sobre o papel dos testes e medidas na relação entre tecnologia e ciência - e atenta para o cuidado a não levar tal associação a um determinismo tecnológico. Assim, afirma o autor: “*Refiro-me ao desenvolvimento de técnicas de observação, de testes e medidas - em resumo, de instrumentação*” (ROSENBERG, [1981]/2006, p. 239).

Antes da fundação da ABNT, em 1940, o IPT e o INT (e as universidades e seus laboratórios aos quais eles estavam ligados) também eram responsáveis pela normalização (ou, ao menos, as tentativas dessa recomendação) da produção das



indústrias nacionais (ABNT, 2011, p. 51). A demanda da indústria brasileira, sobretudo a de construção, pelas pesquisas tecnológicas foi a justificativa fundamental empregada para a (re)fundação dos dois institutos - levando-se em consideração, não obstante, as condicionantes específicas à reorganização dos dois órgãos orquestrada pelo poder público após o fim da primeira república e, ao menos para o caso do IPT, a fundamental associação com a fundação da Universidade de São Paulo e a incorporação da Escola Politécnica a essa, o que integrava um projeto ainda maior de tornar esse instituto mais ligado à pesquisa ao mesmo tempo científica e tecnológica (NAGAMINI, 1994, p. 260). Essa última característica também esteve presente na organização do INT, mesmo tendo pouco depois de sua fundação sido ligado ao Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio (CASTRO; SCHWARTZMAN, 2008, p. 25).

Não obstante fosse a normalização técnica uma preocupação em vários setores industriais, a necessidade de padronização na construção civil, principalmente no uso de concreto armado, levou à criação, em 1940, do órgão nacional de normas técnicas. Em 1937 começaram, no INT, as reuniões de laboratórios nacionais para um órgão nacional de normalização e dois anos depois foi fundada, no INT, a Associação Brasileira de Ensaio de Materiais pelo engenheiro Ary Torres, que havia sido diretor do antigo LEM, em São Paulo (MOUTINHO, 2022, p. 39). Torres também havia sido diretor da Associação Brasileira de Cimento Portland (usado no concreto armado), uma instituição privada criada em 1936 para o estudo do cimento (ABNT, 2011, p. 48). E muito das movimentações nos anos 1930 em direção à criação de um órgão nacional de normalização tiveram a ver com as discrepâncias entre as especificações do cimento Portland dadas pelo IPT e pelo INT para as indústrias que a eles solicitavam ensaios (ABNT, 2011, p. 49). Na quarta reunião dos laboratórios nacionais, capitaneada pelo INT, foi fundada a ABNT e elaboradas várias especificações de diversos materiais. Foram organizadas, pouco depois, 17 seções diferentes, cujas nomenclaturas expressam os estudos e pesquisas realizadas internamente na Associação e por ela aferidas e regulamentadas e que tem denotam as relações com as indústrias: açúcar e álcool; elementos de máquinas; códigos de instalações hidráulicas; material ferroviário; produtos químicos industriais; solos; tecidos; códigos de obras; couros; cacau; desenho



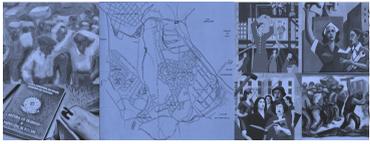
técnico; estruturas de madeira; módulos de construção; petróleo; vocabulários técnicos; óleos e gorduras vegetais; e sabão (ABNT, 2011, p. 54).

Nos anos 1950 foram incorporadas seções dedicadas às especificações para petróleo e GLP. Houve, portanto, uma relação direta com o desenvolvimento das atividades industriais brasileiras e, entre os anos 1940 e 1950 a ABNT aumentou sua participação nos estudos de materiais não apenas mais para a indústria da construção, atribuição conectada imediatamente com a sua fundação, mas que, no quadro geral da industrialização brasileira, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, estava a serviço de novas demandas. Ao apresentarem as “*Novas tecnologias e o desenvolvimento industrial brasileiro*”, artigo de Shozo Motoyama, Cesare Galvan, Eduardo Barcelos, Paulo Marques e Ulisses Capozoli sobre a industrialização brasileira a partir do final dos anos 1930, ao tratarem da importante relação do IPT, do INT e da ABNT com a indústria, sobretudo para depois dos anos 1940, os autores afirmam sobre essas novas demandas, que ainda assim, em muito diferiam dos países mais centrais no capitalismo mundial:

Enquanto cientistas norte-americanos, alemães, ingleses e franceses desenvolviam a física nuclear, a biologia molecular e a química quântica, os pesquisadores brasileiros davam os primeiros passos na investigação científica. É verdade que aprendiam rapidamente, capacitando-se num tempo pequeno. Porém, no geral, não passavam de aprendizes de feiticeiros, além de seu número ser extremamente pequeno. O mesmo poder-se-ia dizer da pesquisa tecnológica. A despeito de existirem áreas como a tecnologia civil, que inaugura as suas investigações já no início do século, a maioria delas estava ensaiando os seus primeiros passos, timidamente (MOTOYAMA, 1994, p. 322)

O IPT e o INT continuaram a contribuir com os estudos que passaram a ser realizados nas seções da ABNT. Eram, a rigor, instituições parceiras, cujos engenheiros e cientistas atuavam nas mesmas instituições e também nas universidades brasileiras que, a partir dos anos 1930 e 1940, se estabeleceram mais fortemente. Entre 1940 e 1945, ligada à política nacionalista do Estado Novo, pôs-se em marcha um projeto pontual intitulado “Instituto Nacional de Ciência Política” (INCP), que sobre a pesquisa de materiais no Brasil afirma, em 1942:

Mas, sendo a física e a química ciências, que estão em plena evolução, preciso se faz que a técnica acompanhe de parte o progresso das mesmas. Além disso, a nossa indústria e a nossa engenharia devem prover-se de elementos do próprio meio brasileiros para que não fiquem a depender de matérias primas e da experiência



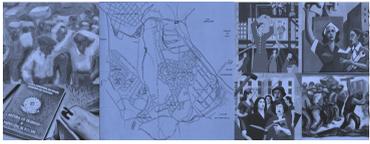
estrangeiras. Indispensável era, portanto, um órgão que estudasse cientificamente os materiais nacionais, a fim de indicar-lhes o aproveitamento ou emprego econômicos (apud MOUTINHO, 2022, p. 47).

O texto, institucional (e estadonovista), precisa ser compreendido em seu momento histórico, mas contém elementos do que se configurava como a pesquisa em materiais no Brasil nos anos 1940. Faz referência ao papel fundamental do INT como o órgão denominado, para tal. E, naquela década, tais investigações feitas de forma científica eram realizadas também no IPT e na ABNT - essa última, mais dependente dos laboratórios institucionais e privados (no ano de sua fundação, congregando 130 deles) para a elaboração dos testes com vistas à publicação das suas normas. E muita influência era recebida da produção científica e tecnológica estrangeira - ainda que o INCP assim a contestasse.

3. A pesquisa em materiais no Brasil como um campo: considerações gerais sobre as possibilidades da CEM nacional

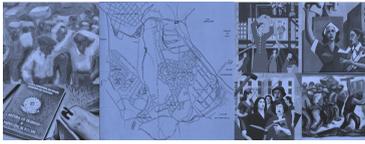
O estabelecimento da pesquisa científica no Brasil, sobretudo dentro de instituições universitárias, é tardio, mesmo em relação à América Latina. Diversas universidades isoladas foram fundadas no início do século XX e mesmo antes, durante o século XIX - após a transferência da corte portuguesa - já eram realizadas, ainda que pontualmente, pesquisas científicas no Brasil: “*Até fins do século XIX havia algumas atividades de pesquisa científica em mineralogia, química, ciências naturais, agronomia, zoologia, e estudos de problemas bacteriológicos e microbiológicos, limitadas e parcialmente distribuídas*” (SUZIGAN; ALBUQUERQUE, 2008, p. 12). É o que a bibliografia denomina como primeira e segunda ondas de formação de instituições de pesquisa. O início da produção sistemática de pesquisas tecnológicas em materiais pode ser relacionada às classificadas segunda, terceira e quarta ondas (esta última, o período de criação de instituições pós Segunda Guerra Mundial), sendo a segunda e terceira ondas concernentes ao período dos laboratórios do IPT e do INT e seus antecessores.

A identificação das primeiras ondas com a “Little Science” e da última (aqui citada) com a “Big Science” - de acordo com a divisão criada pelo físico e historiador



Derek John de Solla Price em 1963 - é um dos objetos da estratégia de pesquisa proposta por Simon Schwartzman para a história da ciência no Brasil em “*Ciência e História da Ciência*” (SCHWARTZMAN, 1976), qual seja, investigar os efeitos da “Big Science” sobre a ciência brasileira. Duas obras organizadas posteriormente por Milton Vargas e Shozo Motoyama e já consideradas clássicas - as duas dos anos 1990 (*História da técnica e da tecnologia no Brasil* e *Tecnologia e industrialização no Brasil, respectivamente*) - trazem estudos que compreendem o período correspondente à “Big Science” para vários setores tecnológicos dependentes da produção científica, como armamentos, telecomunicações, energia nuclear, siderurgia, química, biotecnologia e informática. E os estudos específicos para esses diferentes setores alinhavam a dependência com o desenvolvimento tecnológico, afinal, como Schwartzman afirma, é uma característica da “Big Science” que ela: “(...) *integra, efetivamente, uma série de atividades que vão desde a pesquisa básica até sua aplicação prática*” (SCHWARTZMAN, 1976, p. 18).

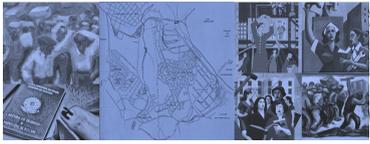
E no artigo de 1994 de Shozo Motoyama, Cesare Galvan, Eduardo Barcelos, Paulo Marques e Ulisses Capozoli “*Novas tecnologias e o desenvolvimento industrial brasileiro*” (MOTOYAMA, 1994, p. 315-351), ainda que os autores estivessem mais dedicados a apresentar a relação da tecnologia com o desenvolvimento econômico, sobretudo a partir dos anos 1940, com vistas a propor uma abordagem da consolidação do capitalismo no Brasil que não atribuísse o desenvolvimento ao conceito de capitalismo tardio (na verdade, para os autores, que o superasse pela análise da tecnologia), os exemplos de instituições, tecnologias e indústrias por eles apresentados estavam alinhados à pesquisa científica. Em diversas passagens os autores citam as instituições que percorriam o desenvolvimento tecnológico atrelado à ciência, tratam da transferência tecnológica, acolhida tanto em empresas como pelos pesquisadores, e utilizam o conceito de C&T, principalmente para a produção tecnológica nas décadas posteriores à Segunda Guerra Mundial. Ainda que os autores não abordem especificamente as pesquisas em materiais, podemos associar sua análise, somada à divisão das ondas de criação institucional com a tentativa de definição do campo da Ciência e Engenharia de Materiais dada pela historiadora Bernadette Bensaude-Vincent em “*The construction of a discipline: Materials Science in the United States*”:



What can be the coherence of a field of research which includes such diverse subjects as wood, concrete, paper, polymers, metals, semiconductors, and ceramics? What do material scientists have in common? The generic concept of materials is in itself a challenge because each material is a singular, if not a unique substance with specific properties adapted to specific functions. In the context of the cold war, materials science has been shaped as a fundamental interdisciplinary academic science strongly supported by the federal government. Then in the seventies and eighties, the profile of materials science was reshaped with a strong emphasis on processes and stronger links between science and industry. Over the past decade, despite repeated attempts to promote materials science as a unified discipline, the research field moved in many different directions and its unity is far from obvious (BENSAUDE-VINCENT, 2001, p. 1).

Portanto, a Ciência e Engenharia de Materiais como um campo se configura na segunda metade do século XX e está imbricada ao período após a Segunda Guerra Mundial e também ao desenvolvimento de novos materiais do ponto de vista científico, atrelado à tecnologia, à indústria e dependente do sistema econômico e dos interesses das políticas de C&T, nos Estados Unidos e, podemos afirmar, também no Brasil - em adendo, a criação do primeiro curso de Engenharia de Materiais aqui (na UFSCar) e, paulatinamente, a constituição formal do campo, teve a influência de pesquisadores norte-americanos. Ainda em análise ao caso norte-americano de desenvolvimento do campo, afirmam Kranzberg e Smith: *“In its development MSE not only involved cooperation among different branches of science and engineering, but also collaboration among different kinds of organizations. Industrial corporations, governmental agencies, and universities have worked together to shape the outlines and operation of this new field”* (KRANZBERG; SMITH, 1988, p. 89).

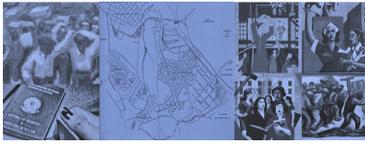
Às dificuldades de definição do campo da Ciência e Engenharia de Materiais, como expõe Bensaude-Vincent, a partir dos materiais em si, mas a sua relação direta com a C&T e, ao mesmo tempo, com a industrialização, contemplando mesmo a participação das políticas governamentais, ou seja, uma área constituída formalmente nas décadas intermediárias do século XX, cabem algumas considerações mais consensuais sobre qual é o recorte científico-tecnológico que o campo abrange. A CEM pode ser identificada como uma área de produção de conhecimento e de tecnologia desde o século XIX, mas sua configuração a partir da segunda metade do século XX em muito difere das suas origens - e a sua denominação é circunscrita ao período mais recente. A área de materiais é dividida atualmente em três setores principais, definidos



pelas propriedades físicas e químicas de todos os materiais - sintetizados artificialmente ou não - que compõem a produção dos inúmeros artigos presentes na vida humana contemporânea: cerâmica, metais e polímeros (esses últimos comumente denominados “plásticos”). Quase todos os materiais atualmente existentes podem ser distribuídos nessas categorias (ou a mais de uma simultaneamente, os chamados “compósitos”). Essa divisão, que leva em consideração a composição molecular e as propriedades físicas dos materiais foi sendo elaborada na segunda metade do século XX - e entre os estudos de ciência dos materiais novas divisões podem ser identificadas, por existirem atualmente materiais que não se encaixam nessas categorias tradicionais, como os biomateriais entre outros, tais como os novos setores a serem abertos pela nanotecnologia (HAGE JR., 1998, p. 98-99).

No trabalho de Wilson Suzigan e Eduardo da Motta e Albuquerque, de 2008, intitulado “*A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil*”, no qual analisam essa relação do ponto de vista de uma história econômica da ciência e da tecnologia - como proposto em 2001 por Tamás Szmrecsányi -, os autores citam três áreas do conhecimento sobre as quais debruçam suas considerações. E uma delas é a engenharia de materiais, atrelada à mineração e à engenharia metalúrgica. Para tanto, se utilizam de um trabalho publicado em 2007 por Evandro Mirra de Paulo e Silva, engenheiro e professor da UFMG. Suzigan e Albuquerque citam a criação do curso de pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais em 1973 na UFMG e a imediata colaboração dos pesquisadores daquela instituição com as empresas da área de mineração que até então trabalhavam com tecnologias importadas. Dessa análise de Suzigan e Albuquerque, dois aspectos aqui nos interessam: a identificação da engenharia de materiais como uma área relevante para compreender a relação da ciência com a tecnologia em uma análise da história econômica e a ausência de referência à outros dois cursos universitários em Ciência e Engenharia de Materiais que já tinham sido iniciados no Brasil antes de 1973.

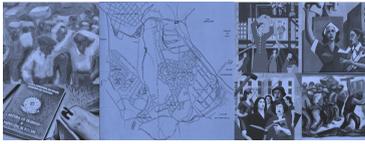
E, ainda, tangencialmente a essas considerações, é relevante notar a consonância entre ciência e tecnologia no campo dos materiais que, no Brasil, acabaram por separar-se em duas frentes - naquele momento, ao menos - em engenharia de materiais e ciência de materiais. E esse aspecto de um tratamento único para o que se denominou



CEM era um ponto importante na conformação do campo, como afirmam Kranzberg e Smith: “*MSE is directed toward the solution of problems of a scientific and technological nature bearing on the creation and development of materials for specific use. This means that it couples scientific research with engineering applications of the end product: one must speak of materials science and engineering as an ‘it’ rather than ‘them’*”. (KRANZBERG; SMITH, 1988, p. 89). Ciência e tecnologia se coadunam em diversos campos do conhecimento, inclusive no de materiais. Porém, no Brasil, a fundação dos primeiros cursos voltados especificamente para essa área, priorizaram a sua associação com a engenharia. O primeiro curso superior de graduação em Engenharia de Materiais no Brasil foi aberto em 1970 na UFSCar. No final dos anos 1960, o Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro abriu um curso de pós-graduação (existente até os dias atuais) especificamente em Ciência dos Materiais, oriundo do curso de Engenharia Metalúrgica da mesma instituição (que foi transformado em Engenharia de Materiais em 2004). O curso superior da UFSCar recebeu como primeira designação Engenharia de Ciência dos Materiais, logo substituído por Engenharia de Materiais. Sobre os antecedentes da fundação do curso, dispõe uma publicação da própria universidade (que divulga um pequeno histórico na proposta de reformulação da grade curricular do curso, em 2004):

Com a evolução da CEM, não apenas foram desenvolvidos novos materiais com as propriedades necessárias aos grandes projetos já mencionados, mas também novos materiais com propriedades antes desconhecidas foram disponibilizados, tal que a partir deles, novos dispositivos, em particular os eletrônicos, puderam ser projetados e hoje revolucionam o nosso cotidiano. O valor mais transcendental de um material está no que a sociedade pretende fazer com aquilo que se fabrica com ele. Foi na década de sessenta do século passado que começaram a ser criados os primeiros cursos de Ciência e Engenharia de Materiais, visando a formar profissionais que atendessem às necessidades do novo campo de atuação profissional, reunindo os conhecimentos que passaram a caracterizar a área e capazes de estabelecer a ligação entre os conhecimentos científicos da área com os profissionais das demais engenharias, nos projetos dos dispositivos, objetos e equipamentos, visando a utilização otimizada dos materiais. Foi também na mesma década de sessenta que grupos pioneiros na área começaram a trabalhar no Brasil (UFSCar, 2004, p. 7).

A definição de CEM utilizada pelos organizadores do curso foi elaborada pelo engenheiro metalúrgico norte-americano Morris Cohen e seu grupo de pesquisa no Massachusetts Institute of Technology (MIT) em um livro publicado nos Estados Unidos nos anos 1970. A obra organizada por Cohen, com base nas publicações da

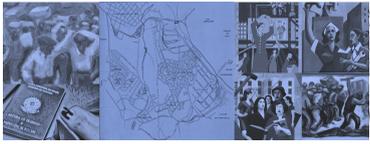


Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (COSMAT) foi traduzida e publicada pela UFSCar em 1986. Para o COSMAT, o campo Ciência e Engenharia de Materiais não deveria ser desmembrado em ciência e engenharia separadamente. Além disso, tanto nos cursos do Instituto Militar de Engenharia como no curso da UFSCar, além do anteriormente citado curso de pós-graduação da UFMG referenciado por Suzigan e Albuquerque, é patente a ligação da engenharia de materiais com a engenharia metalúrgica. O curso da UFSCar, inclusive, sofreu contestações de engenheiros à sua implantação:

A criação do curso, em 1970, num primeiro momento de “Engenharia de Ciência dos Materiais” e a realização do primeiro vestibular da UFSCar, foram motivos de reações e de denúncias junto ao Conselho Federal de Educação, com a instauração de inquérito. Considerava-se que era precipitado criar no Brasil um curso de engenharia na área de materiais e que deveria ser mais um dos vários cursos de Engenharia Metalúrgica existentes. Por outro lado, a proposta de implantação da Engenharia de Materiais, não apenas como curso, mas como atividade de pesquisa, recebia importantes contribuições de assessorias de pesquisadores e professores brasileiros e estrangeiros e a proximidade com as universidades estaduais paulistas a USP e a UNICAMP. (...). Mesmo que, por um lado, na própria origem e concepção, a Ciência e Engenharia de Materiais não admitisse a possibilidade de separação entre ciência e engenharia, por outro, envolvia uma estruturação interdisciplinar e multidisciplinar de conhecimentos e, conseqüentemente, uma estruturação de currículo, muito diferente daquela estabelecida para os cursos tradicionais de engenharia. Assim, as novidades enfrentaram resistências” (UFSCar, 2004, 8-9).

E, portanto, a organização formal do campo da Ciência e Engenharia de Materiais no Brasil começou a se estabelecer, sem entretanto prescindir dos seus antecedentes de pesquisa em materiais, realizada no país desde pelo menos os anos 1930 - e mesmo antes, quando os laboratórios das instituições que originaram o IPT, o INT e a ABNT já realizavam ensaios de materiais para a indústria -, tanto em relação ao conhecimento acumulado entre os pesquisadores e as instituições como na sua ligação com as demandas das indústrias. No entanto, assim como em outros locais fora do Brasil, aqui o estabelecimento da CEM foi resultado das necessidades de desenvolvimento tecnológico característico da Big Science e das demandas de produção relacionadas ao aperfeiçoamento da compreensão das matérias em si e dos materiais.

Conclusão



As sociedades industrializadas criaram um vasto domínio tecnológico muito estreitamente moldado por necessidades e incentivos econômicos. Esse domínio tecnológico, por seu turno, proporciona numerosos meios pelos quais a vida cotidiana se tornou extremamente ligada à ciência².

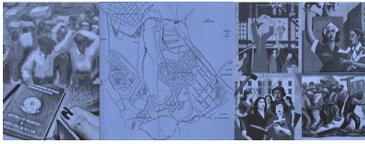
[Nathan Rosenberg, 1981].

Em dezembro de 1959 o físico norte-americano Richard Feynman - laureado Nobel poucos anos depois por suas descobertas na eletrodinâmica quântica - proferiu no California Institute of Technology (CalTech) a conferência “*There's Plenty of Room at the Bottom*” (“*Há muito espaço no fundo*”). A essa sua comunicação se atribuiu o embrião da nanotecnologia que, ainda que naquele momento não passasse de ficção científica - como disse o autor, só não fazíamos essa redução dos materiais às escalas nanoscópicas por não existirem, naquele momento, as tecnologias necessárias. Ele expôs diversas ideias sobre como rearranjar átomos e sintetizar novos materiais, ainda que emulando materiais macroscópicos naturais. O autor, inclusive, cita a Universidade do Brasil (desde 1965 Universidade Federal do Rio de Janeiro) em sua palestra, afinal Feynman era um frequentador dos polos de produção científica e tecnológica brasileiros, tendo feito diversas contribuições ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) nos anos 1950 e 1960 - uma instituição criada em 1949 para fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico nacional e que é há algumas décadas um polo de produção de ponta em ciência de materiais no Brasil.

A nanotecnologia aventada por Feynman em 1959 mudou nossas relações com a ciência e a engenharia de materiais na segunda metade do século XX. Para Feynman existia muito espaço no fundo porque ele entendia, e divulgava, que a compreensão dos materiais e sua transformação (além da sintetização de novos, chegando mesmo às escalas mais diminutas) ainda tinha muito a descobrir - e a se relacionar com as políticas de ciência e tecnologia da Big Science. Décadas depois de Feynman, o engenheiro inglês Mark Miodownik publicou, em 2013, um livro de divulgação científica sobre ciência e engenharia de materiais no qual afirma:

Por mais rápido que seja o ritmo da mudança em nossa tecnologia até agora, a organização fundamental de materiais no planeta não se alterou. Há coisas vivas que

²ROSENBERG, Nathan. *Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia*. Tradução José Emílio Maiorino. São Paulo: Editora da UNICAMP, [1981]/2006, p. 241.

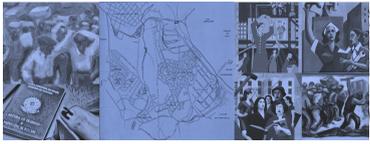


chamamos vida, e há coisas não vivas que chamamos rochas, ferramentas, prédios e assim por diante. Como resultado de nossa maior compreensão da matéria, no entanto, essa distinção provavelmente vai se tornar mais borrada quando entrarmos em uma nova era de materiais (MIODOWNNIK, [2013]/2015, p. 277-278).

E essa nova era de materiais passa não apenas pela nanotecnologia como também pela relação dos humanos cada vez mais intrínseca aos objetos transformados e integrados, no limite, aos nossos corpos. E que nunca deixaram de estar profundamente associados à produção de tudo que media a relação da humanidade com a natureza. Afinal, as limitações tecnológicas são, em última instância, limitações materiais.

As pesquisas no campo da ciência e engenharia de materiais no Brasil, como expusemos ao longo desse artigo, é anterior à configuração do que se denominou CEM. E, em nossa análise circunscrita ao caso brasileiro, podemos localizar diversos momentos de produção tecnológica relacionados à área de materiais desde a fundação dos primeiros institutos de pesquisa tecnológica no Brasil, sobretudo no papel do IPT, do INT e da ABNT. A realização de testes, medidas, ensaios e padronização, necessários tanto à adaptação da matéria-prima nacional às tecnologias importadas como a produção interna de materiais, sobretudo daqueles mais dependentes dos recursos e demandas internas - o caso, principalmente, dos bens circunscritos à indústria da construção e ao entendimento dos solos para tal - fomentou a pesquisa tecnológica aqui desenvolvida.

A história econômica da ciência e da tecnologia precisa lidar, no entanto, com três dimensões (como afirmam SUZIGAN e ALBUQUERQUE, 2008), além da ciência e da tecnologia em si, seu financiamento e as estruturas monetárias e financeiras concernentes a cada período. Para a ciência e engenharia de materiais no Brasil ainda cabe aprofundar a compreensão de seu papel em relação à Big Science - afinal, a própria consecução da CEM até em países desenvolvidos estava imbricada ao incremento tecnológico pós Segunda Guerra Mundial -, o que, como objeto de pesquisa, demanda entender as motivações (as alegadas e as difusas) da organização mais sistemática do campo a partir de fins dos anos 1960. Nesse sentido, buscamos ao longo de nossa exposição explorar os fundamentais antecedentes da pesquisa tecnológica de materiais, cuja acumulação de décadas no Brasil auxiliou que aqui se estabelecesse formalmente o campo depois, quase concomitantemente aos países desenvolvidos - por exemplo, em



XV Congresso Brasileiro de História
Econômica & 16ª Conferência
Internacional de História de Empresas
Osasco, 02 a 04 de outubro de 2023



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
PESQUISADORES
EM HISTÓRIA
ECONÔMICA

comparação à organização da CEM nos Estados Unidos, que também é dos anos 1960 - além de estarem os engenheiros e cientistas brasileiros em diálogo e influência com a produção externa também intelectual sobre tecnologia para que nacionalmente se estruturasse o campo, ainda que aqui mais próximos, institucionalmente, à engenharia.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *História da normalização brasileira*. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

BENSAUDE-VINCENT, Bernadette. The construction of a discipline: Materials Science in the United States. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, Berkeley, University of California Press, 31, part 2, 2001, 223-248.

CASTRO, Maria Helena Magalhães; SCHWARTZMAN, Simon. *Tecnologia para a indústria: a história do Instituto Nacional de Tecnologia*. Edição ampliada da 1ª edição de 1981. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2008.

COHEN, Morris (org.). *Ciência e engenharia de materiais*. Tradução J. R. Gonçalves da Silva. São Carlos: UFSCar, 1986.

COSTA, Luiz Augusta Maia. A presença norte-americana na Revista Politécnica. *Revista Pós FAUUSP*, v. 16, n. 25, 2009.

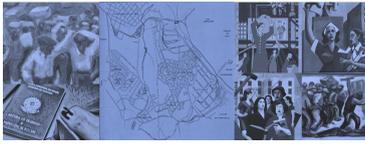
FURTADO, Celso Monteiro. *Formação Econômica do Brasil*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.

HAGE JR., Elias. Aspectos históricos sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de polímeros. *Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia*, São Carlos, v. 8, abr./jun., 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Histórico de sua evolução (1899-1939)*. São Paulo: IPT, 1939. (Série Boletim IPT, 20).

_____. *IPT: 100 anos de tecnologia*. São Paulo: IPT, 1999.

KRANZBERG, Melvin; SMITH, Cyril Stanley. “Materials in History and Society”. In: MIT. *The Materials Revolution*. Oxford: Basil well, 1988.



MIODOWNNIK, Mark. *De que são feitas as coisas: as curiosas histórias dos maravilhosos materiais que formam o mundo dos humanos*. Tradução Marcelo Barbão. São Paulo: Blucher, 2015.

MOTOYAMA, Shozo. Os principais marcos históricos em Ciência e Tecnologia no Brasil. *Revista Brasileira de História da Ciência*, São Paulo, n. 1, 1985.

MOTOYAMA, Shozo (coord.). *Tecnologia e industrialização no Brasil: uma perspectiva histórica*. São Paulo: Editora da UNESP, 1994.

MOUTINHO, Maurício. *INT: um século de inovações para o Brasil*. Rio de Janeiro: INT, 2022.

NAGAMINI, Marilda. *A contribuição da Escola Politécnica da USP na tecnologia e industrialização do Brasil (1880/1980)*. 1994. 254 f. Dissertação (Mestrado em História Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

ROSENBERG, Nathan. *Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia*. Tradução José Emílio Maiorino. Campinas: Editora UNICAMP, 2006.

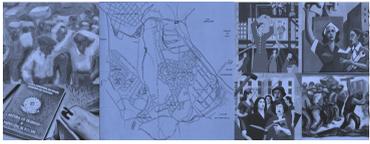
SANTOS FILHO, Gildo Magalhães do. *Ciência e ideologia: conflitos e alianças em torno da ideia de progresso*. 250 f. 2004. Tese (Livre Docência em História das Ciências, das Técnicas e do Trabalho) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SCHWARTZMAN, Simon. *Ciência e História da Ciência*. Rio de Janeiro: FINEP, 1976.

SUZIGAN, Wilson; DA MOTTA E ALBUQUERQUE, Eduardo. *A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil*. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2008.

SUZIGAN, Wilson. *Indústria brasileira: origem e desenvolvimento*. São Paulo: Brasiliense, 1986.

SZMRECSÁNYI, Tamás. “Esboços de História Econômica da Ciência e da Tecnologia”. In: Luiz Carlos Soares (org.). *Da Revolução Científica à (Big Business) Science: cinco ensaios de História da Ciência e da Tecnologia*. São Paulo: Hucitec, 2001.



XV Congresso Brasileiro de História
Econômica & 16a Conferência
Internacional de História de Empresas
Osasco, 02 a 04 de outubro de 2023



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
PESQUISADORES
EM HISTÓRIA
ECONÔMICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. *Curso de Graduação em Engenharia de Materiais*. Projeto Pedagógico. São Carlos: UFSCar, 2004.

VARGAS, Milton. Dupla transferência: o caso da mecânica de solos. *Revista USP*, São Paulo, dossiê, n. 5, 1990.

VARGAS, Milton (org.). *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora da UNESP, 1994.