

Capítulo 4

A experiência brasileira na educação em metrologia

A história da educação em metrologia, não apenas no Brasil, mas também em outros países mais industrializados, evidencia um período de maturação bem mais recente do que aquele do ensino fundamental e superior⁶³. Sem pretender retroagir ao extremo na história da educação brasileira e identificar a sua gênese, toma-se unicamente para efeito da contextualização pretendida, o governo provisório de Vargas na década de 30, como um marco importante para ancorar uma possível referência à trajetória que caracterizou o fluxo evolutivo do sistema educacional brasileiro e com ele o pano de fundo para a análise da estrutura da educação profissionalizante em metrologia objeto do presente capítulo desta pesquisa de mestrado. Esse marco pode ser localizado na criação do Ministério dos Negócios da Educação e Saúde Pública⁶⁴ que, embora meritoso por explicitar o tema “educação”, ainda o faz mesclando sua prioridade com o vasto e importante setor da saúde – de expressiva demanda e forte impacto social –, ancorando ambas as matérias numa mesma pasta ministerial.

Em janeiro de 1937, já agora presidente da República, Vargas funde em um novo ministério – Ministério da Educação e da Saúde⁶⁵ – os dois departamentos do interesse nacional, o da saúde e o da educação, ficando a educação superior em instância administrativa independente, sob a denominação de “Divisão de Ensino Superior”.

Foi, no entanto, somente em seu segundo governo, já na metade do século, em 1953, que finalmente o binômio saúde-educação foi dissociado, passando a existir na estrutura do governo brasileiro o Ministério da Educação e Cultura. E apenas recentemente, em 1985, surge o Ministério da Educação⁶⁶ (MEC).

⁶³ O presente texto origina-se de algumas reflexões do Professor Orientador, Maurício N. Frola, que, com atribuição de organizar um painel no Congresso Mundial de Metrologia “IMEKO, Croácia, 2003” e desenvolver livro sobre a experiência educacional em metrologia no mundo.

⁶⁴ Foi somente em 1930 — 11 dias após a vitoriosa revolução que levou Getúlio Dornelles Vargas à posição de chefe do governo provisório da República — que o binômio “saúde e educação” conquistou o *status* de Ministério na estrutura do governo federal, tendo sido criado, por força do Decreto 19.402, de 14 de novembro, o Ministério dos Negócios da Educação e Saúde Pública.

⁶⁵ Por força da Lei 378, de 13 de janeiro de 1937.

⁶⁶ Seguindo a mesma lógica do “desmembramento”, por força do Decreto 91.144, de 15 de março de 1985, José Sarney, ainda como vice-presidente de Tancredo Neves, cria o Ministério da Cultura e Ministério da Educação.

Sem pretender estabelecer referências comparativas com o Hemisfério Norte, que soube construir um sistema de educação absolutamente mais robusto, menciona-se, a título de reflexão, fato ocorrido nos Estados Unidos, 70 anos antes de Vargas ter criado o Ministério da Educação e Saúde Pública, decisivo para transformar os Estados Unidos em nação econômica e tecnologicamente desenvolvida. Mais que visionários, são também mensuráveis os resultados das sábias decisões que levaram o presidente Abraham Lincoln a (i) sancionar, em 1862, o *Land Grant Act*, formalizando a doação de terras de propriedade da União, a cada um dos Estados americanos, objetivando criar um fundo perpétuo para estabelecimento e manutenção de escolas superiores de agricultura e artes mecânicas⁶⁷; (ii) formalizar a criação, apenas um ano após, em 1863, da conceituada *National Academy of Sciences*, com a atribuição de promover a investigação científica sobre “qualquer assunto das ciências ou das artes”. Esses são dois exemplos pontuais de decisões que certamente permitiram aos EUA incluir, dentre seus indicadores de desenvolvimento científico, a conquista, na segunda metade do século XX, de índices da ordem de 50% de todos os prêmios Nobel já concedidos⁶⁸.

Registra-se ainda na história dos feitos notáveis de nossos vizinhos do Hemisfério Norte, é o fato memorável de Adam Smith, com sua fascinante e revolucionária teoria econômica que levou à publicação de “Riqueza das Nações” (*An Inquiry into the Nature and causes of the Wealth of Nations*) ter, bem antes, em 1776, sinalizado para a relevância da C&T no processo de desenvolvimento econômico.

A experiência da educação norte-americana, notadamente entre 1870 e o final da Primeira Grande Guerra, é reconhecida como exemplo de ação governamental visionária que marcou o processo de reestruturação do sistema educacional do País, adequando-a às necessidades induzidas pelo desenvolvimento industrial, criando um aparato de instituições governamentais e instrumentos de política concebidos para promover e regular o desenvolvimento

⁶⁷ Essa foi a origem das chamadas A&M (*Agriculture and Mechanical*), que deram origem à maioria das conceituadas universidades americanas que induziram o País a um inigualável patamar de desenvolvimento técnico-científico.

⁶⁸ De 1901 (ano de criação do Prêmio Nobel) a 1950, que é o ano de criação da *National Science Foundation*, cientistas radicados nos Estados Unidos receberam 20,4% dos prêmios em Física, 9,8% em Química e 18,6% de todas as distinções em Medicina, indicadores esses que são da ordem de 50% (mais precisamente, 57,9%, 45,8% e 62,9%, respectivamente) no período 1951-2000, refletindo o resultado de uma política voltada para a excelência da política educacional. Essas conquistas merecem destaque, notavelmente quando se considera que a economia americana sobreviveu à quebra da bolsa de Nova York (1929), sem contar o abalo decorrente do

científico e tecnológico, paralelamente à implementação de mudanças estruturais desde o ensino básico à universidade, passando pela revisão de currículos escolares, implementação intensa de cursos técnicos visando novas profissões e ocupações profissionais, culminando com a montagem de um sistema avançado de pós-graduação nas universidades americanas. Localizadas, identificam-se outras experiências impactantes, como foram os chamados programas de treinamento “*in company*”, convênios de cooperação industrial, cursos mistos com estágios obrigatórios nas fábricas, apoio explícito para criação da *Association for Corporation Schools*, *Society for the Promotion of Engineering Education*; *Taylor Society*, dentre outras experiências de educação essencialmente profissionalizante.

Outro fator de diferença reside no fato de a experiência americana ter contado, desde o início, com a intensa participação igualmente visionária⁶⁹ de alguns homens públicos, empresários e industriais que precocemente souberam perceber o impacto da educação no sistema de produção. A evidência desse fato ainda pode ser medida pela baixa participação (por muitos anos estagnada em 0,7% do PIB, hoje evoluindo para um patamar de 1,5%) dos investimentos em C&T no Brasil⁷⁰, índices esses fundamentalmente calcados em investimentos públicos.

trágico período do pós-guerra que “anestesiou” o desenvolvimento das ciências no continente europeu e em regiões da Ásia (NORO, 1999).

⁶⁹ Digna de nota foi a visionária atitude de Leland Stanford (Senador Republicano abolicionista da era Abraham Lincoln e governador da Califórnia aos seus 34 anos) que, em 14 de novembro de 1885, um ano após a morte por febre tifóide do filho de mesmo nome, fundou a Stanford University, a mais importante universidade do Oeste e reduto de vários Nobel. Não apenas fundou, mas acreditando no destino reservado a *Stanford's Ideal Destiny*, (... *an opportunity for an absolutely unique creation, ... sized upon the boldness of great minds*), doou fazenda de terras nobres em Palo Alto para sediar a sonhada universidade. Pessoalmente acompanhou os trabalhos de planejamento conduzido pelos melhores arquitetos por ele mesmo contratados.

⁷⁰ Ainda constitui contraste o fracionamento desses investimentos no Brasil e em outros países mais industrializados, em que é mais intensa a participação do capital privado em investimentos de C&T. O panorama mundial é inverso daquele se presenciou no Brasil até a década de 90. Enquanto no Japão o governo responde por 18% dos investimentos privados em C&T, na Alemanha, por 34%, na Inglaterra, por 36%, na França, por 48% e nos EUA, por 47%, no Brasil, a empresa privada apenas aporta 6% dos investimentos globais em C&T, tendo cabido ao Estado (governo federal) 67%. Do restante, cerca de 17% provieram dos Estados e Municípios; 3% das empresas estatais e a diferença de outras fontes, num contexto de uma contabilidade de grandes incertezas (MCT, 1994). Com a relativa recente implantação da ação das agências reguladoras, melhor racionalização das reversões em investimentos de C&T pela aplicação de *royalties* e leis de incentivos induzidas pelo governo brasileiro na década de 90, esses índices certamente evoluíram para patamares ainda não muito bem conhecidos. Apenas para contextualizar o impacto na economia, cabe destacar que surpreendentes foram os ganhos de produtividade alcançados pela indústria brasileira nesse mesmo período, evoluindo de cerca de 5% em 1991 para 10% em 1992 e 18% em 93, resultado incontestável do conjunto de instrumentos e medidas adotados de forma articulada no planejamento da chamada nova política industrial.

Referências para comparação também são identificadas na Europa, que desde meados do século XIX já interpretava a responsabilidade pela formação de RH como prerrogativa do Estado, cabendo-lhe de forma explícita a responsabilidade pela adequação da educação e capacitação de profissionais aos requerimentos do sistema econômico, objetivando amparar as atividades de pesquisa e desenvolvimento nas universidades e nas empresas, notadamente estabelecendo normas de conduta e de avaliação do desempenho dos serviços prestados pelos agentes econômicos diretamente envolvidos na sustentação da competitividade da indústria européia. No entendimento de estudiosos (GUIMARÃES; JUNIOR; ERBER, 1985), esses movimentos sempre preconizaram três princípios básicos: (i) que a força motriz do crescimento reside no processo técnico; (ii) que o conhecimento científico tornara-se uma fonte primordial do processo de modernização da estrutura produtiva e (iii) que os sinais do mercado não seriam suficientes para alocar às atividades de ciência e tecnologia os montantes de recursos socialmente desejados. Guardadas as peculiaridades nacionais, a implementação da política de C&T em países como a França, Reino Unido, Alemanha e Japão não diferiu da experiência norte-americana, mantendo-se forte convergência entre as ações do Estado e da iniciativa privada, bem diferente da experiência dos chamados países do Terceiro Mundo.

4.1 Ações que impactaram na montagem da infra-estrutura de C&T

Conforme já mencionado e exemplificado, a distribuição mundial das atividades de C&T é altamente concentrada, limitando-se, mesmo nos países mais industrializados, a investimentos que apenas totalizam cerca de 3% do PIB. Outro indicador universalmente aceito para caracterizar a efervescência da atividade científica e tecnológica é o número de patentes de invenções, evidenciando estatísticas pouco animadoras para os países de menor ingresso, cabendo-lhes cerca de apenas 6% do total de patentes, sendo que 80% dessas (dados do INPI) são registradas por empresas estrangeiras sediadas nesses países, que sempre as utilizaram, principalmente nos períodos de economia fechada, como instrumentos de controle de mercado. Ainda hoje, a cultura da prática da patente é insignificante no Brasil. Mais que aceita hoje é a correlação de que se destacaram aquelas organizações que foram capazes de gerar inovação tecnológica e que perceberam que o investimento em educação e em atividades de P&D passaram a agregar-lhes “peso relativo” atribuindo-lhes a característica de empresas intensivas em tecnologia.

Como evidência do *gap* de desenvolvimento entre a experiência da educação no Brasil e os avanços consolidados em países mais industrializados, conforme descrito no bloco anterior, cabe destacar que foi apenas em 1948, após a fundação da *Universidade de São Paulo* (USP) que, inspirado pelo movimento que se denominou afirmação do pensamento científico, motivado pela chegada no Brasil de renomados cientistas europeus, foi criada a *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência* (SBPC). No ano seguinte, em 1949, com a primeira reunião de cientistas na América Latina realizada no Brasil e que contemplou, sem restrições, todas as áreas do conhecimento, um novo surto de desenvolvimento pela ciência foi induzido junto à comunidade científica. Logo a seguir, em 1951, o Brasil logrou criar nos últimos dias do governo do marechal Eurico Gaspar Dutra⁷¹ o *Conselho Nacional de Pesquisas* (CNPq)⁷².

De similar relevância para o progresso do País, foram também criadas, já no ano seguinte, em 1952, a *Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES)⁷³, que passaria constituir-se no principal braço para capacitação de pessoal de nível superior. O *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico* (BNDE), que teve a desafiadora missão de “promover um novo ciclo de ações desenvolvimentistas no País e organizar o acesso à tecnologia universal de vanguarda” (GUIMARÃES; JUNIOR; ERBER, 1985) em resposta às dificuldades causadas pela II Guerra Mundial ao comércio internacional, favoreceu a estratégia de substituição de importações com a criação de empresas estatais. Em 1943, é fundada no Rio de Janeiro a Fábrica Nacional de Motores; em 1941, é fundada a *Companhia Siderúrgica Nacional* (CSN), iniciando a operação em 1946, caracterizando o que foi denominado início do moderno processo de industrialização⁷⁴, permitindo-se agregar

⁷¹ Anteprojeto de estruturação do CNPq, sancionado pela Lei 1.310, de 15 de janeiro de 1951. O CNPq adota para data de sua criação 17 de abril de 1951, quando da primeira reunião do Conselho Deliberativo www.cnpq.br (acesso em 26/07/2002).

⁷² Mantendo a mesma SIGLA – CNPq –, passou a ser designado *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* e foi transformado em fundação por força da Lei 6.129, de 6 de novembro de 1974.

⁷³ Decreto Lei 29.741, de 1951, sucedendo, no mesmo ano, à criação do CNPq. Em 1964, a CAPES passou a ser denominada “Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior”.

⁷⁴ Privatizada em 1993, chegou a preocupar a negociação entre a empresa anglo-holandesa Corus, que quase levou a CSN a perder o seu controle acionário. A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), símbolo do começo da industrialização no Brasil, iniciado com um século e meio de atraso, está sendo ameaçada de passar ao controle de mãos de estrangeiras, com a sua recente (2002) fusão com a empresa anglo-holandesa Corus. Pelo que foi anunciado, os acionistas brasileiros ficariam com apenas 37,6% das ações, deixando que os detentores de 62,4% - entre eles a British Petroleum (BP) e a Rolls-Royce (RR) - fiquem com o controle da empresa. Getúlio haveria de lamentar o episódio já que a industrialização no Brasil representava, já à época, uma reivindicação desde a Proclamação da República. Até então, o Brasil era um país agrário que vivia basicamente da exportação do café. Cabe destacar que, hoje em dia, a CSN é a melhor empresa

tecnologia ao abundante minério de ferro, assim criando-se lastro econômico e fortalecendo a pauta de exportações; em 1953⁷⁵, a *Petróleo Brasileiro S/A* (Petrobras), detendo o monopólio brasileiro de pesquisa, extração e refino de petróleo, levou o País a reduzir drasticamente a remessa de divisas na compra de energia (petróleo⁷⁶) e estimulou o desenvolvimento da tecnologia em diversos segmentos. A partir de então, outras mobilizações destacaram-se favorecendo o processo de desenvolvimento tecnológico do País, podendo-se citar: a criação do *Centro Técnico Aeroespacial* (CTA)⁷⁷, modelado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), integrando dois institutos científicos com coordenação técnica autônoma. Enquanto o *Instituto Tecnológico de Aeronáutica* (ITA), criado em 1950, voltava-se para o ensino técnico superior, o *Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento* (IPD), criado em 1953⁷⁸, direcionou-se à pesquisa e cooperação com a indústria de construção aeronáutica, estabelecendo o importante e decisivo elo entre a aviação militar e a aviação comercial. Dentre outras mobilizações destaca-se a fundação, em 1969, da Embraer, como empresa estatal de capital misto⁷⁹, atualmente a quarta maior fabricante de aeronaves comerciais do mundo, alicerçando no seu crescimento na tecnologia de ponta e na excelência de seus produtos e serviços que conquistaram mercado mundial, representativo na pauta de exportações brasileiras⁸⁰.

de produção de aço do Brasil, portanto com potencial para transformar-se numa gigante mundial do aço.

⁷⁵ Foi a Lei 2004, de 1953, que criou a Petrobras e a instituiu como executora do petróleo brasileiro, concedendo-lhe o monopólio, posteriormente, em 1995, flexibilizado por força da Emenda Constitucional 9. Logo a seguir, em 1997, a Lei do Petróleo 9478/97 instituiu uma agência reguladora para o setor, criando a *Agência Nacional do Petróleo* (ANP), que passou a controlar a ação da Petrobrás que perdeu a detenção do monopólio. Foi, entretanto, o Decreto Presidencial 2455, de 14 de janeiro de 1998, que efetivamente implementou e organizou a operação da ANP, estabelecendo, em seu Art. 8º. A finalidade de promover a regulação, contratação e fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo.

⁷⁶ A busca da auto-suficiência para abastecer o crescente consumo de petróleo, permitindo ao País evoluir da lamentável e submissa situação de dependente para produtor e processador do refino, alavancando de forma surpreendente o setor e o desenvolvimento tecnológico e criando riqueza.

⁷⁷ O CTA completou a sua estrutura orgânica a partir de 1º de janeiro de 1954.

⁷⁸ Decreto nº 34.701, de 26 de novembro de 1953, www.cta.br (acesso em 29/07/2002).

⁷⁹ Privatizada em 1994, seus atuais controladores detêm 60% do capital votante. Em 1999, a Embraer formalizou uma aliança estratégica com um grupo formado pelas maiores empresas aeroespaciais européias (*Dassault Aviation, EADS, Snecma e Thales*) que adquiriram 20% do capital votante da empresa. Facilitando o acesso a novas tecnologias, além de incrementar os processos de fabricação e desenvolver novos mercados para os produtos da empresa, a Companhia tem uma base global de clientes e importantes parceiros mundiais, o que lhe proporciona uma significativa participação no mercado. Com 32 anos de experiência em projeto, fabricação, comercialização e serviços pós-venda, a Embraer já entregou cerca de 5.500 aviões aos mercados em todo mundo www.embraer.com.br (acesso em 29/07/2002).

⁸⁰ Na realidade no balanço líquido, o principal produto da pauta de exportações ainda é o minério de ferro, já que a produção de aeronaves ainda depende de elevada fração de importação de componentes.

Objetivando complementar o fomento federal para atividades de C&T, acelerando e priorizando desenvolvimentos para o Estado de São Paulo, em 1960, de forma inédita, é criada a *Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo* (FAPESP), não apenas impactando, de forma surpreendente, as atividades de pesquisa e pós-graduação no estado de São Paulo, mas também induzindo um novo modelo de atuação que passaria a constituir-se na base de um novo paradigma para os governos estaduais de todo o País, multiplicando e estabelecendo mecanismos de sinergia para o fomento, assim viabilizando os investimentos para C&T.

Mais tarde, em 1969, foi criada a FINEP⁸¹, braço financeiro do Ministério da Ciência e Tecnologia que passaria a constituir-se na principal agência de financiamento de atividades exclusivas de C&T no País e principal gestora do fomento a projetos de P&D, complementando a ação das demais agências de fomento voltadas para as atividades de pesquisa básica e aplicada (CNPq⁸²) para o meio acadêmico e para a formação de RH em nível superior (CAPES⁸³).

4.1.1 O FUNTEC como alavancador da pós-graduação no Brasil⁸⁴

No Brasil, a ênfase do planejamento governamental no que diz respeito ao desenvolvimento científico e tecnológico data dos anos de 1960, com impactos mensuráveis no processo de crescimento econômico que caracterizou um

⁸¹ Passando a assumir, mais tarde, as funções de Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, FNDCT, criado em 1969.

⁸² No contexto da análise da evolução da pós-graduação no Brasil, cabe destacar que, somente em 1969, portanto 18 anos após sua criação, é que o Conselho Deliberativo do CNPq constituiu sua Comissão de Pós-Graduação (CPG/CNPq), responsável pela seleção dos centros de pós-graduação integrando dentre seus membros um representante do BNDE, normalmente fazendo-se representar por técnico do FUNTEC, dado seu envolvimento direto na pós-graduação. Subseqüente à criação dessa CPG/CNPq, em fevereiro do mesmo ano o então Conselho Federal de Educação aprovou o Parecer nº 77/1969 que criou as Normas para credenciamento de cursos de pós-graduação no Brasil.

⁸³ Em outubro de 1970, é criada a Comissão Nacional dos Centros Regionais de Pós-Graduação, integrando representantes do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral, CFE, CAPES, CNPq e FUNTEC, posteriormente substituído por um Fórum de nível interministerial denominado Conselho Nacional de Pós-Graduação (Decreto 73.411, de janeiro de 1974, sancionado pelo presidente Médici) que, entretanto, foi extinto em 1981, tendo a CAPES assumido tais responsabilidades (Decreto 86.791, de 28 de dezembro de 1981).

⁸⁴ Resolução do BNDE que revogou a Resolução BNDE 46/1958 trabalhada por José Pelúcio Ferreira, profissional vinculado ao então BNDE que formalizou a criação, em 1964, do *Fundo Nacional de Desenvolvimento Técnico-Científico* (FUNTEC), que se constituiu na principal fonte de recursos para fomentar as atividades de C&T na década de 60, perdendo força, entretanto, a partir de 1972. Tal instrumento viria a viabilizar a Pós-graduação no Brasil e passa para a história como ícone visionário de seu tempo. Em sua concepção original, o FUNTEC apenas admitia contemplar o fomento aos Programas de pós-graduação em Física, Química e algumas modalidades de Engenharia – Química, Metalúrgica, Mecânica e Elétrica –, ampliando-se mais tarde o fomento à Matemática, ciências aplicadas (Eng. Agrônômica, Civil, Geologia), ciências sociais (economia, Estatística e Administração), ciências biológicas, medicina e veterinária, tendo também, sido admitido o apoio a projetos de normalização da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desde que comprovada a importância para as indústrias básicas.

sistêmico processo de industrialização, induzindo demandas por máquinas e equipamentos e pessoal técnico dotado de qualificações diferenciadas, à época suprido por imigrantes atraídos para operarem unidades industriais mais sofisticadas para os padrões da época.

Na busca por tecnologias mais complexas, o País, no início de seu processo de industrialização, passou a buscar no exterior não apenas máquinas e recursos capazes de viabilizar os investimentos necessários, passando a depender de investimentos estrangeiros que o tornou, também, dependente de contratos de transferências de tecnologia para os quais não estava perfeitamente preparado. Com a evolução do processo de industrialização, tornaram-se absolutamente insuficientes os canais de suprimento e as modalidades de apoio e fomento à época disponíveis, ficando patente que o desenvolvimento de novos produtos dependiam mais do que uma simples transferência de instruções fornecidas por fabricantes externos de máquinas e equipamentos, tornando-se papel imperativo do Estado suprir um arcabouço mais robusto de fomento às atividades de C&T necessárias a quebrar o modelo de dependência, quebra de privilégios legais pelo controle de patentes, assim possibilitando alavancar o desenvolvimento da chamada indústria nacional. Foi na primeira renovação do governo militar, com a saída de marechal Castelo Branco, que uma política de C&T merece destaque em contraposição ao excesso de ênfase até então centrado no controle inflacionário e que ainda deixava o País vítima da intensificação dos contratos de transferência de tecnologia do exterior, mesmo sabendo-se, à época, que a tecnologia importada de produtos industriais, na forma do intenso processo de desenvolvimento do pós-guerra, não bastava para assegurar um desenvolvimento auto-sustentável. É então lançado⁸⁵ o Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED), detalhando, de forma inédita no Brasil, uma política explícita para o setor, incorporando a avaliação do papel do progresso técnico no processo de desenvolvimento e uma programação de iniciativas consideradas prioritárias, sinalizando ações concretas para desenvolvimento de uma política industrial associada.

⁸⁵ Com o Governo Costa e Silva.

4.1.2 Os Planos nacionais de desenvolvimento da C&T

Desde a década de 60 já se identifica nos documentos governamentais a menção a um certo Plano de Desenvolvimento para a área de C&T no Brasil, o que, de fato, veio a ser explicitado no chamado *Programa Estratégico de Desenvolvimento* (PED: 1968-70) que inclui um capítulo sobre política científica e tecnológica e que contempla, dentre outras questões básicas de P&D, o revigoramento da carreira de pesquisador e o da modernização das instituições de pesquisa no País.

Foi aproximadamente naquele período que a denominação “Política de Ciência e Tecnologia” foi incorporada no vocabulário corrente para traduzir o conjunto de ações do Estado relativas à ampliação e ao uso do estoque de conhecimentos da sociedade. Ancorado nesse neologismo criado à época, gradativamente no Brasil, a exemplo do que já ocorria em países cientificamente mais desenvolvidos, o governo assume de forma mais explícita o papel de promotor da ciência, preparando-se para apenas bem mais tarde também passar a atuar como regulador do processo de transformação de descobertas científicas e proteção de patentes, a exemplo do que ocorreu de forma prematura nos países que lograram melhores índices de desenvolvimento industrial.

Como orientação geral da política de C&T definida no PED, sucede-lhe o I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND: 1972-74)⁸⁶, definindo para a ciência e tecnologia o I Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT: 1973-1974), o primeiro de um conjunto de 3. Distinta das políticas vigentes, a política de C&T proposta pelo I PBDCT abandonou o quadro de recessão da atividade econômica e de inflação descontrolada para preconizar uma nova conjuntura econômica de inserção do Brasil na categoria das nações desenvolvidas, almejando duplicar a renda *per capita*⁸⁷, acelerar a taxa de crescimento do PIB para patamares de 8 a 10%, com expansão do emprego, redução da taxa de inflação e uma mais ousada política internacional capaz de acelerar o desenvolvimento global do País, já se antevendo perspectivas de

⁸⁶ O Programa de C&T previsto para o triênio 1972/74 compreendia a ordenação e aceleração da ação governamental, notadamente pela operação do sistema financeiro de apoio ao desenvolvimento tecnológico, associado à coordenação da atuação das principais instituições governamentais de pesquisa, por intermédio de um Plano de desenvolvimento para o setor de C&T. Dentre as áreas prioritárias, foram contempladas: energia nuclear, pesquisa espacial, oceanografia, indústrias intensivas em tecnologia, tecnologia de infra-estrutura e pesquisa agrícola, agregando-se ações pontuais voltadas à capacidade de promover a inovação da empresa e da tecnologia nacional, estimulando a integração indústria-pesquisa-universidade.

⁸⁷ À época, meta para 1980.

poder de competição da indústria nacional e o fortalecimento da empresas privada nacional.

Em resposta às necessidades tecnológicas, e já com maturidade para perceber que o processo de substituição de importação deveria estar respaldado na gradual criação de um robusto e autônomo processo de avanço tecnológico, a proposta política de C&T, que preconizava a importância da pesquisa científica e tecnológica e a necessidade de conhecimento dos recursos naturais, foi estruturada e fundamentada em dois alicerces básicos: (i) ser capaz de responder às exigências tecnológicas do sistema produtivo, acelerando a incorporação e a difusão da inovação e (ii) ser capaz de induzir uma capacitação nacional mais expressiva para viabilizar a geração, adaptação e incorporação de conhecimento técnico, acompanhado de redução de dependência tecnológica externa. O encaminhamento dessa formulação, já à época, não perdeu de vista o preceito básico de que o processo de desenvolvimento não decorre apenas de políticas diretamente associadas à problemática da ciência e da tecnologia mas, de forma direta, de medidas gerais e setoriais de política econômica. Esse era o início de um processo que privilegiaria uma descentralização da execução e uma centralização de recursos em segmentos prioritários, acompanhado do fortalecimento do setor privado. Estava patente que, por insuficiência global de conhecimento, caberia um esforço de apoio financeiro direcionado ao esforço de pesquisa, assim procurando reverter deficiências das escalas de produção, redução da dependência a fontes externas de *know-how* e, notadamente, a influência da predominância de empresas estrangeiras com planos substanciais de pesquisa em suas matrizes fora do País. Essas foram as primeiras reflexões que motivaram o CNPq a cogitar a estruturação de um plano básico de pesquisa científica e tecnológica para priorizar o fomento a programas e projetos considerados estratégicos à transformação desejada. Dentre outras ações, desse movimento nasceram programas de incentivo à formação de pesquisadores, reorientação do ensino universitário e políticas específicas de amparo ao pesquisador. Foi exatamente nesse clima de reflexões que foi suscitada a criação do principal instrumento de fortalecimento e consolidação da pós-graduação brasileira, o *Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (FUNTEC), coincidindo com momentos importantes para a tecnologia brasileira de implantação e consolidação das atividades espaciais e nucleares no Brasil, que seguiram os mesmos preceitos da política de C&T. A importância na consolidação da pós-graduação brasileira, o papel e o esforço do

FUNTEC, e o trabalho de alguns homens públicos⁸⁸ visionários que estiveram à frente desse momento áureo de condução da política brasileira são descritos no presente capítulo.

Mesmo sabendo-se dos avanços e realizações consolidados, dentre os quais o fortalecimento da pós-graduação brasileira, responsabilizam-se as expressivas limitações na implementação das ações de C&T a uma nítida divergência que se estabeleceu durante período de Delfim Neto, no Governo Médici, em que o Ministério do Planejamento e Coordenação Geral⁸⁹ teve um papel desarticulado do processo de formulação e implementação da política econômica naquele período, muitas das vezes ostensivamente conflitante com ações e declarações oriundas da pasta do Ministério da Fazenda⁹⁰, alterado, logo a seguir, com a criação da Secretaria de Planejamento da Presidência da República, no governo do general Ernesto Geisel, que manteve as linhas mestres e o condutor⁹¹ da política industrial, assegurando-se também o resgate da política científica e tecnológica então formulada pelo novo governo no contexto do II PBDCT, no período 1975/79 (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1976). Na sua evolução, o II PBDCT envolveu alternativas distintas, promoveu a difusão de conhecimentos tecnológicos já existentes no País, privilegiou o apoio à engenharia de projetos nacionais, a atividade de consultoria e a implantação de centros de P&D nas empresas de maior porte. Ao contrário dos governos militares antecedentes, nesse período houve pleno alinhamento das políticas de C&T e industriais, definidas pelos planos governamentais⁹².

Já no governo Figueiredo⁹³, no período 1980/85, o III PBDCT, dedica não mais que uma página para a política de C&T, referendando de forma não estruturada algumas das diretrizes já traçadas em Planos anteriores, levando a uma drástica redução nos recursos normalmente alocados para C&T, em conformidade com a orientação da política global de redução de gastos

⁸⁸ A contribuição de José Pelúcio Ferreira, profissional vinculado ao então BNDE, constitui referência obrigatória para estudiosos da história da C&T no Brasil, cujo trabalho é documentado com entusiasmo na obra recém-publicada "Pelúcio e a Pós-graduação no Brasil" (FERRARI, 2001).

⁸⁹ À época, chefiado pelo Ministro João Paulo dos Reis Veloso, com controle sobre a FINEP, CNPq e outros órgãos estaduais, dentre os quais instituições da esfera dos ministérios militares envolvidos com atividades de P&D.

⁹⁰ À época sob o comando do Ministro Delfim Neto.

⁹¹ Ministro Reis Veloso, que passou a chefiar aquela SEPLAN.

⁹² Como resultado da política implementada em 1982, já existiam mais de 80 empresas empregando um número superior a 15 mil profissionais, dos quais cerca de 30% com nível superior, investindo cerca de 11% do arrecadado em suas vendas em atividades de pesquisa na empresa.

⁹³ Ver JAGUARIBE, 1987, dentre outros, para referência político-ideológicos referentes ao governo militar no Brasil.

governamentais, levando, inclusive a interrupções e desarticulações de grupos de pesquisa consolidados na década de 70. Exceto pelos setores de energia, armamentos e informática, priorizados por outras razões estruturais, retrocessos e estagnações foram observados em importantes segmentos do desenvolvimento tecnológico.

No entender de Fábio Erber (ERBER, 1980), o divisor de águas da política científica e tecnológica está no *Programa Estratégico de Desenvolvimento* (PED)⁹⁴, que definiu, pela primeira vez no País, em nível federal, uma política explícita de C&T, iniciativa que levou à formulação e à implementação de Planos de C&T⁹⁵.

O que está reiterado por outros estudiosos da matéria (MORAES, 2002), é que foi no contexto do PED (1968-70) que se estabeleceu um marco normativo para a área de Ciência e Tecnologia, definindo-se, explicitamente, o desenvolvimento científico e tecnológico como objeto da política governamental, caracterizado pelo binômio "segurança e desenvolvimento". No contexto do PED, foi enfatizado o desenvolvimento de tecnologias ajustadas à dotação de fatores de produção do País, visando a absorver mão de obra e garantir mercado em grande escala para gerar um crescimento auto-sustentável. Foi ampliando-se o número das agências existentes – CAPES e CNPq – criaram-se em 1969, a *Financiadora de Estudos e Projetos* (FINEP), com funções de fomento complementares às do CNPq, e o *Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (FNDCT), confiado à administração da FINEP em 1971 para a sua operacionalização. Quanto ao CNPq, passou a ter a atribuição de formular a política nacional de Ciência e Tecnologia. Nesse quadro, ampliou-se o sistema nacional de Pós-Graduação e diversificou-se a estrutura institucional de C&T, sendo criado, no início da década de 70, um *Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (SNDCT). Mais especificamente, a obra "A política científica e tecnológica e sua articulação com a política econômica: elementos para uma análise da ação do Estado" (JAGUARIBE, 1987) analisa as causas dessa intervenção do Estado em C&T, associado à iniciativa um novo ciclo de investimentos e uma preocupação pelo domínio do

⁹⁴ Descrito no bloco anterior.

⁹⁵ Programa Estratégico de Desenvolvimento (PED, 1968-70); I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND, 1972-74) e o I Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT, 1973-74); II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND, 1975-79) e o II Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (II PBDCT, 1975-79); III Plano Nacional de Desenvolvimento (III PND, 1980-85) e o III Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (III PBDCT, 1980-85); I Plano Nacional de Desenvolvimento da Nova República (I PND-NR, 1986-89). (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1976; 1973; 1981).

capital privado multinacional na política industrial, também identificando marcas explícitas de tendências internas ao desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica no País, como evidências da transformação ocorrida.

Mesmo levando-se em conta que todo esse esforço não correspondeu inteiramente às formulações contidas nos Planos de C&T, levando, em muitas das situações; a resultados distintos dos esperados, até mesmo pelos desvios na implementação da política programada, ou ainda por não-homogeneidades na estrutura de rendas e desequilíbrios nas estruturas de demanda, há de se reconhecer que os investimentos conduziram a um redirecionamento da expansão do setor industrial no sentido dos segmentos mais intensivos em capital, promovendo o crescimento do setor financeiro e o conseqüente desenvolvimento da indústria nacional.

4.1.3 O período do FNDCT

A ação governamental em C&T estruturou-se, desde a década de 70, no contexto do que foi denominado *Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (SNDCT), cuja operação contempla as funções básicas da programação, fomento, execução e gestão dos instrumentos para o desenvolvimento científico e tecnológico do País. Pela natureza de sua missão institucional, a **programação** é de competência do CNPq⁹⁶; o **fomento**, de responsabilidade da FINEP, também com a responsabilidade pela execução do FNDCT⁹⁷; e a **execução** das atividades de C&T, a cargo das universidades, institutos de P&D, instituições de serviços tecnológicos e empresas produtivas⁹⁸. Constitui consenso entre a comunidade científica que, a despeito da excelência desses programas de fomento a C&T, insuficientes foram as iniciativas de avaliação como insumo ao replanejamento.

Para refletir as efetivas necessidades e potenciais da economia brasileira face ao processo de desenvolvimento científico e tecnológico foi então criado, em 1969, o *Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (FNDCT)⁹⁹, no objetivo precípua de apoiar financeiramente os programas e

⁹⁶ Que também acumula a função de agência de fomento, porém para concessão de bolsas de estudos e concessão de auxílios a estudantes e pesquisadores.

⁹⁷ Com dotação orçamentária oriunda, basicamente, do Tesouro da União.

⁹⁸ Em 1982, período que sucedeu as ações estruturadas de C&T, foram cadastradas cerca de 43 instituições de pesquisa no País (91 de ensino, 74 institutos de pesquisa sem vínculos com universidades, 112 empresas estatais ou privadas e outra centena de órgãos governamentais e Fundações); cerca de 30 mil pesquisadores, vinculados a 6300 projetos em desenvolvimento. (FINEP, 1984).

⁹⁹ Decreto-Lei nº 719, de 31.07.69, restabelecido pela Lei nº 8.172, de 18 de janeiro de 1991.

projetos prioritários de desenvolvimento científico e tecnológico, notadamente servindo para implementar¹⁰⁰ as ações do *Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (PBDCT).

Criado há mais de 30 anos, o FNDCT, em 1970, representou 0,34% do orçamento da União; em 1976, atingiu patamares de 1,16%, retroagindo em 1984 ao lamentável e decepcionante nível de 0,24% do orçamento nacional, o que, em termos reais significa redução à metade do seu valor de 1976. Atualmente, o FNDCT é formado, principalmente, com recursos dos fundos setoriais¹⁰¹, contando com os recursos provenientes dos *royalties* cobrados de companhias de cada setor, de parcela da receita das empresas beneficiárias de incentivos fiscais e de doações. Segundo o MCT, em 2002, o FNDCT deve movimentar R\$ 755 milhões, contra R\$ 365 milhões em 2001, sendo menos de 10% do total previsto, provenientes do Tesouro Nacional.

Devido à ausência de regras fixadas ao longo de sua existência, o FNDCT impediu a definição de fontes de recursos estáveis e previsíveis, prejudicando a implementação e a continuidade de políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico. O FNDCT, atendendo aos reclamos da comunidade científica muda sua política administrativa para rateios e gerenciamento dos recursos¹⁰². Com a nova proposta, o FNDCT deixa de seguir as normas do Orçamento da União, que obrigavam à devolução ao Tesouro Nacional de recursos não aplicados, ao final de cada exercício, fato que contribuía para a descontinuidade e interrupção das atividades de pesquisa.

De acordo com o texto aprovado (SENADO FEDERAL, 2002), no mínimo 60% dos recursos do FNDCT serão destinados para apoio a projetos executados por universidades, centros de pesquisa e entidades sem fins lucrativos; no máximo 30% para apoio a projetos cooperativos, a serem executados por empresas, universidades, centros de pesquisa e entidades sem fins lucrativos; e no máximo 20% para projetos de transferência de tecnologia e para desenvolvimento tecnológico de empresas brasileiras, sob forma reembolsável,

¹⁰⁰ Não obstante o momento favorável à implementação do PBDCT, o projeto sofre interrupções um mês após a sua criação, em decorrência da interrupção no governo militar com a morte do então presidente Costa e Silva, assumindo o governo, por curto período de dois meses, uma junta militar das três forças armadas. Não obstante a formalização de um orçamento trienal, o Plano apenas abrangeu o biênio 1973-74, centrado numa lista de projetos priorizados pelo próprio Ministério.

¹⁰¹ Fundos aprovados a partir de 1999 e provenientes do Orçamento da União, vistos em tópico exclusivo deste capítulo.

¹⁰² Isso é o que prevê proposta aprovada em 04 de junho de 2002, pela *Comissão de Assuntos Econômicos* (CAE), em turno suplementar e em caráter terminativo (SENADO FEDERAL, 2002).

assegurando-se, no mínimo, o retorno correspondente à atualização do capital aplicado, acrescido de juros. Prevê ainda a destinação de, no máximo, 20% dos recursos do fundo para aplicação em operações de seguro contra risco tecnológico, de equalização de encargos financeiros e participação direta ou indireta no resultado ou no capital de empresas; e de, no máximo, 40% para apoio a projetos livremente apresentados por universidades, centros de pesquisa e entidades sem fins lucrativos (mesmo que não sejam de autoria dessas instituições).

O Conselho Diretor do FNDCT será integrado por representantes dos Ministérios da Ciência e Tecnologia; Educação; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; do Planejamento, Orçamento e Gestão; do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); e ainda por três representantes da comunidade científica, dois do setor produtivo, sendo um da área das micro e pequenas empresas, e um dos trabalhadores. O Conselho ganha, segundo a proposta, flexibilidade administrativa para alocar os recursos do fundo, elevando percentuais de aplicação em um determinado setor em detrimento de outros, segundo o seu entendimento ou orientação estratégica.

4.1.4 O período do PADCT

Na década de 80, como resultado de um acordo de empréstimo celebrado pelo governo Brasileiro e o Banco Mundial (BIRD)¹⁰³, é criado o *Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico Brasileiro* (PADCT)¹⁰⁴, que passou pela bem sucedida, embora tumultuada, Fase de Teste no final de 1984 que antecedeu as três fases estruturadas do Programa, quando, paralelamente à manutenção dos programas da área de C&T, o PADCT paulatinamente substituiu o FNDCT, que praticamente manteve-se com baixa significância de recursos, operando apenas para garantir sua existência.

Do total dos recursos comprometidos com o financiamento de projetos em C&T no País, US\$ 172 milhões caracterizaram os investimentos ao longo da Fase I (1985-91; Loan 2489 BR, de 09/07/1985); US\$ 290 milhões, referentes aos investimentos da Fase II (1991-1998; Loan 3269 BR, de 15/02/1991) e US\$ 620 milhões, da Fase III (1997-2002; Loan 4266 BR, de 17/03/1998), superando um total de US\$ 1,0 bilhões de investimentos em C&T nas três fases do Programa. Nesse fomento alternativo às atividades de C&T, destacou-se o apoio

¹⁰³ Cabendo a ambas partes aportar 50% dos recursos para cada das três fases do Programa.

¹⁰⁴ O PADCT constituiu um *sector loan*, substituindo a tradicional sistemática de *project loan*.

às funções básicas da metrologia, normalização, e qualidade industrial (funções da tecnologia industrial básica), levando à consagração da sigla TIB e às tecnologias de gestão com ênfase na gestão da qualidade, criando um projeto específico, o *Projeto de Especialização em Gestão da Qualidade* (PEGQ). Ainda nas Fases I e II implantou-se o Serviço de Informação Tecnológica e Industrial, no âmbito do qual foram criadas mais de duas dezenas de Núcleos de Informação Tecnológica sob a coordenação do *Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia* (IBICT), órgão ligado ao CNPq (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999b). A Fase III do Programa inovou quanto à concepção do modelo, de forma a adequar o processo de abertura da economia brasileira ao fluxo internacional de comércio, tendo em vista os novos desafios impostos à indústria e aos centros de P&D instalados no País. Com relação aos investimentos TIB da Fase III do PADCT, foram comprometidos, num primeiro momento, investimentos da ordem de US\$ 5,8 milhões em metrologia; US\$ 5,0 milhões em normalização e certificação; US\$ 3,5 milhões em tecnologias de gestão; US\$ 2,0 milhões em estudos especiais; e US\$ 4,0 milhões em propriedade intelectual, tendo sido estimados, US\$ 25 milhões aproximadamente, para investimentos TIB com aplicação até 2002.

No âmbito político-normativo, registra-se o projeto de lei de reestruturação do *Conselho Nacional de Ciências e Tecnologia* (CCT)¹⁰⁵, cujo status de órgão de assessoramento superior do Presidente da República para tratar da formulação e implementação da política nacional de desenvolvimento científico e tecnológico do governo Cardoso atribui peso político importante às atividades de C&T no País.

4.1.5 Os Fundos Setoriais e as bases para o desenvolvimento global

Caracterizando uma nova fase do fomento para C&T no momento em que a comunidade científica já amargurava nítida interrupção nos investimentos governamentais, a segunda metade do segundo governo Fernando Henrique Cardoso propiciou o surgimento uma nova lógica de fomento, levando à criação de mecanismos absolutamente inéditos com a criação dos Fundos Setoriais, seqüencialmente sancionados pelo Presidente da República à medida que o Congresso os aprovava, e ensejando uma nova onda de otimismo, dessa vez decisivamente contemplando o fomento à metrologia e às suas áreas correlatas.

¹⁰⁵ Aprovado pelo Congresso Nacional em 1995 e sancionado por força da Lei no. 9.257, de 9 de janeiro de 1996.

Aprovados a partir de 1999, os Fundos Setoriais representam o novo modelo de financiamento a C&T já em operação no Brasil para apoio à consolidação e ampliação da competência técnica em áreas e setores¹⁰⁶ previamente selecionados e amplamente debatidos com a sociedade. Fundamentado em uma nova proposta de financiamento à infra-estrutura, ao desenvolvimento e à pesquisa científica e tecnológica, e selecionando setores e projetos estratégicos, os Fundos Setoriais possibilitam estabilidade ao financiamento, aplicando os recursos por meio de uma gestão compartilhada. Esses Fundos significam perspectiva de mudança expressiva para cada um dos setores envolvidos, mobilizando a cadeia da produção, do conhecimento e da inovação tecnológica, criando bens e serviços dirigidos ao bem-estar da população brasileira¹⁰⁷.

O Fundo Verde e Amarelo (FVA), idealizado para fomentar a pesquisa cooperativa é um poderoso instrumento de desenvolvimento e difusão de tecnologia já utilizado por países mais industrializados, a exemplo dos Estados Unidos, Coréia, Canadá, França e Japão. A interação desses dois pólos do processo de desenvolvimento de inovações – universidade e empresa – em torno de uma ação estratégica e orientada para solução de grandes problemas nacionais transforma esse programa no nervo central da estratégia dos Fundos Setoriais.

Em se tratando do aporte a inovação, o FVA¹⁰⁸ veio desfazer a assimetria existente entre a produção de novos conhecimentos no âmbito das instituições de pesquisa, instituições de ensino superior e a participação do setor produtivo. Para tanto, o Fundo é estruturado de forma articulada com os demais fundos setoriais e programas do Ministério para estimular projetos cooperados

¹⁰⁶ Atualmente 14 setores são beneficiados com os recursos disponíveis aos seguintes Fundos: CT-Petro - Fundo Setorial do Petróleo e Gás Natural; CT-Infra: Fundo de Infra-Estrutura; CT-Energ: Fundo Setorial de Energia; CT-Hidro: Fundo Setorial de Recursos Hídricos; CT-Transporte: Fundo Setorial de Transportes Terrestres; CT-Mineral: Fundo Setorial Mineral; CT-FVA: (Fundo Verde Amarelo); CT-Espacial: Fundo Setorial Espacial; FUNTELL: Fundo Setorial para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações; CT-Info: Fundo Setorial para Tecnologia da Informação; CT-Saúde: Fundo Setorial de Saúde; CT-Aeronáutico: Fundo Setorial Aeronáutico; CT-Agronegócio: Fundo Setorial de Agronegócio; CT-Biotecnologia: Fundo Setorial de Biotecnologia.

¹⁰⁷ De acordo com o MCT, “sempre que surgir oportunidade para ampliar e consolidar a estratégia dos Fundos Setoriais em outras áreas vitais para o desenvolvimento do País e relacionadas com a competitividade empresarial serão criados Grupos de Trabalho interministeriais que deverão propor planos de programas de pesquisa com o respectivo modelo de financiamento para a instituição de novos fundos”.

¹⁰⁸ O *Programa de Estímulo à Integração Universidade-Empresa para Apoio à Inovação* foi criado pela Lei nº 10.168, de 29/12/2000, e alterado pela Lei nº 10.332, de 19/12/2001, que autorizou a entrada em operação de novos instrumentos de fomento direto às empresas tais como subvenção

(governamentais ou privados) de pesquisa entre universidades, centros de pesquisa e empresas que apresentem resultados econômicos e sociais decorrentes de produtos, processos e serviços gerados a partir do conhecimento, e que tenham impacto sobre o aumento da capacidade da economia brasileira em todos os setores.

De acordo com o MCT, os Fundos têm contribuído com mais de R\$ 1 bilhão ao ano, praticamente dobrando os recursos destinados a C&T. A título de exemplo, o orçamento previsto pelo MCT para o Fundo Verde Amarelo (FVA) é da ordem de R\$ 264,2 milhões para o ano 2002, representando cerca de 28% do total do orçamento para os Fundos (R\$ 918,3 milhões), contribuindo significativamente para a elevação dos investimentos em atividades de C&T no Brasil¹⁰⁹.

4.2 Aspectos gerais da educação nacional

Retrocedendo um pouco na história da educação brasileira, mais especificamente na história da educação superior, percebe-se a tendência para se consolidar uma legislação flexível e propulsora de autonomia das instituições de ensino. A Lei de Diretrizes e Base de 1961 estabelecia a obrigatoriedade na observância de requisitos mínimos de conteúdo e duração dos cursos superiores para assegurar a legalidade do exercício profissional. Em 1962, um ano após a assinatura da LDB, o *Conselho Federal de Educação* (CFE) fixou os currículos mínimos dos cursos de Engenharia Civil, Mecânica, Elétrica (especialização em Eletrônica e Eletrotécnica), de Minas, Metalúrgica, Química e Naval¹¹⁰. A obrigatoriedade dos currículos mínimos foi reconfirmada, em 1968, pela Lei nº 5.540 que substituiu o capítulo da então LDB referente ao ensino superior.

Após mais de dez anos da instituição dos currículos mínimos, o MEC, percebendo a necessidade de reformular a legislação, encarregou uma *Comissão de Especialistas de Ensino de Engenharia* (CEEEng) de formular uma nova proposta, que culminou na Resolução nº 48/76 do *Conselho Federal de Educação* (CFE), ficando estabelecido que a estrutura de currículo mínimo definida pela referida Resolução vigoraria absoluta no País a partir de 1982.

econômica, equalização de taxas de juros e suporte ao capital de risco, as leis regulamentadas pelo Decreto nº 4.195, de 11/04/2002.

¹⁰⁹ Dados recuperados no site do MCT www.mct.gov.br, (acesso em 29/07/2002).

¹¹⁰ Outros currículos mínimos de Engenharia foram estabelecidos no campo das Ciências Agrárias, visando a formar Engenheiros de Operação, voltados para atividades do setor industrial, uma carreira extinta posteriormente.

Com relação aos cursos de Engenharia essa Resolução fixaria um conjunto de conhecimentos comuns assim distribuído: “Matérias de Formação Básica”; “Matérias de Formação Geral” e “Matérias de Formação Profissional Geral”, aos seis grandes campos especializados do conhecimento tecnológico¹¹¹. Ela destacava também a autonomia das instituições de ensino para o estabelecimento das “Matérias de Formação Profissional Específica” das áreas correspondentes¹¹².

Segundo o parecer da CEEEng, “embora a Resolução nº 48/76 contemplasse o estímulo à inovação e à flexibilidade, o sistema educacional não lhe deu a devida importância. As instituições simplesmente estabeleceram estruturas curriculares com disciplinas homônimas às matérias da Resolução, e o sistema CONFEA/CREA passou a estabelecer atribuições profissionais com base nos títulos das disciplinas do currículo, sem atentar para a possibilidade legítima do cumprimento das diretrizes curriculares, estabelecidas na forma de matérias através de arranjos flexíveis dos seus tópicos na grade curricular”.

Nessas condições, a promulgação da nova *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional* (LDB) ¹¹³, em 1996, e a conseqüente elaboração de novas diretrizes gerais permitiriam a correção de grandes defeitos herdados do passado, substituindo o conceito de *currículos mínimos* pelo conceito de *diretrizes curriculares*, cujas “Matérias de Formação Profissional Geral e Específicas” das diretrizes curriculares não discriminam as disciplinas correspondentes, cabendo às instituições garantir nos currículos a atenção e tempo suficientes para cada assunto, consistentes com os objetivos de seu programa (GIORGETTI, 1998). A legislação veio em resposta aos novos parâmetros e referenciais da educação contemporânea, cuja mera transmissão de conhecimentos tem se mostrado insuficiente em uma época de intensas transformações, tornando-se necessário uma nova postura pedagógica capaz de desenvolver nos alunos as habilidades para construir sua própria maneira de pensar, agir e decidir, baseada na reflexão e no diálogo.

¹¹¹ As áreas Civil, Elétrica, Mecânica, Metalúrgica, de Minas e Química. Contrariando a lei vigente, a Resolução não fixava os títulos das matérias, porém estabelecia as ementas e, em vários casos, o tempo mínimo de trabalho prático, de campo ou de laboratório. Em 1994 foi criada a sétima área de conhecimento “Ambiental”.

¹¹² Desta forma, as instituições poderiam enfocar seus currículos, o que costumava-se chamar de “vocação ou caráter curricular da instituição”.

¹¹³ Lei n  9.394, de 20/12/96.

O apêndice I apresenta aspectos gerais do sistema educacional referenciado na atual *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional* (LDB) que faculta a flexibilização dos modelos para permitir a diversificação dos subsistemas educacionais nas diversas modalidades (educação básica, superior, profissionalizante).

4.3 Retrospectiva da evolução da pós-graduação no Brasil

Desde a criação do Ministério dos Negócios da Educação e da Saúde Pública, na década de 30, o sistema educacional brasileiro experimentou um processo constante de evolução. No contexto de um crescimento demográfico que triplicou de 52 milhões para 170 milhões de brasileiros, caracterizando um expressivo êxodo rural que altera de 20 para 80% a concentração de pessoas que deixaram a zona rural para habitarem as zonas urbanas, o percentual de brasileiros matriculados em cursos superiores evoluiu de 0,1% da população para 1,5%, índice mais expressivo do que pode suscitar a diferença numérica quando se considera o surpreendente crescimento populacional, que apresenta redução do índice de analfabetismo¹¹⁴ de 52% para 12%, no mesmo período.

No que concerne à criação da pós-graduação no Brasil, surgida apenas na segunda metade do século passado, foi necessária a intervenção do então BNDE¹¹⁵ que, percebendo que a tecnologia nacional não apresentava os avanços compatíveis com o desejado ritmo de desenvolvimento técnico-econômico, acolheu as reflexões originadas do trabalho visionário de pessoas¹¹⁶ para mudar o então ritmo das ações governamentais que levaram à indução da formação de pessoal e desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil.

¹¹⁴ Dados oficiais do IBGE relativos à faixa da população com mais de 10 anos de idade.

¹¹⁵ Hoje, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, BNDES.

¹¹⁶ A exemplo do administrador José Pelúcio Ferreira, "homem público" sem se rotular de político, a quem, justamente se atribuem os méritos pela gênese do mais notável esforço governamental sistêmico para implantação da pós-graduação brasileira, conforme descrito na obra de um de seus principais colaboradores e discípulos diretos, (FERRARI, Pelúcio e a Pós-graduação no Brasil, 2001), de interesse dos estudiosos da educação superior no País. O Memo-DES 15/1964, 34 páginas, elaborado de Pelúcio para a direção do BNDE, no contexto do qual, analisando o insucesso das ações do Banco na sua pretendida ação de promover o desenvolvimento de mão-de-obra qualificada para desenvolver o parque industrial brasileiro, evoca preceitos básicos da revolucionária teoria econômica da época para induzir um processo de intervenção do BNDE na formação de pessoal qualificado e no desenvolvimento da C&T no País, fundamentado no reconhecimento universal de que (i) a industrialização constituía-se no caminho aberto às economias subdesenvolvidas na busca de padrões de vida mais condizentes com a dignidade do ser humano e (ii) de que a expansão do setor industrial somente haveria de lograr êxito se fosse fundamentada na qualificação da força de trabalho e no fortalecimento da base científica e tecnológica do País (FERRARI, 2001).

A despeito do trágico momento vivido com a revolução de 1964, que levou à instauração de inquéritos policiais militares, inclusive no BNDE, com o competente trabalho de Pelúcio Ferreira (FERRARI, 2001), pode-se admitir que foi com a criação do FUNTEC que efetivamente se desenvolveu a pós-graduação no Brasil, provendo fomento em níveis e modalidades que não eram típicos da época e que levaram à consolidação dos dois primeiros Programas de pós-graduação no Brasil: o de Engenharia Química, vinculado à Divisão de Engenharia Química do Instituto de Química da então Universidade do Brasil¹¹⁷, e o de Engenharia Mecânica, da então Escola Politécnica da Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro. Daí em diante alterou-se de forma surpreendente o ritmo de evolução da pós-graduação no Brasil¹¹⁸. Até 1965, outros seis programas de pós-graduação foram apoiados pelo FUNTEC, outros oito em 1966, quatorze em 1967, vinte e cinco em 1968, caracterizando um crescimento sem par, tendo o FUNTEC consolidado uma capacidade de fomento superior à demanda de recursos que mobilizava, não tendo, ainda em 1975, onze anos após sua criação, conseguido investir a totalidade dos recursos que havia mobilizado para fomentar a pós-graduação brasileira, quadro inverso à relação oferta/demanda¹¹⁹ dos dias de hoje. No contexto da estatística global do FUNTEC, de dezembro de 1964, quando foi criado, até dezembro de 1976¹²⁰, foi em número de 307 o total de projetos aprovados pelo FUNTEC, notadamente aportando recursos para fortalecer a pós-graduação brasileira (FERRARI, 2001).

Para se avaliar o impacto do FUNTEC no fortalecimento da pós-graduação brasileira, pode-se observar que, apenas nos 9 principais programas de mestrado da época (UFV, ITA, COPPE/UFRJ, PUC-Rio, CBPF, IMPA, IF/USP e EP/USP), a produção de mestres formados passou de 5 mestres no exercício de 1961 (anterior ao FUNTEC) para, sucessivamente: 8, em 1962; 13 em 1963; 30 em 1964; 41 em 1965 (ano da efetiva entrada em operação do FUNTEC); 46 em 1966; 87 em 1967; 100 em 1968; 139 em 1969 e 203 em 1970, totalizando 672 mestres formados ao longo da década 1961-70. Com o trabalho do FUNTEC,

¹¹⁷ Mais tarde denominada Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

¹¹⁸ A despeito do fato de o FUNTEC apenas movimentar cerca de 3% do orçamento do Banco, recursos entretanto, que, em 1968, chegaram a totalizar cerca de R\$ 140 milhões, ou seja, mais que o dobro dos R\$ 23 milhões de todos os recursos alocados para auxílios e bolsas do CNPq, naquele seu 18º ano de operação (cifras essas convertidas e expressas em moeda-equivalente de dez/2000).

¹¹⁹ Apenas na primeira (de duas) rodada do Edital TIB anunciada pelo recém-sancionado Fundo Verde Amarelo, de uma oferta de R\$ 22 milhões para projetos na área de metrologia (para contratação de projetos em 2002), compareceram projetos totalizando uma demanda de R\$ 42 milhões.

que também levou à formulação das bases do I (1973-74) e II (1975-79) *Plano Brasileiro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (PBDCT), (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1973; 1976), foi dada continuidade ao fomento da pós-graduação brasileira. Perseguindo uma nova lógica de fomento proposta pelo governo, em 1976, foi contratado o último projeto FUNTEC¹²¹.

Ao longo do quinquênio 1974-79, o CNPq¹²² mais que duplicou a concessão de bolsas, que passaram de 4.374 para 9.895, de que cujo total as bolsas para o exterior cresceram de 139 para 779, ou seja, multiplicando-se por um fator da ordem de 5. Especificamente em 1974, foi dobrado o orçamento do CNPq, atingindo o patamar de US\$ 235 milhões. A CAPES, ganhando prestígio e notoriedade, mais que triplicou seu orçamento, aumentando as bolsas de mestrado no País de 2.335 para 5.450 e as de doutorado de 108 para 603, também caracterizando um fator de crescimento da ordem de 5, enquanto o número de bolsistas CAPES no exterior evoluiu de 396 para 856¹²³.

Complementando a informação, e a título de caracterização da evolução da pós-graduação no Brasil, apresentam-se, no Quadro 4.1, a seguir, dados oficiais do *site* do MCT (agosto/2002) e da CAPES (agosto/2002) que permitem mensurar, de forma macro, o seu crescimento.

¹²⁰ Já concebido o chamado Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, SNDCT, criado por Decreto de maio de 1972.

¹²¹ Respeitado o “time” inerente à implementação de programas estruturantes dessa natureza, o primeiro Mestre de que se tem notícia foi apenas produzido no Brasil em 1961, anteriormente à implantação do esforço sistêmico que acelerou o desenvolvimento da pós-graduação no Brasil.

¹²² Período em que o CNPq transferiu-se da cidade do Rio de Janeiro para Brasília, deixando de ser autarquia federal vinculada à presidência da República para constituir-se em Fundação pública de direito privado.

¹²³ Segundo consta do documento “Ciência e Tecnologia no Governo Federal, 1996”, no âmbito operacional, foram identificadas 142 instituições federais de ensino superior (pesquisa e extensão), vinculadas ao MEC, as quais possuíam uma estrutura de formação de RH em nível de pós-graduação totalizando 1.651 cursos de mestrado e doutorado em operação; a existência de 7,271 grupos de pesquisa, reunindo 26.799 pesquisadores qualificados e ativos nas várias áreas do conhecimento, caracterizando uma expressiva capacidade técnico-científica instalada no País, que, embora destacando-se, para os padrões latino-americanos, ainda era inexpressiva quando comparada aos padrões dos países mais industrializados.

Quadro 4.1: evolução dos programas de pós-graduação no Brasil

BRASIL: EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE CURSOS DE MESTRADO E DOUTORADO PERÍODO 1960-1999 AGRUPADOS A CADA 5 ANOS									
	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1999
Mestrado	1	32	159	436	652	748	942	1.202	1.346
Doutorado	0	9	53	147	244	315	445	635	725

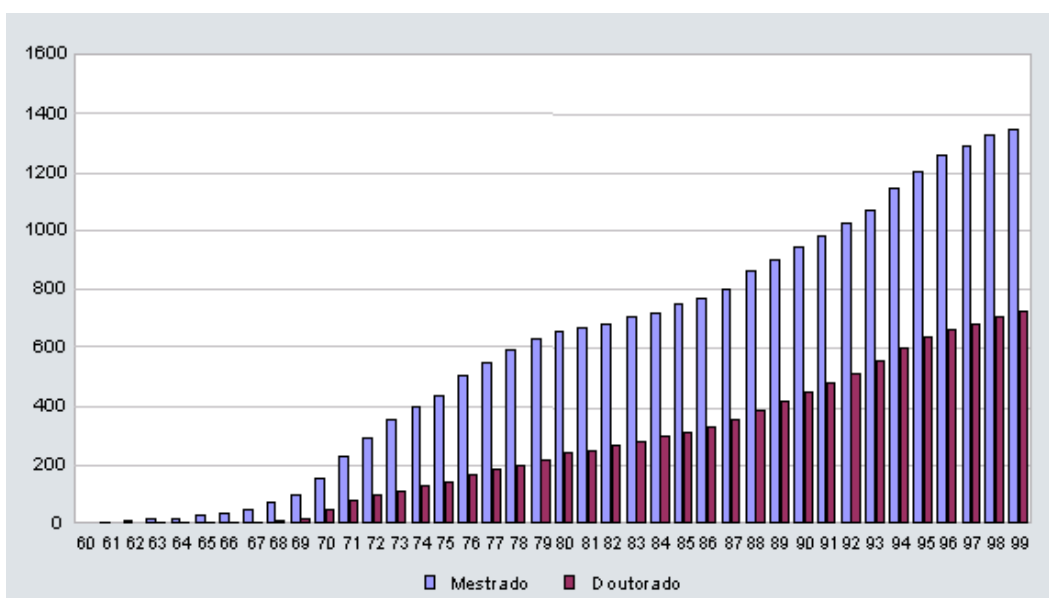
Fonte: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) do Ministério da Educação (MEC).
Elaboração: Coordenação de Estatísticas e Indicadores - Ministério da Ciência e Tecnologia.

Nota: os resultados diferem ligeiramente dos divulgados oficialmente pela Capes, pois não foi considerado o fechamento de cursos e, em alguns casos, não há registro do ano de início do curso¹²⁴.

Nota: período 1960 – 1999, a cada 5 anos.

Gráfico 4.1: evolução dos programas de pós-graduação no Brasil

BRASIL: EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE CURSOS DE MESTRADO E DOUTORADO 1960-1999



Fonte: Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação (MEC).

Nota: Os resultados diferem ligeiramente dos divulgados oficialmente pela Capes pois não foi considerada a desativação de cursos e, em alguns casos, não há registro do ano de início do curso.

Nota: a partir de 1996. Período 1960 – 1999, dados agrupados em períodos de 5 anos.

¹²⁴ Essas informações referem-se aos cursos/programas avaliados e credenciados pela Capes, autorizados pelo Ministério da Educação (MEC) para a emissão de diplomas com validade nacional. Os indicadores foram construídos a partir das informações sobre o ano de criação dos cursos. Dois elementos decorrentes dessa forma de construção contribuem para tornar seus resultados ligeiramente diferentes dos apresentados pela Capes: (i) para alguns cursos, não se obteve o ano de criação; e (ii) não foram consideradas eventuais desativações de cursos ao longo do período. A partir de 1998, a Capes passou a adotar o conceito de programa em substituição ao de curso. Os programas são classificados em: (i) exclusivamente de mestrado; (ii) mestrado e doutorado; e (iii) exclusivamente de doutorado. Nos indicadores em pauta, os programas de mestrado e doutorado foram computados tanto nos cursos de mestrado como nos de doutorado. Atualizada em 10/04/2002 pelo MCT (www.mct.gov.br).

Quadro 4.2: total de programas de pós-graduação consolidados no País, por modalidade, nos anos 2000/2001¹²⁵

PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO APOIADOS PELA CAPES								
ANO	TOTAL	M	D	M/D	P	M/P	D/P	M/D/P
2000	1449	573	31	798	14	4	0	29
2001	1538	632	31	814	26	2	0	33
Legenda: M = Mestrado; D = Doutorado; P = Profissionalizante.								

Quadro 4.3: programas atuais de pós-graduação por grande área

GRANDE ÁREA	SITUAÇÃO ATUAL			
	M	D	P	Total
Ciências agrárias	177	100	1	278
Ciências biológicas	153	109	4	266
Ciências da saúde	290	209	15	514
Ciências exatas e da terra	184	118	6	308
Ciências humanas	225	118	2	345
Ciências sociais aplicadas	156	64	11	231
Engenharias	174	93	17	284
Linguística, letras e artes	91	53	1	145
Outras	72	20	14	106

Especificamente no que tange à formação de recursos humanos, o primeiro Plano Nacional da Pós-Graduação (1975-79) enfatizou o atendimento ao sistema educacional no contexto do II PND e do II PBDCT. O segundo Plano Nacional da Pós-Graduação (1982-85) procurou ser mais abrangente, atingindo o setor produtivo, enquanto o terceiro Plano Nacional da Pós-Graduação (1986-89) acresceu o esforço pela institucionalização e ampliação das atividades de pesquisa como elemento indissociável da pós-graduação.

Com a instalação da Nova República, foi criado o Ministério de Ciência e Tecnologia, o qual elaborou o I PND-NR¹²⁶ visando garantir a continuidade do desenvolvimento científico e tecnológico que foi abalado pela escassez de recursos no início da década de oitenta. A política tecnológica foi voltada para, além do atendimento às necessidades sociais (saúde, saneamento, educação, alimentação e nutrição), o atendimento especial às áreas de Microeletrônica, Biotecnologia, Aeroespacial, Recursos do Mar, Química Fina, Novos Materiais e Mecânica de Precisão. Dentre esses setores, aquele que teve maior

¹²⁵ O total de programas de pós-graduação e conceitos aqui apresentados correspondem ao conjunto total de programas avaliados pela CAPES que obtiveram conceito de avaliação-CAPES igual ou superior a 3 (três), lembrando que o conceito de excelência atribuído pela CAPES varia de 0 a 7, para programas de doutorado, e de 0 a 5, para programas de Mestrado. Naqueles casos em que os conceitos dos cursos de um mesmo programa são distintos, foi considerado o conceito do curso de maior nível. Fonte: www.capes.gov.br. (acesso em 18/07/2002).

¹²⁶ Plano Nacional de Desenvolvimento da Nova República, criado no Governo Sarney (1985-89).

desenvolvimento foi o de Informática, que contou com um plano específico (o primeiro Plano Nacional de Informática e Automação – I PLANIN, 1986-89), com um órgão normativo (Conselho Nacional de Informática e Automação – CONIN) e com um órgão executivo (Secretaria Especial de Informática – SEI).

No final dos anos oitenta foram criados novos mecanismos de sustentação dessas atividades. Nesse sentido, o *Programa de Recursos Humanos para as Áreas Estratégicas* (RHAE), em 1988, foi a primeira experiência nacional de associação da ação governamental nesse setor com o mercado, especialmente nas chamadas áreas estratégicas, à época definidas como Novos Materiais, Biotecnologia, Química Fina, Mecânica de Precisão e Informática.

De forma prioritária, os recursos para C&T ainda têm como principal fonte o Tesouro Nacional¹²⁷, que repassa fundos para as principais agências financiadoras: FINEP (gestora do FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CNPq, CAPES e BNDES. Os principais beneficiários dos recursos de C&T são as próprias instituições governamentais, vindo, em seguida, as empresas nacionais, sendo que destas destacam-se as pequenas e médias empresas.

Concluindo a contextualização pretendida, parece nítido e bem identificado na evolução da história da educação brasileira que a educação para a metrologia realmente ganha expressão com o PADCT, que nitidamente passa a incluir no fomento governamental o apoio à formação de RH. Todas as experiências anteriores, embora importantes, caracterizaram esforços pontuais, como foi o caso do Projeto Criptônio, que não conseguiu se manter ou deixar registro oficial. Com o PADCT, mais expressivamente na sua Fase III, foi consolidado o Programa RH-Metrologia, que produziu surpreendentes resultados e sobreviveu apesar de contracorrentes políticas de ideologia regionalizantes. Não diferindo do tipo de engenharia que construiu a pós-graduação no País, o programa de pós-graduação em metrologia tem avançado menos do que se espera, mas bem mais do que supõem os ventos adversos. Os Mestrados oficiais de metrologia consolidados pelo RH-Metrologia já produziu cerca de 70 dissertações em áreas críticas da metrologia industrial, atuando em franca colaboração com o setor produtivo industrial.

¹²⁷ A recessão da década de 80 teve consequências negativas na consolidação da expectativa de resultados decorrentes das políticas de C&T formuladas e implementadas na década de 70, impondo novas perspectivas ao então recém-criado Ministério da Ciência e Tecnologia, impondo-lhe perspectivas na eficácia operacional do SINDCT.

4.4 Experiência brasileira na educação vocacional em metrologia

No contexto desse processo evolutivo, pretende-se explicitar, no presente capítulo, os esforços voltados para a educação em metrologia no Brasil iniciados na segunda metade da década de 90, exemplificando um ciclo evolutivo mais tardio e menos expressivo do que aquele experimentado pela pós-graduação como um todo.

Contrastando com a evolução positiva da pós-graduação no Brasil¹²⁸, a educação em metrologia não vivenciou um processo de planejamento de maturação lenta e de crescimento sistêmico. Ao contrário, surgiu da indução localizada de algumas ações governamentais atreladas a processos igualmente localizados de fortalecimento da infra-estrutura laboratorial brasileira a serviço de metas específicas para o desenvolvimento científico e tecnológico do País (OHAYON; FROTA; ALECAR FILHO, 2000). Assim, permite-se estabelecer a seguinte correlação: na origem do SINMETRO, década de 1970, o esforço de fortalecimento da metrologia brasileira esteve atrelado à necessidade de implantar o controvertido Programa Nuclear Brasileiro, enquanto, uma década mais tarde, em meados de 80, com a mudança do paradigma que levou mais à frente a abertura econômica induzindo o movimento pela qualidade no Brasil, fazendo com que o investimento em metrologia integrasse ao movimento pela qualidade de forma a prover uma infra-estrutura de serviços voltada a qualidade e a competitividade.

Mesmo não se podendo, à época, perceber com clareza as inusitadas oportunidades que se haveriam de descortinar, dentre as quais a imprescindível inserção internacional, há de se reconhecer que o projeto de implantação do campus avançado do *Laboratório Nacional de Metrologia* (LNM/INMETRO), na década de 1970, fora suficientemente ousado para a época, pois viria além de substituir um órgão que mal conseguira implementar as bases da fiscalização metrológica do País (INPM)¹²⁹, tinha seu projeto de construção de laboratórios¹³⁰

¹²⁸ Evidências explicitadas nos indicadores construídos a partir de dados da própria CAPES e mostrados nos Quadros 4.1/4.2 e Gráfico 4.1, mais especificamente ilustrando dados recentes referentes à pós-graduação nas áreas das ciências da saúde, humanas e nas engenharias (Quadro 4.3).

¹²⁹ Na prática, a definitiva implantação do INMETRO é reconhecida pela Resolução nº 3 (marco, de 1980), transferindo-lhe as atribuições do INPM, que no ano seguinte foi extinto (Decreto nº 86.550, de 06/11/1981).

¹³⁰ Pela complexidade que lhe é inerente e pelo elevado valor dos investimentos requeridos, a implementação de uma infra-estrutura metrológica em nível nacional constitui processo de maturação lenta. No caso do Brasil, a montagem do campus avançado do Laboratório Nacional de Metrologia do INMETRO, em Xerém, Rio de Janeiro, na encosta da serra de Petrópolis, demandou cerca de 30 anos para completar a sua fase 1, referente à metrologia física. O complexo do

dependente de recursos humanos ainda em formação, o que confirma que muitas das limitações e carências brasileiras se explicam não por limitação de conhecimento e inteligência visionária, mas por absoluta falta de vontade e injunções políticas que podem drasticamente perturbar o ritmo de desenvolvimento de importantes projetos. Desse movimento nasceu, em 1975, a primeira iniciativa para formação de RH em metrologia para capacitar o próprio INMETRO, o importante Projeto denominado Criptônio, discutido em tópico à parte neste capítulo.

Após um novo período de calma e injunções políticas que novamente frearam o desenvolvimento de RH em metrologia, surgiu, com o processo de abertura econômica, a necessidade de se atribuir credibilidade ao chamado *produto made in Brazil*, abrindo-lhe acesso a mercados externos competitivos e protegidos por barreiras técnicas e condições de com eles competir. Foi exatamente por perceber na metrologia a única e legítima ferramenta de remoção de barreiras técnicas, em muitas das situações camuflando inaceitáveis barreiras políticas, que a metrologia voltou à cena como área prioritária, merecendo apoio específico de programas governamentais que visavam o aumento quantitativo do apoio financeiro à pesquisa, com a introdução de novos critérios, mecanismos e procedimentos indutivos de apoio em áreas previamente definidas como prioritárias, como foi o caso do bem sucedido *Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (PADCT), objeto de acordo de empréstimo entre o governo brasileiro (capitaneado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia) e o Banco Mundial, projeto que revolucionou a própria lógica de fomento do Banco Mundial, à época sem tradição no financiamento de projetos de C&T e viciado no financiamento apenas de projetos de grande porte voltados

Laboratório Nacional de Metrologia (LNM/INMETRO), criado pela Lei 5.966 de 11 de dezembro de 1973, consolidou-se por etapas sucessivas de inaugurações: (i) 1970, definição do local e apropriação do terreno; (ii) 1974, implementação da inauguração do primeiro centro administrativo, conhecido como “Prédio 20” com espaços provisórios para laboratórios. Com a conclusão do centro administrativo, agilizou-se a construção do primeiro espaço laboratorial no campus (“Prédio 11”) que abrigou os laboratórios da metrologia científica, posteriormente adaptados para sede permanente da infra-estrutura de metrologia legal por sua vez, provisoriamente abrigada em barracões improvisados e construídos para abrigar a obra de construção do campus; (iii) 1984, inauguração dos laboratórios da Divisão de Acústica e Vibrações (Eletroacústica, Ensaios Acústicos e Vibrações); (iv) 1987, inauguração dos laboratórios da Divisão de Mecânica (Fluidos, Força, Massa, Pressão e Medidas Industriais), liberando o espaço do Prédio 11 para receber, de forma definitiva, a equipe de metrologia legal; (v) 1988, inauguração dos Laboratórios da Divisão de Eletricidade (Tensão e Corrente Elétrica, Resistência, Capacitância e Indutância, Potência, Energia e Transformadores); (vi) 1998, inauguração, no campus, do novo Centro Administrativo. Induzido pelas recomendações do Plano Nacional de Metrologia (PNM), aprovado com louvor pelo CONMETRO em dezembro de 1988, apenas recentemente o INMETRO induz ações à Metrologia em Química, iniciativa estruturante de apoio sintonizada com o Programa Brasileiro de Metrologia em Química, no momento (2002) apoiado com R\$ 2 milhões provenientes do Fundo Setorial Verde Amarelo e com parcerias acadêmicas.

para a infra-estrutura de cidades, regiões, construção de aeroportos, despoluição de baías, meio ambiente, dentre outros.

Nessa nova oportunidade, a metrologia ganha maior visibilidade e, com o movimento pela qualidade, efetivamente iniciado na década de 80 e diretamente dependente de investimentos em outras funções da tecnologia industrial básica (certificação; credenciamento de laboratórios, incipiente à época; a ação de organismos de inspeção e atividades de avaliação da conformidade), a formação de RH em metrologia volta ao foco das preocupações. Por essas razões, bem compreendidas à época, a capacitação de profissionais nessas áreas da competitividade passam a constituir-se em prioridade para o governo, notadamente no contexto do *Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (PADCT), que induziu de forma expressiva a capacitação e a formação de RH em MNQ a partir de programas e projetos específicos como foram os casos do *Programa de Especialização em Gestão da Qualidade* (PEGQ), *Programa de Capacitação de Recursos Humanos em Atividades Estratégicas* (RHAÉ), e *Programa RH-Metrologia*, também objetos de análise no presente capítulo.

Por fim, a metrologia, nos anos 90, foi entendida como substrato indispensável ao fortalecimento do *Programa Especial de Exportações* (PEE) do governo federal. O PEE, que impôs como meta dobrar as exportações brasileiras no horizonte 1998-2005, foi lançado em 8 de setembro de 1998 pelo próprio Presidente da República, assim atribuindo status e sinalizando as prioridades do governo para com o Programa. Em sua essência, o PEE sempre representou um instrumento inovador de incremento às exportações, estruturado na forma matricial, ou seja, interligando os setores produtivos às áreas governamentais atinentes ao comércio exterior.

Vários são os exemplos de ações iniciadas pelo PEE¹³¹ de coordenação entre o setor público e o setor privado, que ganharam espaço próprio, com

¹³¹ Atualmente, identificam-se 61 setores produtivos privados participantes do PEE, ocupando as chamadas gerências setoriais, dos quais 59 caracterizam setores produtores de bens e 2 de serviços. Os setores de bens respondem por 84,2% dos US\$ 58,2 bilhões exportados em 2001, ou seja, cerca de US\$ 49 bilhões. Em número de 16, as chamadas gerências temáticas ocupam-se de temas relevantes (temas do governo) para a expansão acelerada das exportações, e que, por serem de competência do setor público, interceptam, horizontalmente, os 61 setores produtivos privados. Para estabelecer esse *link* gerencial-setorial-temático, foi montado um sistema gerencial e de comunicação via *Internet*, interligando, por via eletrônica, todos os gerentes temáticos e setoriais. Desde abril de 1999, objetivando estimular o desenvolvimento das exportações estaduais, foi lançada a “estadualização do PEE”, como estratégia de estimular a adesão dos Governos estaduais e entidades do estado no esforço global das exportações brasileiras. Atualmente, 15 estados participam dessa iniciativa cabendo, a cada um, definir os setores e seus representantes (gerentes setoriais), bem como a seleção das parcerias locais (gerências temáticas

resultados significativos para o comércio exterior, estimulando demandas específicas por RH. Merecendo destaque, no contexto desta pesquisa e de interesse do governo brasileiro, o direcionamento de recursos para a melhoria tecnológica de produtos que exijam constante aperfeiçoamento tecnológico. Destaca-se, ainda, a expansão, em nível nacional, do *Programa de Apoio Tecnológico às Exportações* (PROGEX) e o direcionamento de recursos para a formação de pessoal para pequenas e médias empresas (PME) exportadoras¹³².

No contexto dessas inserções, que permitem correlacionar fatos e dados, recupera-se, a título de ilustração, o que talvez possa ser identificado como o primeiro desses “*gaps*” de desenvolvimento na formação de RH em metrologia, permitindo à presente análise identificar os primeiros esforços de consolidação da educação metrológica no País: o Regulamento Imperial, de 1872, criou o cargo de *AFFERIDOR*¹³³, exigindo-lhe basicamente conhecimentos das operações aritméticas e de fundamentos da metrologia¹³⁴; já no chamado Estado Novo, em 1942, foi regulamentado o ensino da metrologia no País por força do Decreto Lei 10.476, mesmo assim não surtindo um resultado sistêmico capaz de suprir as demandas por profissionais com conhecimentos de fundamentos da metrologia compatíveis com as necessidades da época.

Não fugindo à regra de que todo e qualquer resultado sociológico sobre a consolidação de uma mentalidade em determinado aspecto ou natureza específica depende basicamente de processo continuado de aculturação (“água mole em pedra dura tanto bate até que fura”), também a metrologia não evoluiu segundo as métricas previstas unicamente por falta de uma adequada cultura metrológica, à época inexistente tanto nos ambientes da demanda quanto naquele dos tomadores de decisão, a quem competia os processos da avaliação

estaduais), a serem designadas de acordo com suas especificidades, e que tendem a englobar apenas funções nas quais o estado pode contribuir de forma substantiva, em parceria com o Governo Federal. Tais comitês são formados, em geral, por representantes da Secretaria de Estado de Indústria e Comércio, ou correlata, da Federação de Indústria e/ou de Agricultura, do SEBRAE Estadual, do Banco do Brasil e do Banco do Nordeste.

¹³² Site do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior www.mdic.gov.br, (22/07/2002).

¹³³ Termo em desuso, substituído pela denominação calibrador. Devido à confusão que ficou atrelada entre as denominações “calibração” e “aferição”, o INMETRO aboliu a denominação “aferição”, definitivamente encerrando a disputa semântica entre os dois vocábulos. A escolha por “calibração” sintoniza o jargão metrológico nacional com o internacional “*calibration*”.

¹³⁴ Para o cargo de *AFFERIDOR* exigiam-se, à época, os seguintes pré-requisitos: (i) ser cidadão brasileiro; (ii) ter mais de 25 anos; (iii) ter feito exame de aritmética que incluía as 4 operações sobre números inteiros, frações decimais e complexas, bem como elementos de metrologia, (iv) comprovar a prática do trabalho de aferição. A questão parece ter sido levada tão a sério que a mesma Lei atribuía poderes aos presidentes da municipalidade para credenciar um professor público para conduzir a aferição, caso a localidade não conseguisse suprir o serviço (DIAS, 1998).

da conformidade¹³⁵ de produtos e serviços, a fiscalização e o processo continuado da garantia da qualidade, apenas incluído como estratégia competitiva das organizações bem mais tarde, na segunda metade do século que se encerrou. Foi assim que esforços espasmódicos e extemporâneos nesse processo de consolidação cultural não fizeram mais que trazer à memória aquilo que poderia ter sido, e não foi, resultado de ações pontuais voltadas para a consolidação da metrologia nacional, induzindo a um esforço de congregação de todas as iniciativas do setor objetivando atribuir ênfase e uma ação mais permanente.

A efetiva implementação de uma cultura metrológica global no seio da sociedade requer mais que um mero exercício de treinamento. Apenas torna-se exequível pelo suprimento constante de conhecimentos básicos e aplicados de metrologia destinados não apenas ao cidadão comum detentor do nível educacional mais elementar, como também ao profissional mais especializado que atua na fronteira do conhecimento conduzindo pesquisas de ponta, influenciando o estado da arte do conhecimento, introduzindo inovações, quebrando paradigmas, avançando os limites do domínio do conhecimento em metrologia.

A educação formal ainda é o instrumento ideal de fomento também da cultura metrológica, que permeia todos os meandros de formação social seja na vida familiar, no lazer, no trabalho ou nas atividades de aquisição e produção de bens de conhecimento. Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo estabelecer uma sucinta cronologia da experiência brasileira na formação profissional em metrologia no âmbito da educação escolar regular e da educação profissional, componentes da base da educação nacional.

4.4.1 Ações localizadas para capacitação de RH em MNQ no Brasil

No limite do que pôde ser pesquisado, três ações destacam-se no processo do sistema formal de RH em metrologia no Brasil: (i) o **Projeto Criptônio**; (ii) as ações governamentais **PEGQ e RHAE** e (iii) o **Programa RH-Metrologia**. Essas são as principais ações que caracterizam o *start up* do esforço sistêmico governamental para fortalecer a educação formal em metrologia no País.

¹³⁵ Conceitos bem mais recentes, surgidos na década de 60 com a chamada Tecnologia Industrial Básica (TIB).

No contexto de intenso desenvolvimento tecnológico incentivado pelo crescimento econômico acelerado denominado "milagre econômico"¹³⁶, o **Projeto Criptônio**, de capacitação em nível de especialização de seus primeiros profissionais da metrologia, consolidou-se em momento coincidente com a euforia nacional de implementação da energia nuclear¹³⁷ no País sob a égide do *Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. Com a preocupação de desenvolver tecnologia no País, o governo, em 1975, em face da demanda energética, firmou um acordo com a Alemanha que buscava não só a construção de oito usinas nucleares¹³⁸, mas também a transferência da tecnologia completa do ciclo do combustível nuclear e de projeto, engenharia e fabricação de componentes de centrais nucleares, levando o País a aplicar investimentos para montar uma estrutura industrial, formar técnicos e adquirir tecnologia necessária à construção de usinas nucleares, à fabricação de elementos combustíveis para reatores de potência e à produção de concentrado de urânio.

4.4.1.1 O Projeto Criptônio

Na história da metrologia brasileira o **Projeto Criptônio** é importante também para contextualizar o ambiente favorável à estruturação de serviços com confiabilidade metrológica, e que levou à construção de um importante *aparatus* em metrologia no País. Como estratégia de viabilização do ambicioso projeto, a formação de recursos humanos constituiu-se em tema central priorizado pelo governo, tendo levado à formalização de um outro acordo específico entre o então recém-criado INMETRO e o conceituado Instituto Nacional de Metrologia da Alemanha (*Physicalische-Technische Bundesanstals* – PTB), situado em Braunschweig, para capacitar em metrologia os profissionais que deveriam

¹³⁶ Aproximadamente no período de 1968 a 1974, o investimento de capital externo e a determinação dos governos militares de fazer do Brasil uma "potência emergente" viabilizam pesados investimentos em infra-estrutura (rodovias, ferrovias, telecomunicações, portos, usinas hidrelétricas, usinas nucleares), nas indústrias de base (mineração e siderurgia), de transformação (papel, cimento, alumínio, produtos químicos, fertilizantes), equipamentos (geradores, sistemas de telefonia, máquinas, motores, turbinas), bens duráveis (veículos e eletrodomésticos) e na agroindústria de alimentos (grãos, carnes, laticínios). No início da década de 70, a economia apresenta resultados excepcionais, com o PIB crescendo a 12 %, e o setor industrial a 18% ao ano. Já em meados dos anos 70, a crise do petróleo e a alta internacional dos juros desaceleram a expansão industrial. Com o financiamento externo mais caro, a economia brasileira entra num período de dificuldades crescentes, que levam o País, na década de 80, ao desequilíbrio do balanço de pagamentos e ao descontrole da inflação. No começo dos anos 90, a produção industrial é praticamente a mesma de dez anos anteriores.

¹³⁷ Em 1972, no âmbito de um acordo com os EUA, o País adquiriu um reator de potência a urânio enriquecido, vindo a constituir-se na primeira unidade da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (Angra I). Fonte: www.mct.gov.br, (acesso em 20/07/2002).

¹³⁸ Contrastando com o sonho dourado da era do governo militar, das 16 usinas originalmente cogitadas, apenas duas entraram em operação, questionando-se o nível das tecnologias adotadas e lamentando-se o estoque de equipamentos importados não utilizados ainda mantidos em armazenamento.

assumir as lideranças dos diversos laboratórios primários que integravam o Laboratório Nacional de Metrologia do campus avançado do INMETRO.

Antecedendo à capacitação técnica desses profissionais no renomado Instituto alemão de metrologia, o INMETRO firmou convênio com a *Coordenação de Programas de Pós-Graduação e Engenharia* (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para implementar um curso de especialização, que poderia ter sido concebido como, “programa de pós-graduação *lato sensu*”, de forma a capacitar engenheiros e físicos, à época aprovados em concurso público para participação no curso e integração no corpo de funcionários da Instituição, complementando e atualizando sua formação em ciências básicas, de forma a preparar o primeiro corpo técnico do Laboratório Nacional de Metrologia (LNM) do INMETRO, o **Projeto Criptônio**.

Resultado de um excelente trabalho, o **Projeto Criptônio**¹³⁹ foi implementado pelos pesquisadores e gestores da COPPE em parceria com pesquisadores estrangeiros, tendo capacitado duas turmas de profissionais em anos seguidos (1974-75). Desse notável esforço o INMETRO conseguiu absorver a maioria dos profissionais, cerca de 60 alunos das duas turmas, de onde saíram aqueles que complementaram sua especialização nas excelentes instalações do Laboratório Nacional de Metrologia da Alemanha, o PTB/Alemanha¹⁴⁰, e assumiram posição de chefia e lideranças nas práticas da metrologia e da atividade de credenciamento de laboratórios, alguns dos quais ainda permanecem em atividade no INMETRO, testemunhando uma fase importante na gênese do processo de capacitação dos profissionais da metrologia primária do País¹⁴¹.

¹³⁹ Apesar da excelência do programa implementado, dois fatores lamentáveis ocorreram a COPPE/UFRJ jamais formalizou o programa no contexto de um curso formal de pós-graduação *lato sensu* (o que prejudicou incorporações e vantagens salariais na carreira daqueles profissionais, carreira essa mais tarde estruturada com base em titulação acadêmica). Foi somente por indicação do então coordenador do Projeto Criptônio, professor Alcir de Faro Orlando, atualmente professor do PósMQI/PUC-Rio e à época recém-chegado de seu doutorado em *Stanford University*, que foi possível localizar no “arquivo-morto” da COPPE, registros referentes àquele projeto pioneiro.

¹⁴⁰ Digno de registro foi e tem sido o permanente apoio que o Brasil, por intermédio do INMETRO, tem recebido do Instituto Alemão de Metrologia, sempre aberto e pró-ativo à cooperação, fato não apenas de repercussão técnica, mas social, tendo estabelecido fortes laços de amizade entre as comunidades brasileira e alemã de metrologistas.

¹⁴¹ A não existência de registro sobre essa importante e interessante experiência do Projeto Criptônio estimulou, no contexto da presente pesquisa, uma série de entrevistas com personagens que viveram, de uma forma ou outra, a sua implementação. Dentre os entrevistados registram-se agradecimentos ao entusiasta Dr. Armênio Lobo que, de estagiário do INT à dirigente da instituição que antecedeu o INMETRO, o INPM, entre 1975 a 1980, foi um dos idealizadores do Projeto Criptônio, tendo se dedicado à instituição conforme testemunham aqueles que o conheceram. Complementando o depoimento do Prof. Alcir de Faro Orlando, coordenador do Programa, foram também entrevistados o Prof. Roberto Peixoto, aluno da 1ª turma do Criptônio, e o ainda

O Projeto Criptônio rendeu dividendos. Em 1977, iniciou-se um programa de treinamento em metrologia para profissionais estrangeiros de nível superior, patrocinado pela *Organização dos Estados Americanos* (OEA)¹⁴², com o objetivo de desenvolver os sistemas metroológicos em seus respectivos países. O programa foi desenvolvido no próprio *campus* laboratorial de Xerém, estruturando-se em dois cursos de treinamento, tendo como instrutores profissionais brasileiros do corpo do próprio corpo do INMETRO¹⁴³. O primeiro, ministrado em 1977, foi direcionado à metrologia legal e metrologia científica, tendo contado com a participação de 12 alunos. O segundo, em 1980, foi direcionado apenas à metrologia industrial e contou com 10 participantes¹⁴⁴. Esta experiência, que proveu conhecimentos em metrologia a países da América Latina, proporcionou ao INMETRO reconhecimento pelo seu potencial técnico-científico, foi possível, em parte, pela experiência com o Projeto Criptônio e pela *expertise* acumulada.

4.4.1.2 Os Programas governamentais PEGQ e RHAE

Antes de prosseguir com a descrição da experiência brasileira na educação formal em metrologia, julgou-se procedente documentar, a título de justiça pelo esforço da iniciativa e pela pertinência do tema, uma surpreendente e crescente implementação de ações localizadas para capacitação profissional e promoção da oferta de treinamentos básicos e especializados em metrologia e áreas correlatas. Mesmo não se constituindo em educação formal, esses foram

funcionário do INMETRO oriundo da 2ª turma do Criptônio e atual chefe de Divisão de Massa da Metrologia Legal do INMETRO, Sr. Mauro Fagundes, que, em agosto de 2002, em reunião realizada na Diretoria de Metrologia Legal do INMETRO, em Xerém, predispôs-se a “abrir” sua memória para recuperar características daquele programa que preparou a primeira turma de metrologistas brasileiros. Outro importante personagem foi o Prof. Gregório Salcedo Muñoz, professor da Primeira turma Criptônio e funcionário do INMETRO por muitos anos, hoje professor do Mestrado de Metrologia da PUC-Rio.

¹⁴² Em 30 de abril de 1948, 21 nações, inclusive o Brasil, se reuniram em Bogotá, Colômbia, para adotar a Carta da Organização dos Estados Americanos (OEA), mediante a qual confirmaram seu apoio às metas comuns e o respeito à soberania de cada um dos países, desde então, a OEA expandiu-se para incluir os países do Caribe e o Canadá. Atualmente, 35 países independentes das Américas ratificaram a Carta da OEA e pertencem à Organização.

¹⁴³ Depoimento do Prof. Gregório Salcedo de Muñoz, à época pesquisador do INMETRO, hoje na chefia do Laboratório de Metrologia Dimensional da PUC-Rio, integrando a equipe do PósMQI.

¹⁴⁴ Em entrevista com o Prof. Gregório Salcedo Muñoz, professor da PUC-Rio e também do Primeiro Curso Criptônio, foram constados em seus arquivos pessoais de registro dos cursos da OEA, que na participaram 1ª turma da OEA: 1 uruguaio, 2 equatorianos, 2 paraguaios, 2 costarriquenhos, 2 bolivianos, 2 argentinos, 1 panamenho, enquanto no segundo curso, participaram 1 equatoriano, 2 panamenses, 1 uruguaio, 1 argentino, 2 venezuelanos, 1 paraguaios, totalizando 10 participantes. O professor também lembrou que uma terceira experiência tida na época, foi a capacitação de 3 peruanos, por meio de estágio no INMETRO. Alguns desses estrangeiros não seguiram carreira na metrologia, permaneceram no Brasil, concluíram seus doutoramentos na COPPE/UFRJ, lá permanecendo até hoje como membros do quadro permanente de pesquisadores.

treinamentos que contribuíram para a formação da cultura metrológica no País. O levantamento não é conclusivo e tampouco exaure tema de difícil pesquisa já que os esforços de treinamento especializado ocorreram sem planejamento formal. Sabe-se que o acervo de informação embora vasto, não se encontra categorizado e tampouco facilmente disponível, até mesmo pelo fato de essa experiência ser relativamente recente. Mesmo não se constituindo em objeto da pesquisa, esse esforço de aculturação é digno de nota, em particular pelo seu crescimento exponencial nos últimos anos induzido pelo esforço governamental que, explicitamente, fomentou a capacitação em massa de profissionais em tecnologias de gestão empresarial, auditores da qualidade, avaliadores de sistemas da qualidade, metrologistas e tecnólogos.

Análise feita com base nos resultados consolidados pelo subprograma TIB do *Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico* – resultado de acordo de empréstimo entre o governo brasileiro e o Banco Mundial, lançado em fins de 1984¹⁴⁵ – demonstrou importantes avanços no esforço de capacitação profissional no contexto de outras atividades estruturantes de desenvolvimento e fortalecimento da infra-estrutura laboratorial e informacional em áreas da tecnologia industrial básica (metrologia, normalização, avaliação e certificação da qualidade). Investimentos estimados em US\$ 172 milhões de dólares ocorreram ao longo da Fase I (1985-91) do Programa PADCT, suplementados com US\$ 290 milhões ao longo da Fase II (1991-98) e com US\$ 620 milhões (efetivamente liberados US\$ 310 milhões do Banco Mundial).

No que concerne à capacitação profissional em metrologia e áreas correlatas, o PADCT lançou subprograma próprio, o *Programa de Especialização em Gestão da Qualidade* (PEGQ) que possibilitou a capacitação de 28 mil especialistas em Gestão da Qualidade, tendo induzido, de forma indireta, a capacitação de outros 300 mil¹⁴⁶ profissionais pelos mercados de consultoria e assistência técnica que se beneficiaram desse momento favorável de inserção da prática da qualidade no ambiente industrial e empresarial brasileiro. Dessa iniciativa resultaram não apenas o financiamento de mais de uma centena de projetos cooperados de implantação de gestão da qualidade, missões técnicas a centros de excelência do exterior (notadamente do Japão e da Europa), vinda de especialistas estrangeiros, mas, principalmente, a formação de uma consciência

¹⁴⁵ Fase de Teste do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

¹⁴⁶ Relatório do PEGQ, produzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), que funcionou ao longo de todo o Programa como sua Secretaria Executiva.

nacional para a importância do acultramento em metrologia e nas demais funções da tecnologia industrial.

Dando seqüência a esse importante programa governamental para a área da tecnologia industrial, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) lançou o Programa de Capacitação de Recursos Humanos em Atividades Estratégicas (RHAE) para apoiar de forma institucional ou interinstitucional projetos para a capacitação de recursos humanos vinculados a linhas de pesquisa tecnológica, ao desenvolvimento de processos produtivos e aos serviços tecnológicos e de gestão, enfatizando a colaboração entre Empresas, Universidades e Institutos de Pesquisas. O Programa fixou doutores na indústria, capacitou especialistas para laboratórios e prestou suporte técnico às empresas brasileiras na preparação para o desafio da certificação ISO 9000 e ISO 14000, viabilizando a participação de especialistas brasileiros em fóruns técnicos internacionais (e.g.: ISO 176, ISO 207, que são os fóruns internacionais responsáveis por essas duas famílias de normas ambientais e de gestão, respectivamente). De forma exemplar, esses dois programas promoveram o desenvolvimento de RH e alavancaram importantes projetos de P&D de empresas e instituições de P&D e Tecnologia, induzindo outras importantes articulações.

4.4.1.3 O Programa RH-Metrologia

Similarmente ao que também aconteceu com o processo de desenvolvimento da pós-graduação brasileira, a educação formal em metrologia resultou de uma ação de planejamento induzida pelo governo. Foi assim que, no contexto de uma iniciativa interministerial, o Programa RH-Metrologia foi criado e sua primeira fase inteiramente implementada e avaliada (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999b). O Programa nasceu de uma conjunção de esforços do *Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial* (INMETRO/MICT), da *Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES/MEC) e do *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq/MCT), tendo sua primeira fase (1995-1998) sido estruturada a partir de aportes financeiros provenientes do Banco Mundial por intermédio do *Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (TIB/PADCT/MCT), Programa este que contou com apoio financeiro complementar das entidades instituidoras do Programa.

Como anteriormente exposto, foi a partir do processo de abertura e globalização econômica que metrologia e qualidade passaram a ganhar visibilidade interna e externa, ser compreendidas como áreas do conhecimento com impacto direto no processo de desenvolvimento da competitividade e da qualidade de vida e vistas como geradores de uma cultura social voltada para a construção da cidadania, para a prática e defesa dos direitos do consumidor, para o respeito à natureza e ao meio ambiente.

Nesse cenário favorável à competitividade, foi idealizado o *Programa RH-Metrologia*¹⁴⁷ visando dotar o País de recursos humanos qualificados para o setor de metrologia, suprimindo assim demandas específicas provenientes do Laboratório Nacional de Metrologia (INMETRO) e dos demais laboratórios que compõem a infra-estrutura laboratorial de serviços (RBC, RBLE e laboratórios de metrologia legal); dos laboratórios industriais e dos laboratórios dos sistemas da saúde, da agricultura, da segurança e do meio ambiente, objetivando ainda o desenvolvimento de literatura especializada e a promoção de eventos de natureza técnica e científica em metrologia que imprimam uma *cultura metrológica* adequada aos novos reclamos das economias de mercado. Como uma de suas ações mais permanentes, induziu a criação de dois programas de pós-graduação em metrologia que hoje, cinco anos após a sua criação, já produziram, cerca de 70 Mestres em metrologia, cujas pesquisas colaboraram na solução de problemas críticos da indústria que demandam conhecimentos avançados de metrologia.

Conforme descrito no Documento Básico, desenvolvimento e agregação de competências constituíram-se no cerne da filosofia do Programa RH-metrologia. Como tal, o Programa beneficiou-se de ampla articulação política e de mobilização multi-institucional em áreas interdisciplinares dos diferentes níveis de formação acadêmica e profissional, objetivando desenvolver e agregar competências e capacitações laboratoriais e institucionais para o equacionamento da grave carência de recursos humanos em metrologia, área estratégica para a estruturação da competitividade brasileira.

De forma direta, o Programa atuou em três níveis: (i) de *governo* (agências de fomento a C&T, programas de bolsas, gestores de programas especiais); (ii) dos agentes do *SINMETRO* envolvidos não apenas com as questões

¹⁴⁷ Autorizado pelo então Coordenador do Programa, o presente texto representa adaptações e transcrição de trechos do Documento Básico do Programa RH-Metrologia, (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999a).

diretamente afetas à metrologia, mas com aquelas específicas do controle metrológico, da normalização, da certificação e da avaliação de conformidade, de forma ampla, e (iii) das *organizações*, destacando-se os centros formadores de recursos humanos (e.g., universidades, escolas técnicas, escolas públicas voltadas para o ensino fundamental), institutos e entidades técnicas setoriais, organizações metrológicas regionais, setoriais e corporativas (redes metrológicas e congêneres), Sociedade Brasileira de Metrologia e outras associações de classe com potencial para promover e disseminar a cultura metrológica. A exemplo da CAPES, que pratica a avaliação de forma séria e independente como instrumento de gestão, também o Programa RH-Metrologia foi alvo de uma avaliação global de sua Fase I tendo produzido um interessante documento “Programa RH-Metrologia: Resultados e Avaliação da Fase I” (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999b). Essa prática de avaliação como insumo para redirecionamento e fortalecimento do Programa constitui-se numa das raras experiências na área pública nos programas governamentais de C&T descritos e caracterizados no início do presente capítulo.

Fazendo alusão ao sistema decimal que preconiza o número 10, o Programa foi concebido para apoiar dez diferentes atividades relacionadas ao desenvolvimento de recursos humanos necessários à promoção da competitividade, agregadas segundo os seguintes tópicos básicos: 1. articulação institucional; 2. estudos da demanda de RH; 3. formação continuada de recursos humanos; 4. treinamentos especializados; 5. sensibilização pela metrologia; 6. escolas avançadas de metrologia; 7. eventos de metrologia; 8. publicações; 9. missões e intercâmbios técnico-científicos; e 10. projetos especiais.

Fundamentadas nestas dez premissas básicas, foram estruturadas as três fases do Programa RH-Metrologia, orçadas e detalhadas em função das demandas e prioridades mais explícitas do setor, cada uma delas prevendo não apenas ações diretamente relacionadas à formação, capacitação e treinamento de recursos humanos em metrologia, mas também atividades complementares e indutoras das ações de desenvolvimento de recursos humanos. Típica do setor de educação, já se antevia que a implantação de programas consistentes e de bases permanentes requer longo processo de maturação e envolvimento direto dos agentes instituidores, fato que, entretanto resultou em experiências concretas, como será analisado no bloco seguinte que detalha cada uma das experiências formais voltadas para a educação em metrologia.

Não fugindo à regra, o Programa RH-Metrologia, após estar concebido, estabeleceu uma estratégia de implantação em três fases complementares: *estruturação, fortalecimento e consolidação*, descritas a seguir.

4.4.1.3.1 A Fase 1 do Programa (1995-1998)

A Fase 1, já concluída e denominada *start-up*, caracterizou o período de *estruturação* do Programa RH-Metrologia. Focalizou sua ação na articulação política multi-institucional para atribuir estatuto e visibilidade ao Programa e estabelecer não apenas o dimensionamento da demanda agregada de recursos humanos (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999a,b), mas, principalmente, para articular a adequação da oferta de cursos e treinamentos das instituições de ensino já instaladas no País com a real demanda de recursos humanos em metrologia, medida diretamente junto aos laboratórios prestadores de serviços metrológicos.

Objetivando aprofundar a discussão de temas correlatos à metrologia e induzir a aproximação de cientistas brasileiros com a comunidade científica de renomada experiência em metrologia, de sorte a favorecer a aculturação metrológica, o Programa RH-Metrologia concebeu as escolas avançadas, com elas pretendeu-se avançar o conhecimento metrológico, em áreas críticas (Óptica, em Pernambuco; Incerteza de Medição, no estado do Rio de Janeiro; Mecânica, no estado do Rio Grande do Sul), fomentando uma grande discussão nacional em torno da temática da metrologia e forçando a dialética entre o discurso das vulnerabilidades internas existentes e aquele da construção das fases da metrologia nacional. Além disso, o Programa incluiu a realização de experiências de articulação de caráter institucional para promover a adequação de centros formadores de recursos humanos, no intuito de capitalizar esforços internos já existentes em instituições brasileiras de ensino e pesquisa. Disto resultou inicialmente a estruturação de dois cursos de Mestrado em Metrologia¹⁴⁸, área do conhecimento de natureza multidisciplinar e de efeito multiplicador uma vez que englobaram níveis os mais elevados da formação acadêmica estimulando e induzindo, pela via da pesquisa cooperativa (teses e dissertações) a formação de grupos e linhas de pesquisa em metrologia totalmente incipientes na comunidade científica brasileira.

¹⁴⁸ PósMQI e PósMCI, abordados em tópicos à parte deste capítulo.

Ainda na Fase 1 do Programa, foi prevista uma experiência educacional piloto, basicamente inserindo na grade curricular do ensino técnico matérias referentes à metrologia, como forma de avançar a experiência educacional em metrologia; intercâmbios de especialistas e missões de especialistas brasileiros a laboratórios locais do exterior; campanhas de sensibilização; *workshops* específicos e congressos de metrologia de abrangência internacional para disseminação de documentação metrológica qualificada.

4.4.1.3.2 A Fase 2 do Programa (1998-2002)

Injunções políticas naturais na sociedade brasileira levaram a mudanças na administração das políticas metrológicas; do que resultou a substituição do sistema gestor da metrologia brasileira – o INMETRO – praticamente interrompendo o curso do apoio político à implementação do Programa RH-Metrologia. Sua comprovada consistência é que o manteve nos programas de fomento do MCT, que preservou o processo de continuidade. Assim, o Programa, vencendo adversidades seguiu seu curso político, comprovando a tese de que são as ações de caráter permanente que validam os programas governamentais. Mantiveram-se os Mestrados de Metrologia, o Curso Técnico (a seguir caracterizado) e outras importantes iniciativas contidas em Editais de fomento do MCT.

No contexto da Fase 2, denominada *fase de fortalecimento* do Programa, o seu processo de planejamento não pretendeu adequar a capacidade das instituições formadoras de recursos humanos à demanda real de recursos humanos qualificados em metrologia. Ao invés, buscou estabelecer perspectivas mais concretas e mais favoráveis para o seu equacionamento progressivo, definindo um quadro mais concreto da correlação entre os determinantes da demanda e um sistema de formação de recursos humanos mais alinhado com as necessidades e expectativas do mercado.

Prevendo as dificuldades que decorreriam da implantação de Programa de tamanha complexidade, envolvimento de multi-áreas de conhecimento e profissionais de *expertise* multifacetada, concebeu-se o planejamento de ações e esforço em perspectiva futura de sorte a consolidar o caminho a percorrer pela metrologia nacional.

A necessidade de estruturação de uma rede para formação de recursos humanos em nível técnico-profissionalizante (a chamada educação vocacional) conduziu ao estabelecimento de convênios com o SENAI, não apenas pela

excelência e vocação da sua atuação, mas, principalmente, pela infra-estrutura de ensino já existente e pela sua capilaridade no sistema industrial, que decorre da efetiva articulação feita pelas federações de indústrias a que ele se vincula e, também, pela ênfase que vem dando ao tema por intermédio do *Programa SENAI de Gestão da Metrologia*, abordado em tópico próprio desse capítulo. Mesmo não tendo o INMETRO, pelas questões políticas mencionadas, tomado as decisões que levaram à sua implementação, o próprio SENAI, sensibilizado pela causa, fortaleceu a sua ação e, no contexto de um projeto específico, implementou ações para inserir em todos os seus cursos profissionalizantes no território nacional o tema metrologia. Como será descrito em tópico próprio, produziu e reproduziu literatura especializada em metrologia, desenvolveu um CD educativo para facilitar o ensino da metrologia e investiu de forma decisiva na acreditação de seus laboratórios, chegando hoje a deter cerca de 20% de todos os laboratórios acreditados das redes brasileiras de calibração (RBC) e ensaios (RBLE).

Ainda no contexto da Fase 2 do Programa, a partir dos resultados da pesquisa *Demanda de recursos humanos em laboratórios de calibração e de ensaios* (INMETRO, 1998) ações foram identificadas e programadas para equacionar vulnerabilidades específicas e para promover o reconhecimento internacional do sistema brasileiro de credenciamento de laboratórios. Em função da demanda de cursos e dos treinamentos identificados na pesquisa encomendada, alguns dos centros envolvidos com a formação e treinamento de recursos humanos foram apoiados para suprir demandas efetivas, caracterizando uma situação pioneira em que os sistemas ofertantes de treinamento passaram a incorporar informações da demanda no planejamento estratégico de suas ações de oferta. Como evidência menciona-se a dissertação de Mestrado do PósMCI/PUC-Rio (MESQUITA, 2002) que desenvolveu uma ferramenta *B2B (business-to-business)* para facilitar o processo de intermediação entre segmentos da oferta e da demanda de serviços de metrologia, resultando na implementação dessa ferramenta no *site* da Sociedade Brasileira de Metrologia. Outra evidência dessa iniciativa foi a *Campanha Nacional de Sensibilização pelo Credenciamento* conduzida pelo próprio INMETRO ao término da vigência da Fase 1 do Programa que, no contexto de um trabalho de sensibilização pela relevância econômica associada ao credenciamento, e exaltando o papel da metrologia para o desenvolvimento da cidadania, reduziu os prazos do credenciamento agregando profissionais ao

sistema e reduziu aos custos dos avaliadores, o processo de credenciamento, decisão que fortemente impactou o número de adesões, induzindo um crescimento de cerca de 20% no número de laboratórios de calibração credenciados à época (evoluiu de cerca de 80 para 101).

Para se promover a aceleração desejada na formação de RH, foram planejados também o apoio à estruturação de cursos pós-médio, ensino à distância, inserção da metrologia em cursos existentes e fortalecimento das ações implementadas na Fase 1.

4.4.1.3.3 A Fase 3 do Programa (2003-2006)

Ao contrário de outros Programas Governamentais, o Programa RH-Metrologia ousou no seu planejamento de longo prazo, propondo, no contexto de um portfólio de ações integradas e interdependentes, um cenário de realizações para o que denominou sua *fase de consolidação*, a Fase 3, a desenvolver-se no horizonte 2003-2006.

Assim, objetivando equilibrar a oferta com a efetiva demanda de recursos humanos em metrologia, a Fase 3 do Programa RH-Metrologia, em conformidade com padrões de excelência e atendendo às necessidades e expectativas dos setores envolvidos com a questão metrológica, de forma otimista já previa que um excesso de euforia poderia levar à indução de um número maior de programas que o necessário para atender às demandas, a exemplo do que ocorreu com a pós-graduação brasileira em algumas áreas (a proliferação desenfreada de cursos de Master of Business Administration – MBA – constitui apenas um exemplo). Para tal, estabeleceu um planejamento definitivo dessa atividade, centrada na avaliação partir dos resultados e avaliação da demanda, antevendo a produção de uma base de informação capaz de orientar e subsidiar futuros fomentos, assim evitando fomentar áreas já resolvidas. Como premissa básica passou a defender a proposta de se recapacitarem e fortalecerem infra-estruturas existentes ao invés de recriar experiências, sinalizando, já à época que o delineamento dessas ações seria de competência do *Plano Nacional de Metrologia (PNM)* que já se encontrava em fase adiantada de formulação. Como evidência dessa preocupação, transcreve-se a citação do Documento Básico do Programa: “será necessário monitorar, o mais cuidadosamente possível, as necessidades do mercado, de forma a orientar e definir as ações dos centros formadores de recursos humanos, e dimensionar o porte e o nível de formação acadêmica desejado, evitando-se

excessos ou carência de profissionais qualificados. É a fase do ajuste do Programa”. Essa etapa do Programa pode ser vista como “teste da efetividade do Programa”, crucial para a ancoragem das suas bases permanentes, o que de fato aconteceu com algumas de suas atividades, como são os casos dos Mestrados de Metrologia, das Escolas Avançadas (que viraram parte do jargão e continuam sendo alvo dos Editais de Fomento), do Curso Técnico e, notadamente, da surpreendente ação do SENAI, dentre outras que serão mais bem caracterizadas a seguir.

O complexo processo de planejamento do Programa sempre se preocupou em implementar ações que objetivavam a consolidação de suas bases permanentes. Durante sua estruturação (Fase 1), seguiu-se a eficiente e já testada sistemática utilizada pelo Programa RHAE/MCT, com processo de análise, seleção e aprovação de projetos atribuído a câmaras colegiadas com representação dos principais agentes envolvidos, e sem eventuais conflitos de interesse de comprometimento das decisões.

A lógica dessa sistemática gerencial incluiu a efetiva participação do *Conselho Consultivo e de Avaliação*, em cujo âmbito procedeu-se à avaliação dos cursos formais de pós-graduação em metrologia (hoje com conceito de excelência 4 na CAPES), à avaliação e ao monitoramento das demais atividades com permanente supervisão de especialistas da comunidade nacional e internacional de C&T, da FINEP, PADCT, MCT/SETEC, MICT/STI, CNI/SENAI, SEBRAE e INMETRO. Desde a sua concepção, o Programa delegava à CAPES, que tinha assento no Conselho Consultivo do Programa, a prerrogativa da avaliação independente dos programas de pós-graduação de formação de recursos humanos segundo sua própria sistemática já de reconhecido prestígio no País e no exterior.

A transparência da gestão do Programa na aplicação dos recursos públicos exigiu, da gestão do Programa, estruturação administrativa em três níveis: (i) *formulação e concepção filosófica (Comitê Brasileiro de Metrologia)*; (ii) *comitê consultivo e de avaliação (especialistas com ampla representação institucional)* e (iii) *comitê operativo e gerencial* estruturado em quatro *Gerências de Atividades*, de acordo com as ações que deveriam ser empreendidas e com as atividades a serem fomentadas. Através dessas gerências operativas planejou-se a interação do Programa com os diferentes projetos institucionais que foram desenvolvidos com o apoio financeiro e institucional do Programa.

Tal sistemática pluralista de gestão objetivou garantir a necessária sintonia entre as gerências do Programa e as vocações e missões institucionais dos segmentos impactantes em metrologia, cuidando para preservar o princípio da sinergia entre ações de programas já operados isoladamente pelas instituições, seguindo o método do sucesso evidente para consolidar uma base permanente de construção da metrologia no País.

Alguns resultados concretos do Programa e traços do seu processo indutivo aparecem nos Editais de fomento (cf. Edital do Fundo Setorial Verde Amarelo, que o cita várias vezes) e nas ações de programas e projetos que serão descritos a seguir, permitindo concluir que o Programa RH-Metrologia constituiu-se na principal ação estruturada já desenvolvida e implementada no País voltada para a educação e capacitação vocacional em metrologia.

4.4.2 Pesquisa: demanda de recursos humanos em laboratórios de calibração e ensaios

Com o propósito de subsidiar a ação de centros de formadores de RH no seu planejamento de uma ação estruturante voltada à formação de profissionais em metrologia, o Programa RH-Metrologia encomendou uma pesquisa para identificar as necessidades de recursos humanos, nos diferentes níveis de formação acadêmica, em laboratórios de calibração e de ensaios no País. De abrangência nacional, a pesquisa foi realizada no período de novembro de 1996 a junho de 1997 envolvendo três universos distintos de laboratórios: (i) os laboratórios credenciados e em fase de credenciamento na Rede Brasileira de Calibração (RBC) e na Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE); (ii) todos os laboratórios de calibração e de ensaios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e (iii) laboratórios do estado do Rio Grande do Sul associados à Rede Metrológica do estado. A estrutura da pesquisa compreendeu ainda 31 linhas de análise e dois grandes blocos. No bloco 1 de sua estrutura foram estudadas as principais dificuldades (infra-estrutura, de gestão e de RH) vivenciadas pelos laboratórios e no bloco 2, as problemáticas relacionadas à contratação, capacitação e treinamento de RH. Dessa forma estruturada, foi possível estabelecer um diagnóstico das principais dificuldades vivenciadas, notadamente de RH, caracterizando-se o perfil e a

demanda de RH necessários ao funcionamento de laboratórios atuantes em metrologia¹⁴⁹.

Dentre os diversos resultados consolidados e divulgados (INMETRO, 1998), a pesquisa revelou como principais dificuldades: *recursos humanos* (36%); *máquinas e equipamentos* (29%), *confiabilidade metrológica* (14%) e *instalações prediais* (12%).

No que concerne especificamente aos recursos humanos, foco da presente dissertação, o *número de* funcionário (27%) e a sua *remuneração* (23%), destacaram-se como as principais dificuldades encontradas. A despeito dos níveis de qualificação funcional identificada em 1997 e pretendida em 1999, a pesquisa apresentou os seguintes resultados: *doutores* (5%, em 1997 e 8% em 1999); *mestres* (9%, em 1997 e 10%, em 1999); *nível superior* (29%, em 1997 e 25% em 1999); *nível médio* (42%, em 1997 e 44%, em 1999) e *sem qualificação acadêmica* (15%, em 1997 e 13%, em 1999). Outro ponto de destaque identificado na pesquisa, referente à formação de recursos humanos para os laboratórios de ensaios e de calibração, foi a grande demanda por treinamentos especializados: 920 treinamentos foram solicitados pelos 242 laboratórios que participaram desta análise, sendo 48% desses treinamentos essencialmente direcionados a atividades de *calibração e ensaios*, 20% à área de *normalização e qualidade* e 12% das solicitações foram direcionadas aos treinamentos na área de *avaliação metrológica*.

Neste contexto, e pelos demais resultados analisados, a pesquisa evidenciou a preocupação com o nível de qualificação dos recursos humanos que atuavam no cenário dos laboratórios brasileiros, podendo ser considerados, à época, como “em número insuficiente” para fazer frente aos avanços da metrologia mundial, reflexo da falta de cultura metrológica vivenciada pelos laboratórios que não investiam no nível desejado na formação e aperfeiçoamento profissional de seus técnicos. Fato também notório, divulgado nos resultados da pesquisa, foi a grande deficiência no processo de planejamento dos recursos humanos nos laboratórios de calibração e ensaios. Com destaque, a pesquisa orientou as ações voltadas ao fortalecimento da formação de profissionais de alto nível (fazendo-se menção à necessidade de

¹⁴⁹ De acordo com os resultados divulgados da pesquisa (INMETRO, 1998), a participação dos laboratórios contactados foi bastante expressiva, 70% desses responderam a pesquisa (348 laboratórios brasileiros).

Mestres em metrologia), recomendando o desenvolvimento da formação profissionalizante específica em metrologia.

A pesquisa acima caracterizada teve importância estratégica na formulação de um Edital articulado no contexto de um programa interministerial (CAPES/MEC, CNPq/MCT e INMETRO/MICT) que, dentre outras ações do Programa RH-Metrologia, estimulou e induziu a criação de dois programas de mestrado em metrologia, descritos em item específico deste capítulo.

4.4.3 Capacitação de centros de treinamento em MNQ

Resultado natural de apoio e de fomento induzidos pelas ações governamentais, notadamente pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, que inovou nas formas de financiamento de atividades de MNQ, diversos centros e instituições tecnológicas investiram nas suas infra-estruturas capacitando-se como centros provedores de treinamentos especializados, buscando não apenas a excelência nessa atividade, como também a exploração de atrativos nichos de mercado para a garantia da auto-sustentação financeira no ambiente tecnológico industrial. Por outro lado, contracenando com as organizações existentes, outras instituições surgiram e ocuparam parte desse competitivo e atraente celeiro de oportunidades, como foram os casos da bem sucedida Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM) e de organizações regionais de metrologia (denominadas redes metrológicas).

No contexto dessa ação de organizações que consolidaram tradição no provimento de treinamentos específicos, de forma nitidamente crescente, investindo na capacitação de seus centros de treinamentos e estruturando cursos sob medida (*in company*) oferecidos no próprio ambiente das empresas, um grande esforço foi implementado no País, cujo resultado é de difícil mensuração por falta de estatísticas e relatórios de avaliação consolidados. Sem procurar exaurir o tema e aprofundar a pesquisa além do contorno que objetiva mapear a educação formal em metrologia, incluem-se alguns resultados identificados diretamente junto às administrações de algumas instituições mais conhecidas pelo seu trabalho no treinamento especializado, conforme resumidamente caracterizado no Quadro 4.4.

Quadro 4.4: estimativa de treinamentos em MNQ oferecidos por centros de treinamento

CENTROS DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL	HORAS DE CURSO	PESSOAS TREINADAS
Treinamentos em Gestão viabilizados pelo TIB/ PADCT	DNI	Superior a 300 mil
Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)	DNI	DNI
Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP)	DNI	DNI
Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM)	524	369
Redes Metrológicas Estaduais de RS; RJ; SP	85 mil; 120; 216	2 mil; 164; 297
Fundação CERTI (SC)	1mil	17 mil

DNI: "Dados Não Identificados", não obstante persistentes solicitações junto às partes responsáveis.

Nota: não obstante a tentativa para se documentar o esforço de treinamento em MNQ, baixíssima foi a resposta das redes metrológicas estaduais no provimento de informações sobre suas atividades de treinamento.

4.4.4 A experiência brasileira na educação formal em metrologia

Seguindo o ritmo normal de seu desenvolvimento, a educação formal em metrologia no Brasil e também na maioria dos países industrializados, apenas vem ganhando expressão nos últimos anos. Esse fato, que não constitui particularidade brasileira (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999a), explica-se pela grande visibilidade que o tema da metrologia adquiriu com o surgimento recente do processo de abertura econômica, que induziu ao desenvolvimento de áreas de livre comércio não apenas em regiões demarcadas por blocos econômicos, mas em todo o planeta. Isto representa um sinal positivo da globalização, cuja propaganda da euforia econômica hoje vem cedendo lugar a reflexões mais conservadoras que apontam para o risco desse processo concentrar ainda mais a riqueza, desfavorecendo a independência dos países mais pobres.

À margem das injunções de natureza política, pode-se afirmar ser o contexto que motivou a implantação no Brasil de um sistema formal de educação em metrologia, que, a cada dia, ganha novos aliados e se fortalece de forma ampla e descentralizada, criando uma importante teia educacional no substrato do sistema educacional brasileiro, conforme a seguir caracterizado pelas diferentes e recentes experiências já implementadas, algumas das quais, inclusive, avaliadas pelo sistema formal da pós-graduação brasileira, sob a responsabilidade de um trabalho internacionalmente conduzido de forma independente e competente pela CAPES.

Percebe-se ao longo do encaminhamento do presente capítulo que praticamente todas as ações de educação superior em metrologia na resultaram da iniciativa governamental, tendo o SENAI liderado de forma pioneira a educação vocacional para o trabalho, apropriadamente denominada educação profissional, que, pela sua relevância e pioneirismo, merece destaque em tópico especial da presente dissertação.

Há ainda, portanto, um vasto campo de inserção da metrologia nas diversas instâncias da educação básica e superior, incluindo-se a configuração de novos cursos de metrologia em seus diversos níveis de educação formal, a inserção de disciplinas em cursos regulares, ou o paralelismo de temas transversos¹⁵⁰ em metrologia nas ementas de disciplinas de currículos e conteúdos pedagógicos, possibilitando ao estudante e ao profissional capacitar-se não apenas para desempenho qualificado no mercado de trabalho, mas para uma atuação social agregada dos princípios metrológicos de sustentação da cidadania.

4.4.4.1 Educação superior em metrologia

Em consonância com o alinhamento estratégico previsto na “Fase 1” do “Programa RH-Metrologia” que, com sucesso, viabilizou a implementação de uma infra-estrutura educacional no País voltada para a formação de recursos humanos qualificados em metrologia, cuja produção exibe um número aproximado de 70 mestres e justifica a avaliação positiva da CAPES no triênio 1999-2001.

Na realidade, durante a sua fase de concepção, o Programa RH-Metrologia (INMETRO-CAPES-CNPq, 1999a) beneficiou-se de importantes reflexões realizadas no contexto das ações do *Sistema Inter-Americano de Metrologia* (SIM), cuja Secretaria Executiva é exercida por órgão específico da *Organização dos Estados Americanos* (OEA) que possui um programa específico de bolsas de estudo para estudantes e profissionais vinculados a entidades de ensino dos 34 países americanos membros da Organização. Dentre as conclusões que nortearam a estruturação do Programa RH-Metrologia, algumas foram consensuais: (i) prioridade na implantação de programas interdepartamentais de pós-graduação *stricto* e *lacto sensu* em metrologia; (ii) esforço para a disseminação de cursos de nível técnico (matéria tratada em tópico específico

¹⁵⁰ Estes temas estão voltados para a compreensão e para a construção de uma sociedade em que direitos e responsabilidades individuais são canalizados para a construção da cidadania.

desse capítulo); e (iii) consenso sobre não se justificar a criação de um Programa de Doutorado em Metrologia, tendo em vista os elevados custos de reproduzirem-se estruturas de administração acadêmica e a dificuldade de nuclearem-se grupos de competência em torno de assuntos de natureza especializada e multidisciplinar e (iv) estimular pesquisas de doutorado (teses de doutorado em metrologia) nos departamentos já existentes de Física, Química e naqueles de Engenharia, em função da especialidade e do foco da pesquisa pretendida, estimulando-se o desenvolvimento temático da metrologia em teses de doutoramento.

Assim, os Programas de Pós-Graduação em Metrologia apenas implementaram o Mestrado em Metrologia, redirecionando para os Programas de Doutorado candidatos com interesse em desenvolver pesquisa em metrologia. Desestimularam-se ainda quaisquer iniciativas de organização de programas de graduação em metrologia, considerando que metrologia é uma ciência multidisciplinar, com interface em várias áreas e especialidades do saber. Foi nesse contexto que toda a atividade concreta em nível de graduação ficou limitada à inserção de disciplinas de metrologia em cursos já existentes, seguindo o conhecimento vulgar de que *“um bom metrologista, de nível superior, resulta da criteriosa adequação profissional da formação de um engenheiro, físico ou químico, complementada com treinamento laboratorial adequado e formação básica e especializada em metrologia”*.

De forma natural, outras mobilizações de fomento à formação de nível superior em metrologia estão surgindo sob a inspiração das realizações pioneiras do Programa RH-Metrologia em prol da formação e disseminação de cultura metrológica, como a inserção de área de concentração¹⁵¹ ou de linhas de pesquisa nos cursos de pós-graduação *stricto sensu*, ou como a criação de cursos de mestrado em metrologia, matéria deste capítulo.

¹⁵¹ Alguns trabalhos de dissertação têm sido realizados na área da metrologia do *Laboratório de Materiais Avançados* (LAMAV) da *Universidade Estadual do Norte Fluminense* (UENF). Até julho de 2002, foram defendidas 2 dissertações de mestrado, outra encontra-se em andamento, bem como 1 tese de doutorado em tema de metrologia. Foi também produzida 1 monografia no curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, tendo 2 projetos de Iniciação científica/monografias em andamento (CARVALHO, 2002), apêndice J. Segundo depoimento do Prof. Flávio Vasconcelos, no Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da UFMG, ao longo dos últimos três anos, iniciou-se uma atuação mais direcionada à metrologia, já se registrando 3 dissertações em metrologia defendidas, duas das quais no exercício de 2002 (VASCONCELOS, 2002).

4.4.4.1.1 Cursos de pós-graduação criados no Programa RH-Metrologia

O *Edital 01/95 Programa Nacional de Formação e Capacitação de Recursos Humanos em Metrologia* constituiu-se como parte de uma das ações do Programa RH-Metrologia na sua lógica de fomento à estruturação de programas permanentes de formação e capacitação de recursos humanos e à consolidação de linhas de pesquisa em metrologia, tendo em vista que formalizou o convênio entre o INMETRO, a CAPES e o CNPq, visando complementar recursos disponíveis pelo então Subprograma de *Tecnologia Industrial Básica* (TIB) do PADCT.

O objetivo do edital foi convocar as instituições com experiência e tradição em pós-graduação e seus pesquisadores a apresentarem propostas no âmbito do Programa RH-Metrologia, de forma a serem contemplados com recursos financeiros aplicáveis à formação de recursos humanos em metrologia em três diferentes frentes: (i) estruturação de cursos de pós-graduação em metrologia; (ii) consolidação de linhas de pesquisa em metrologia em cursos de pós-graduação já existentes e (iii) apoio a projetos específicos em metrologia. Critérios de elegibilidade para a criação dos cursos de pós-graduação foram determinados: (i) comprovação de experiência da instituição proponente em cursos de pós-graduação; (ii) conceituação A ou B segundo critérios de avaliação da CAPES; (iii) capacidade de ações interdisciplinares para a consecução do curso de metrologia.

Nas funções definidas em edital para a implementação dos projetos de capacitação de recursos humanos em metrologia, ao INMETRO competiu o papel de gestor da Metrologia Brasileira, enquanto à CAPES conferiu estimular o caráter profissionalizante e os arranjos necessários à atuação em áreas multidisciplinares, bem como o acompanhamento e a avaliação continuada dos novos programas, incumbindo-se ao CNPq, na sua vocação de promotor de desenvolvimento científico e tecnológico, da criação de linhas de pesquisas voltadas para o interesse da metrologia e da pesquisa básica e aplicada.

Neste cenário de consolidação de novos cursos de Pós-graduação em metrologia, seriam apoiados financeiramente até 2 projetos de cursos, sendo o julgamento das propostas apresentadas realizado pelo Comitê de Coordenação, conforme descrito no Documento Básico do Programa RH-Metrologia. Ao final de todo o processo de análise e classificação das propostas enviadas, foram então aprovados os dois cursos de pós-graduação *stricto sensu* descritos a seguir.

4.4.4.1.1.1 Metrologia para a Qualidade Industrial (PósMQI)¹⁵²

Resultado da indução de um Edital publicado pelo Programa RH-Metrologia, foi criado, em julho de 1996, na *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro* (PUC-Rio), o Programa de *Pós-graduação em Metrologia para a Qualidade Industrial* (PósMQI/PUC-Rio) não apenas para constituir-se em um dos cursos de referência em metrologia mas, principalmente, para atuar como instrumento da integração universidade-empresa, com o foco na competitividade da indústria, estruturado para estabelecer interface com empresas e outras organizações empenhadas na busca de soluções para problemas específicos de metrologia de forma a assegurar a melhoria da qualidade de produtos e aumentar a competitividade das empresas brasileiras.

Em consonância com o caráter essencialmente multidisciplinar da metrologia, o PósMQI/PUC-Rio, integrado ao *Centro Técnico Científico* da universidade por intermédio do seu Instituto Tecnológico que lhe presta apoio logístico e laboratorial, nasceu de um esforço interdepartamental que reúne os departamentos de Engenharia Mecânica, Industrial, Elétrica, Ciências dos Materiais, Física e Química, disponibilizando uma notável infra-estrutura física e intelectual, uma vez que agrega importantes espaços laboratoriais em reconhecido ambiente de pesquisa, contando com a participação de um seleto quadro de experientes pesquisadores em áreas complementares do conhecimento. Em particular, o Programa de *Pós-graduação em Metrologia para a Qualidade Industrial* procura manter um vínculo permanente com outros programas profissionalizantes em metrologia e suas áreas correlatas, existentes no País e no exterior, além de estimular o intercâmbio com os institutos nacionais de metrologia de diversos países, criando oportunidades de interação em âmbito internacional. O programa de pós-graduação em metrologia da PUC-Rio está capacitado para oferecer diferentes oportunidades:

a) Especialização ou pós-graduação *lato sensu* em metrologia

Excepcionalmente concedendo o título de *Especialista em Metrologia* ao aluno que concluir os 24 créditos acadêmicos exigidos para o Mestrado (que, complementarmente aos créditos acadêmicos também requer o desenvolvimento de uma dissertação de Mestrado, defendida diante de banca examinadora de alto nível), o título de especialista pode ser conseguido em um tempo médio

¹⁵² www.metrologia.ctc.puc-rio.br, (acesso em 20/06/2002).

intensivo de 10 meses de estudo, correspondente a dois semestres de aula no Mestrado (excetuando-se o período de férias).

b) Mestrado em metrologia

Embora com prazo médio superior a quatro período acadêmicos, portanto superior a dois anos, o Mestrado em Metrologia para Qualidade Industrial da PUC-Rio é passível de conclusão em até 18 meses, caso o candidato complete no primeiro ano todos os seus créditos acadêmicos e consiga desenvolver sua pesquisa de Mestrado no segundo ano, fato apenas conseguido por alguns alunos que já iniciam o programa com uma visão bem delineada de sua proposta de pesquisa. Assim, o título de *Mestre em Metrologia* é apenas concedido àqueles candidatos que cumulativamente completam seus 24 créditos acadêmicos e recebem aprovação em sua pesquisa de mestrado (dissertação) em uma das áreas de concentração do Programa, em conformidade com as diferentes linhas de pesquisa disponíveis: (i) termociências, mecânica dos sólidos e óptica, (ii) radiações ionizantes e eletricidade, (iii) normalização e qualidade industrial (iv) química (v) meio ambiente, (vi) gerência da tecnologia e processamento e (vii) análise de imagens por microscopia digital, linhas de pesquisa e áreas de concentração essas em recente fase de redefinição e replanejamento pela coordenação do Programa (FROTA, 2001).

Além de ofertar cursos especializados para atender demandas específicas oriundas do *Laboratório Nacional de Metrologia* (LNM) ou de outros laboratórios e empresas, o PósMQI também atua provendo treinamentos e recapacitação de instrutores e professores de cursos técnicos e de nível médio. Adicionalmente à formação de mestres que orientam a sua dissertação para temas de interesse industrial, que constitui hoje o principal foco do programa, o programa tem procurado direcionar o seu esforço de pesquisa para o desenvolvimento de novas técnicas de medição, desenvolvimento de padrões, procurando atender demandas específicas do *Laboratório Nacional de Metrologia* (LNM), de laboratórios credenciados pela rede brasileira calibração e de ensaios (RBC e RBLE) coordenadas pelo INMETRO e de outras instituições de P&D.

Resultado do rigoroso processo de avaliação da pós-graduação brasileira, conduzida de forma isenta pela *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES), o PósMQI elevou de “3” (Programa emergente) para “4” o seu Conceito de Excelência (o Conceito máximo atribuído aos Programas de Mestrado é 5), assim caracterizando o reconhecimento formal da pós-graduação

brasileira, conceito esse reconhecido pela comunidade já que reflete a prática do *peer review* conduzido por membros da própria comunidade.

Em seus seis anos de existência, o PósMQI consolidou-se conferindo 38 títulos de *Mestre em Metrologia* a profissionais e acadêmicos, em temas críticos da metrologia, muitos dos quais relacionados à melhoria de novos métodos e técnicas de medição de interesse industrial¹⁵³. Com base no quadro de mestrands residentes, estima-se que outros 5 títulos, o que totaliza 42 dissertações defendidas, deverão estar concluídas até o término do exercício de 2002 (a presente dissertação de mestrado é a de número 39).

Mais recentemente, a partir de meados de 2002, com o apoio de um Projeto aprovado com recursos do Fundo Setorial Verde Amarelo implementado por iniciativa do Ministério da Ciência e da Tecnologia, o PósMQI está passando por uma completa reformulação para incorporar as seguintes novas linhas de pesquisa¹⁵⁴: Metrologia da Cor, em parceria com o SENAI/CETIQT, com interesse para a indústria têxtil e de papel; Metrologia para Instrumentação e Sensoriamento, em parceria com o Laboratório de Sensores do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio, Metrologia das Radiações Ionizantes, em parceria com o Instituto das Radiações Ionizantes, vinculado à Comissão Nacional de Energia Nuclear; Confiabilidade Metrológica, com ênfase na teoria da expressão da Incerteza da Medição; Metrologia para Biociências e Metrologia Química e Ambiental, caracterizando um novo momento do Programa.

4.4.4.1.1.2 Metrologia Científica e Industrial (PósMCI)¹⁵⁵

Também formalizado como curso de referência em metrologia apoiado pelo Programa RH-Metrologia, o Programa de Pós-graduação em Metrologia Científica e Industrial (PósMCI) da *Universidade Federal de Santa Catarina* (UFSC) iniciou suas atividades como resposta da indução do Edital produzido pelo Programa RH-Metrologia, editado por um consórcio CAPES-CNPq e INMETRO. Com início de suas atividades em março de 1997, foi motivado pela demanda por profissionais de elevado conhecimento em metrologia, necessários para dar suporte à busca pela qualidade e competitividade de segmentos da empresa brasileira, conforme identificado em pesquisa de demanda realizada

¹⁵³ O apêndice K apresenta a síntese das dissertações de Mestrados desenvolvidas no PósMQI.

¹⁵⁴ Decisão já aprovada em 27 de agosto de 2002, no âmbito da Comissão Setorial de Pós-Graduação da PUC-Rio, carecendo, ainda, de formalização pelo Conselho de Ensino e Pesquisa da Universidade.

¹⁵⁵ www.posmci.ufsc.br, (acesso em 20/06/2002).

(INMETRO, 1998). O curso de mestrado do PósMCI está configurado em dois tipos de *stricto sensu*:

a) Mestrado tradicional (acadêmico)

O aluno típico desta modalidade é diplomado em áreas da engenharia ou área afim, quer na condição “sem vínculo empregatício” ou “vinculado a uma instituição de ensino superior”. Desta forma, o PósMCI caracteriza-se por formar os discentes para a área de pesquisa, docência, especialista, situação que demanda conhecimentos de metrologia considerados essenciais ao desempenho do acadêmico, assim atribuindo características acadêmicas ao programa denominado pela CAPES de “mestrado acadêmico”.

b) Mestrado profissionalizante

Igualmente estruturado e constituído por alunos diplomados em áreas da engenharia ou área afim, objetiva a capacitação/formação de atuais ou futuros profissionais de empresas e instituições que investem na capacitação do mestrado em metrologia para atuarem como profissionais de destacada competência técnico-científica na solução de problemas das empresas ou instituições patrocinadoras. Desta forma, é permitido vínculo empregatício dos seus discentes, o que normalmente estende o tempo de conclusão do curso já que a dedicação em geral não é integral, atribuindo, entretanto, um enfoque mais aplicado às pesquisas de mestrado desenvolvidas.

Ambas as categorias de mestrado em metrologia requerem, adicionalmente às disciplinas obrigatórias e eletivas, o desenvolvimento de uma pesquisa de mestrado (dissertação, posta em defesa pública e avaliada por uma banca de especialistas) como parte dos requisitos parciais à obtenção do título de *Mestre em Metrologia*. Complementando a sua formação, é ainda exigido desenvolver alguma experiência na formação gerencial, assim provendo aos candidatos a prática da atividade acadêmica e de treinamento gerencial, obtida por meio de ações complementares ao curso, dentre as quais destacam-se técnicas de estágio e planejamento de trabalhos, trabalho em grupo e técnicas de condução de reuniões. O PósMCI/UFSC adota o regime de três períodos didáticos ao longo do ano, cada um com duração aproximada de três meses, sendo necessário cursar um total de pelo menos cinco disciplinas obrigatórias juntamente com os três módulos da disciplina de planejamento de trabalhos técnico-científico e de disciplinas eletivas adicionais que podem ser cursadas em função das particularidades da formação desejada.

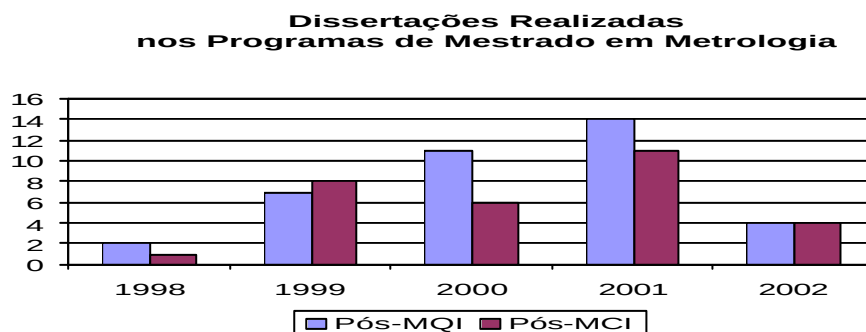
O prazo para conclusão do curso é de 24 meses, no caso de alunos com dedicação parcial, isto é, aqueles alunos que continuam desenvolvendo atividades profissionais na sua instituição ou empresa de origem; e de 18 meses, no caso de alunos com dedicação exclusiva, os quais não devem exercer nenhuma outra atividade profissional enquanto aluno do PósMCI, podendo, apenas estes se candidatarem a bolsas de estudo. Desde sua criação, um total de 30 (trinta) dissertações foram defendidas¹⁵⁶, tendo assim o PósMCI já concedido titulação a 30 Mestres em Metrologia, prevendo a concessão de mais 2 títulos até o final de 2002, resultando em 32 mestres formados desde de sua criação.

Igualmente ao PósMQI da PUC-Rio, programa com o qual coopera de forma explícita, fato inclusive caracterizado na gestão conjunta do Projeto apoiado pelo Fundo Verde Amarelo que objetiva viabilizar a cooperação universidade-empresa pela identificação de temas de pesquisa de Mestrado em Metrologia de interesse da indústria, também o PósMCI foi avaliado pela CAPES que lhe homologou o conceito de Excelência 4 nas duas modalidades de mestrado, em substituição ao conceito anterior 3 que ainda caracterizava o seu estado de programa emergencial.

4.4.4.1.1.3 Esforço conjunto do PósMQI e PósMCI

O Gráfico 4.2 ilustra, ao longo desses últimos 5 anos, a evolução das dissertações de mestrado defendidas no âmbito desses dois programas de pós-graduação homologados como cursos de referência do Programa RH-Metrologia, todas elas caracterizadas por um resumo executivo nos apêndices já citados da presente dissertação (até 17/10/2002).

Gráfico 4.2: PósMQI e PósMCI: dissertações realizadas



¹⁵⁶ A síntese das dissertações pode ser vista no apêndice L.

4.4.4.1.2 Teses de doutorado em metrologia e instrumentação no contexto do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC

Em conformidade com a premissa básica de que não se justifica a implementação de programas de doutoramento em metrologia, dada a interdisciplinaridade que lhe é inerente, e sim o desenvolvimento de teses de doutorado em metrologia, cabe mencionar a experiência do Programa de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGEM/UFSC), que oferece uma área de concentração em metrologia e instrumentação. Cerca de duas teses de doutorado são produzidas por ano, observando-se, entretanto, uma maior ênfase em instrumentação do que em metrologia. O apêndice M caracteriza as doze teses de doutorado defendidas naquele programa, na referida área de concentração, desde a implementação do seu doutorado em 1981.

4.4.4.1.3 Inserção da metrologia em curso de pós-graduação da UFF

No período de 1990 a 1993, o INMETRO, sentindo a dificuldade de compor um concurso público para contratar profissionais qualificados com formação em metrologia, formalizou, com o Programa de Pós-graduação de Engenharia em Produção do Centro Tecnológico na *Universidade Federal Fluminense* (UFF) um convênio para implementar naquele mestrado, no contexto da área de concentração Tecnologia, Inovação e Trabalho, uma abertura para desenvolvimento de profissionais em metrologia e qualidade, com o foco voltado para as necessidades do INMETRO. Dessa articulação, alguns poucos pesquisadores do INMETRO foram convidados a atuar como professores colaboradores do Programa, ministrando disciplinas de metrologia no referido Programa e matriculando alguns chefes de Laboratórios do INMETRO no Programa na expectativa de que a articulação seria ampliada para capacitar outros profissionais internos e externos à estrutura do INMETRO. A iniciativa produziu resultados muito modestos, levando à titulação de apenas um profissional do INMETRO e outro do Laboratório de Metrologia da Marinha, ambos formados em prazos excessivamente longos. A iniciativa não foi levada à frente e não há registro dos termos do convênio celebrado para documentar a experiência, reforçando-se a tese de que somente logram sucesso iniciativas que contam com o comprometimento institucional das partes interessadas. Mais recentemente (2002), o INMETRO articulou um novo convênio com a UFF para capacitar profissionais em Gestão, que pela incipiência, não pode ser analisada.

4.4.4.1.4 Metrologia como Linha de Pesquisa no PPG-ECM/USF¹⁵⁷

Motivada pelos resultados obtidos por outras Universidades na formação de recursos humanos em metrologia, a então Faculdade de Engenharia da *Universidade São Francisco* (USF), em 1998, criou o Programa de Mestrado em Metrologia¹⁵⁸. Mesmo contando com a participação de parte do conceituado corpo docente da Instituição para a realização do Programa, a USF tendo reavaliado sua concepção do Mestrado em Metrologia, seguindo os critérios da CAPES e baseando-se na *expertise* da Instituição, optou, no ano de 2000, pela inserção dos conceitos e aplicações de metrologia no já estruturado *Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais* (PPG-ECM), descaracterizando o que poderia ser considerado “Programa Convencional de Pós-graduação na Área de Materiais”. Nesta nova concepção, foi definido no mestrado do PPG ECM numa única área de concentração – **“Desenvolvimento e Caracterização de Materiais”** – e quatro linhas de pesquisa: (i) “desenvolvimento de ligas metálicas para aplicações tecnológicas”; (ii) “desenvolvimento de materiais poliméricos com características especiais”; (iii) “desenvolvimento de materiais cerâmicos especiais”; e (iv) “Metrologia aplicada aos materiais”. Desta forma, o Mestrado em Metrologia, antes concebido como curso específico, caracteriza-se agora como linha de pesquisa do PPG-ECM enfocando, notadamente, aspectos metrológicos pertinentes à engenharia e ciências de materiais.

De caráter multidisciplinar¹⁵⁹, o Programa de Pós-Graduação Engenharia e Ciência dos Materiais (PPG-ECM), com sua bem montada infra-estrutura laboratorial, possibilita ao aluno do mestrado, condições de desenvolver estudos de natureza científica e tecnológica nas diversificadas linhas de pesquisa da ciência e engenharia dos materiais, qualificando-o para a docência, a pesquisa e para o exercício profissional especializado.

Há menos de dois anos consolidado como linha de pesquisa do mestrado de Engenharia e Ciências dos Materiais, 9 dos 18 mestrandos do atual PPG-

¹⁵⁷ O texto abaixo reflete as informações obtidas em contato com o professor e coordenador do PPG EMC, Dr. Derval dos Santos Rosa (ROSA, 2002).

¹⁵⁸ A criação do curso foi incentivada pela então Diretoria Científica do INMETRO e contou com apoio do já consolidado *Programa de Pós-graduação em Metrologia para a Qualidade Industrial* (PósMQI), da PUC-Rio.

¹⁵⁹ O programa conta hoje com 10 doutores com vasta experiência nas áreas de Química, Mecânica, Ciências dos Materiais e Materiais Avançados. Além de manter cooperação com o INMETRO e o IPT, através do Projeto PADCT-PROCESSO C3 TIB-01/98-01/01-01. “Implementação da Metrologia em Química no Brasil: Organização de Redes de Laboratório e Estruturação das Atividades de Produção de Materiais de Referência”.

ECM desenvolvem pesquisa nessa linha, registrando-se porém, treze dissertações defendidas¹⁶⁰ (apêndice N) no antigo Programa de Mestrado em Metrologia.

4.4.4.1.5 Projeto de curso de especialização em metrologia da UFMG¹⁶¹

Na busca de uma alternativa para também participar do crescente esforço de formação e capacitação de profissionais em metrologia, o Estado de Minas Gerais, a exemplo de outras iniciativas, investiu na infra-estrutura educacional para atuar no ensino de metrologia, em diferentes níveis de formação acadêmica – fundamental, médio e superior –, experiência documentada em trabalho apresentado no Congresso Internacional Metrologia-2000 realizado em São Paulo pela Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM) sob o tema “*Programa de Trabalho Educacional em Metrologia; INMETRO/SUR-MG, UFMG*” (CAMARANO, 2000).

Não obstante não ter produzido os resultados na velocidade esperada, porém, em consonância à lógica de promover a inserção de disciplinas e temas de metrologia nos currículos escolares existentes como instrumento para suprir as necessidades prementes da indústria local, das empresas e laboratórios da região, foi criado o programa *lato sensu* de pós-graduação em metrologia da *Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)*. Resultado do convênio firmado entre o Centro de Estudos Metrológicos do *Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC)* da UFMG, e o INMETRO, representado pela *Superintendência Regional de Minas Gerais (SUR-MG)*, o *Curso de Especialização em Metrologia (CEMETRO)* foi criado com o propósito de (i) conjugar as ações de interesse da universidade, INMETRO e indústria objetivando suprir necessidades da indústria brasileira no que concerne a tecnologia industrial básica, (ii) oferecer mão-de-obra especializada em metrologia para as indústrias mineiras, laboratórios e institutos de pesquisa e (iii) servir como núcleo de discussão dos problemas relacionados à metrologia industrial e científica. Para tanto, o curso foi estruturado em 3 módulos básicos: (i) teoria e princípios fundamentais, (ii) sistemas de processamento da

¹⁶⁰ Apesar de terem defendido suas dissertações, os alunos ainda aguardam a reconhecimento formal do PPG ECM pela CAPES para requalificarem seus trabalhos de Mestrado em Metrologia para o atual Mestrado de Engenharia e Ciências dos Materiais, na linha de pesquisa “*Metrologia aplicada aos materiais*” e obtenção do título de “Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais”.

¹⁶¹ www.demec.ufmg.br/port/p_grad/CursoEsp/Cemetro/index.htm, (acesso em 22/06/2002).

informação e automação e (iii) sistema de tratamento da informação. Sendo os dois primeiros auto-explicáveis, o terceiro módulo apresenta tópicos especiais na forma de palestras conferidas por especialistas de diferentes entidades, tendo como objetivo principal apoiar o planejamento e a execução de um trabalho de final de curso na área de interesse do aluno.

A exemplo dos benefícios oferecidos pela UFMG aos demais alunos matriculados em outros programas, os alunos da metrologia também possuem acesso pleno à excelente infra-estrutura de ensino, pesquisa e serviços da UFMG e aos serviços similares disponíveis nas instituições com as quais a UFMG mantém convênios e acordos de cooperação. Com duração de 10 meses, uma vez cumprida as exigências curriculares, o curso pretende conduzir o aluno à obtenção do *Certificado de Especialista em Metrologia* expedido pela pró-reitoria de pós-graduação daquela conceituada universidade mineira.

Não obstante o planejamento ter previsto início da primeira turma para o primeiro semestre de 2002, com a segunda turma para o segundo semestre ajustes foram necessários, retardando a efetiva implementação do Curso por falta de divulgação e marketing do programa, o que implicou não se conseguir fechar uma turma com número mínimo de alunos. Segundo o Coordenador do Programa¹⁶², atualmente a demanda por recursos humanos em metrologia que se acredita existirem na região permite caracterizar dois tipos de profissionais: (i) o *metrologista-técnico*, que necessita de conhecimentos técnicos fundamentais e (ii) o *metrologista-gestor* que, por necessidades gerenciais das empresas/laboratórios em que trabalham, demandam conhecimentos não apenas técnicos em metrologia e suas áreas correlatas, mas também de gestão empresarial voltada para os interesses de um centro metrológico ou laboratório de metrologia, fato esse que tem levado os profissionais a se decidirem por cursos de especialização em gestão, do tipo *MBA*, que incorporam ferramentas da gestão empresarial, sendo normalmente mais rápidos e, em alguns casos, mais econômicos para o aluno, embora não provendo os preceitos básicos requeridos pela gestão e pela prática da atividade metrológica.

Por ser de natureza essencialmente multidisciplinar, portanto dependendo de um esforço de aproximação multi-institucional, a Universidade ainda não conseguiu implantar o curso de forma efetiva, não tendo, portanto, atraído profissionais de empresas, de sorte a assegurar a tão desejada condição de

¹⁶² Prof. Roberto Márcio de Andrade, roberto@demec.ufmg.br.

auto-sustentação do curso. Na opinião dos organizadores, entretanto, a consolidação do curso é uma questão de tempo, já que demandas existem e estão reprimidas. Uma dificuldade adicional, que não é privilégio desse curso recém-implantado mas também de outros já em operação, refere-se à falta de cultura empresarial em investir na capacitação de seus profissionais e, o que se considera ainda mais sério, a um vício que se implantou ao longo dos anos em que a empresa privada acostumou a beneficiar-se de programas governamentais de bolsas de estudo para capacitar seus profissionais. Essa distorção tende a desaparecer com a acertada decisão da CAPES de não mais fornecer cotas de bolsas para programas de natureza profissionalizante, como são os casos da maioria dos cursos de metrologia que hoje se replanejam para atuar segundo a lógica de programas profissionalizantes.

Pela importância de se consolidar mais um curso de especialização em metrologia na importante região industrial da grande Belo Horizonte, espera-se que o programa se consolide com o apoio da indústria local. Espera-se, também, que o convênio celebrado com o INMETRO produza resultados concretos e logrem o êxito esperado.

4.4.4.1.6 Curso de Especialização em Metrologia do CEFET-MG

Iniciado em janeiro de 1997, o curso de pós-graduação *lato sensu* de Especialização em Metrologia e Instrumentação tinha como princípio aprimorar o conhecimento dos professores do ensino técnico que atuam na área de metrologia. Uma vez inserido no VII Programa de Capacitação de Docentes do Ensino Técnico do *Centro Federal de Educação Tecnológica* (CEFET), o curso foi apoiado pelo Ministério da Educação por intermédio da CAPES e da *Secretaria de Educação Média e Tecnológica* (SEMTEC).

Estruturado em 12 disciplinas (*softwares* de aplicação; estatística aplicada à metrologia; sistemas eletro-eletrônicos em medição e automação I; metrologia aplicada; sistemas eletro-eletrônicos em medição e automação II; transdutores e sistemas de medição; instrumentação eletromecânica; didática I; instrumentação eletroeletrônica; automatização da medição; desenvolvimento de projeto; e didática II), o curso foi ministrado por professores doutores e mestres do próprio CEFET, da UFMG e da UFSC, contando com a participação de 20 alunos (docentes do CEFET) de quatro regiões brasileira, sendo 9 da região nordeste, 6 da região sul, 3 da região norte e 2 da região sudeste que, além de participarem das 360 horas de carga horária prevista, elaboraram monografias para obtenção

do certificado *Especialista em Metrologia Instrumentação* do VII Programa de Capacitação de Docentes do Ensino Técnico (em atendimento às disposições da Resolução 12/1983 do Conselho Federal de Educação). Fundamentado em depoimento da coordenadora¹⁶³ do curso, após a conclusão da primeira turma, o curso foi revisado para atender a demanda de profissionais da indústria, contudo, o número mínimo de participantes não foi alcançado nas quatro vezes em que foi oferecido. Segundo este depoimento, o aparente desinteresse explica-se pelo custo do curso; seu enfoque com concentração em disciplinas técnicas; nível de escolaridade dos interessados (a maioria dos profissionais das empresas na área possuíam apenas o curso técnico), fatores que levaram os organizadores a um processo de reestruturação ainda em curso, no contexto do qual as disciplinas técnicas estão sendo mescladas com disciplinas de gestão, planejando-se o relançamento do curso oportunamente.

4.4.4.1.7 Projeto de curso de especialização em metrologia da UFPA¹⁶⁴

A primeira iniciativa na região norte-nordeste para a formação de especialistas em metrologia tem origem em iniciativa das *Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A* (Eletronorte), organização que exibe uma consciência metrológica notadamente diferenciada quando comparada com organizações congêneres¹⁶⁵ e que, de longa data, vem percebendo a necessidade de agregar em seus quadros profissionais com maior maturidade metrológica. O projeto de implantação de um curso de especialização em metrologia foi estruturado pela *Universidade Federal do Pará* (UFPA) em associação com a *Universidade da Amazônia* (UNAMA) e com o apoio do *Centro Federal de Educação Tecnológica* (CEFET), recorrendo-se, em 2000, ao estabelecimento de um convênio de cooperação que, embora ainda não formalizado, encontra-se em progresso, com o Programa de Pós-Graduação em Metrologia da PUC-Rio (PósMQI), visando explorar oportunidades de cooperação e apoio para capacitação dos professores

¹⁶³ Professora Laura Rosa Gomes França, M.Sc., que acumula a função de Secretária Executiva da Rede Mineira de Metrologia.

¹⁶⁴ www.ufpa.br/est/l_CURSO_DE_POS.htm, (24/06/2002).

¹⁶⁵ Há de se fazer justiça também ao elevado nível de consciência metrológica que se identifica junto a dirigentes e profissionais de Furnas Centrais Elétricas, indutores de algumas experiências voltadas para a educação para metrologia, há anos difundindo a cultura metrológica e trabalhando projetos específicos de capacitação profissional em metrologia.

da Universidade, profissionais da própria Eletronorte¹⁶⁶ e demais empresas da região interessadas na formação de recursos humanos em metrologia.

O Curso de especialização em metrologia, da forma como foi originalmente idealizado, contempla em seu planejamento a formação e capacitação de recursos humanos especializados em metrologia, preocupando-se, entretanto, em prover uma formação voltada para as especificidades e vocações da região norte-nordeste, em agregar conhecimentos sólidos e atualizados que venham responder, de forma adequada, às necessidades e carências de uma região que se renova em função da sua diversidade característica e do seu desenvolvimento frente ao processo de globalização. O curso proposto preconiza capacitar profissionais de nível superior, diplomados nas diferentes especialidades da engenharia; profissionais de nível superior de áreas com fundamentação matemática; pessoal docente de universidades e instituições de ensino superior e profissionalizante da região norte-nordeste; pessoal técnico de instituições empresariais e comerciais da região que necessitem do uso da metrologia.

O curso está estruturado para viabilizar-se em 3 períodos consecutivos, exigindo-se, ainda, como requisito adicional à conquista do título de *Especialista em Metrologia*, uma monografia em tema de interesse do projeto previamente acordado. No total, foi inicialmente prevista uma carga de aula que deverá totalizar 540 horas-aula, adicionalmente ao tempo dedicado a estudos específicos voltados para a prática laboratorial e para o desenvolvimento da monografia. A grade curricular é composta de disciplinas obrigatórias e eletivas, sendo as obrigatórias estruturadas para consolidar e imprimir conteúdo e cultura metrológica no aluno, abordando temas específicos e aplicados (fundamentos da incerteza da medição, sistema de unidades, padrões e calibração, sistemas de medição, estatística aplicada, planejamento e projeto de experimentos), enquanto as disciplinas eletivas devem ser selecionadas de acordo com as linhas de pesquisas pré-definidas nas seguintes áreas de concentração: (i) Normalização e Qualidade Industrial, (ii) Metrologia Dimensional e (iii) Metrologia voltada para os interesses das medições em Química.

Na opinião de profissionais do Departamento de Estatística da UFPA, faz-se necessária uma revisão na estrutura proposta para o curso, notadamente

¹⁶⁶ Dessa interação, a professora Terezinha F. de Oliveira da UFPA, coordenadora da iniciativa encontra-se como discente no Programa de Doutorado da Engenharia Industrial da PUC-Rio, com o propósito de desenvolver uma tese com interface em Metrologia em Química, tendo incluído no seu planejamento disciplinas do PósMQI.

para agregar maior robustez às disciplinas específicas que compõem as áreas de concentração propostas. Paralelamente a essa iniciativa, considera-se também a perspectiva de implantação de um mestrado profissionalizante em metrologia.

4.4.4.1.8 Curso universitário de metrologia em química no Estado de São Paulo

Enquanto se estabelece o diálogo no âmbito nacional para a reformulação curricular em consonância aos pré-requisitos da LDB, o *Sub-Comitê de Metrologia em Química* (SBMQ), vinculado ao *Comitê Brasileiro de Metrologia* (CBM), vem polarizando esforços para viabilizar a implementação de recomendações explícitas contidas do *Plano Nacional de Metrologia* (PNM), em particular daquelas relacionadas à inserção da temática metrológica em disciplinas formais do curso de Química das universidades públicas do estado de São Paulo.

Prova desse esforço pôde ser evidenciada na iniciativa do *Grupo de Trabalho* (GT) integrado por universidades¹⁶⁷ públicas de São Paulo que, em janeiro de 2000, organizou e implementou no Instituto de Química da *Universidade Estadual Paulista* (UNESP) um curso de extensão – “*Curso Inter-semestral de Metrologia*” –¹⁶⁸ para 30 alunos dos seis cursos de graduação em Química do estado de São Paulo. Estruturado em seis módulos¹⁶⁹, com carga horária de trinta horas ao longo de seis dias, contemplou conceitos gerais de aplicação em metrologia química e conteúdos específicos sobre a expressão das incertezas da medição associadas a medições em química analítica.

Ao final do curso, a avaliação desempenho dos alunos comprovou um resultado considerável bom pelos docentes¹⁷⁰, mesmo sendo detectadas algumas dificuldades nos conteúdos que abordaram conceitos de estatística.

¹⁶⁷ *Universidade Estadual de São Paulo* (UNESP); *Universidade de São Paulo* (USP), campus da cidade de São Paulo, São Carlos e Ribeirão Preto; *Universidade Estadual de Campinas* (UNICAMP) e *Universidade Federal de São Carlos* (UFSCar); participantes do SBMQ.

¹⁶⁸ Tinha-se como um dos objetivos, mensurar o impacto de assuntos novos nos currículos escolares junto ao corpo discente e docente por meio de cursos intensivos de extensão e/ou formativo/informativo, para uma posterior inclusão do tema metrologia nos currículos regulares. O que foi positivamente comprovado ao final da experiência.

¹⁶⁹ (i) Metrologia em Química, enfocando os temas: o que é? Qual seu o papel? E qual sua importância frente ao mundo atual; (ii) Introdução ao conceito de qualidade e gerenciamento da qualidade; (iii) Implantação de ISO 9000 em empresas e credenciamento em laboratórios, pela norma ISO 17025; (iv) Erros em química analítica; (v) Estatística para a melhoria da qualidade de medições em laboratórios de análise químicas; (vi) Planejamento e otimização de experimentos como ferramentas para otimização das metodologias aplicadas para a implementação da ISO 9000 (HOJO, 2000).

¹⁷⁰ Obteve-se uma média 8,3 para a turma (HOJO, 2000).

Essa análise serviu para a seguinte reflexão dos docentes: “a disciplina Estatística não está sendo abordada na graduação de química, com a mesma relevância que o assunto apresenta na implementação, por exemplo, dos programas de Qualidade”. Já no que se refere às dificuldades estruturais do curso, o principal óbice apresentado pelos docentes foi a impossibilidade de transmissão unificada da informação, devido a falta de homogeneidade no embasamento teórico dos alunos não uniformemente aculturados sobre temas de metrologia e áreas-afins.

Em decorrência dessa iniciativa e como proposta de uma ação mais duradoura, o Instituto de Química da UNESP incluiu nos seus cursos de graduação em Química, *campus* de Araraquara, a disciplina eletiva *Introdução à Metrologia em Química*, ao passo que os docentes de Química Analítica¹⁷¹ do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQUSP), resolveram aprofundar e ampliar os conceitos básicos de estatística e quimiometria contidos na atual disciplina de *Química Analítica* oferecida no primeiro semestre do curso, e implantar a disciplina de *Metrologia em Química*¹⁷², estando as duas ações programadas para o início de 2003¹⁷³. Ações como essas evidenciam não só o entendimento da importância do tema metrologia e de conhecimentos congêneres como ferramentas essenciais para a formação profissional, bem como explicitam a articulação das universidades, ainda de forma tímida, para uma inserção de caráter mais permanente nos currículos escolares formais.

4.4.4.1.9 Inserção de disciplinas de metrologia em cursos formais de graduação

O relacionamento da estrutura formal das unidades de base do *Sistema Internacional de Unidades* (SI)¹⁷⁴ em Constantes Fundamentais da Física, por si só, bem caracteriza a estreita ligação entre a metrologia e as demais ciências.

¹⁷¹ Os docentes do IQUSP mantiveram algumas reuniões com outros especialistas, tais como Prof. Willie May do NIST e o Prof. Roy Bruns da UNICAMP, a fim de formularem suas propostas de atualização dos currículos dos cursos de química e sua dependência de conhecimentos de metrologia capazes de assegurar credibilidade nas complexas medições em Química.

¹⁷² Segundo o professor Roberto Tokoro, do IQUSP, a disciplina deve ser ministrada por profissionais proficientes da comunidade, convidados para ministrarem aulas, conferências, seminários abordando aspectos, filosóficos, culturais, de qualidade, de credibilidade e gestão de qualidade na formação de recursos humanos em metrologia, dentre outros conhecimentos e experiências complementares.

¹⁷³ Informações obtidas em contato, por e-mail e telefone, com os professores Roberto Tokoro (USP) e Ossamu Hojo (UNESP) e organizadores dos projetos (TOKORO; HOJO, 2002).

¹⁷⁴ Alguns livros insistem em utilizar unidades de medida diferentes daquelas preconizadas pelo SI, embora o Brasil o tenha adotado tão logo foi criado por força de Resolução 12 da 11ª CGPM, de 1960.

Definir o metro pela primeira vez¹⁷⁵ exigia o conhecimento das dimensões terrestres, contribuição herdada do matemático e geógrafo Eratóstenes. A atual definição do metro (*“comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo equivalente a 1/299 979 245 8 de segundo”*) pressupõe um rígido controle da grandeza física “tempo”, cuja unidade, o “segundo”, define-se como a *“duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133”*, exigindo, assim, criteriosos experimentos que envolvem o césio 133. Similarmente, também a definição das demais unidades de base do SI exemplificam a interdependência das ciências na formação da metrologia, constituindo-se notável exemplo da importância de inserção de temas de metrologia nos currículos de formação profissional existentes, já que o processo de medição constitui pré-condição à validação de qualquer experimento e de sua aplicação na transformação de conhecimento em produto de interesse da sociedade.

Embora de difícil implementação, não é recente a tentativa de inserção da metrologia em cursos regulares, já que, pela interdisciplinaridade que lhe é inerente, não se justifica a estruturação de um curso formal de graduação em metrologia. Sem o cuidado de elencar cronologicamente as experiências bem sucedidas de inserção da metrologia nos cursos de engenharia, destaca-se a experiência do programa de graduação em Engenharia Mecânica da PUC-Rio que, já em 1977, à época de construção do Laboratório Nacional de Metrologia do INMETRO, já tinha implantada a disciplina “Metrologia e Controle da Qualidade” em resposta à Resolução 48/76 do *Conselho Federal de Educação* (CFE), capacitando-se como centro de tradição em metrologia, com profissionais de metrologia atuantes no ensino de engenharia, progressivamente implementando uma infra-estrutura laboratorial em metrologia que gradativamente se destacou, passando a integrar as redes credenciadas de laboratórios vinculados à Rede Brasileira de Calibração (RBC) e à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE).

No contexto de uma situação que vem mudando paulatinamente, por muitos anos o aprendizado e a “obrigatoriedade” da disciplina *Metrologia e Controle da Qualidade*, inseridas nos currículos de Engenharia Mecânica em

¹⁷⁵ A primeira definição do “metro” foi feita logo após a Revolução Francesa, em 1790, quando uma barra de platina de comprimento igual à décima milionésima parte do quadrante do meridiano terrestre entre o Equador o Polo Norte passou a representar (materializar) o metro-padrão.

1977¹⁷⁶, não eram ministradas de forma atraente, talvez pela pouca visibilidade e atratividade que metrologia despertava à época. Foi esse ganho de visibilidade e a percepção da importância estratégica da metrologia e de seus impactos econômicos e sociais que têm agregado ao ensino da metrologia um novo interesse e um verdadeiro fascínio, qualificando a metrologia como disciplina de forte *appealing* entre os alunos¹⁷⁷. Com a nova Lei de Diretrizes e Base (LDB), que passou a substituir o conceito de “currículos mínimos” por “diretrizes curriculares”, caracterizada pela lógica de flexibilização da estruturação dos cursos para atendimento das reais necessidades locais, foram propostas às *Instituições de Ensino Superior* (IES) revisões nos currículos escolares sem, no entanto, desconfigurar suas bases, facultando a outros cursos universitários, principalmente os de Engenharia, Física e Química, a atualização e implementação de seus currículos com a introdução dos temas de TIB (metrologia, normalização e avaliação da conformidade) como disciplinas ou conteúdos de disciplinas já existentes. A exemplo dessa reestruturação proposta, citam-se a inclusão de disciplinas nos já mencionados cursos de graduação de química da UNESP e USP; a atualização do conteúdo da sua já existente disciplina *Metrologia Industrial*, no curso Engenharia Industrial Mecânica da CEFET-RJ; a inclusão da disciplina *Técnica Estatística de Controle*, nos cursos de Engenharia da *Universidade de Pernambuco* (UPE); a atualização do conteúdo da disciplina *Sistemas de Medições* e a inclusão da disciplina optativa *Instrumentação Industrial* do curso de Engenharia Elétrica da UFMG. Percebe-se todavia que, como em todo processo democrático por um lado o “livre arbítrio” pode ser um grande aliado nas decisões, por outro lado, pode respaldar a não cumprimento do processo de mudanças tão rejeitado pelo *status quo*, normalmente refratário a qualquer mudança. No caso particular da inserção da metrologia em cursos regulares existentes, mais do que a liberdade de se incluir uma “mera disciplina” num conteúdo curricular, é preciso tornar real o acultramento pela importância da mesma de forma a garantir o aprendizado e suprir as deficiências do ensino formal não necessariamente capaz de eliminar deficiências no aprendizado específico.

¹⁷⁶ Resolução nº 48/76 não fixava os títulos das matérias, porém estabelecia as ementas e, em vários casos, o tempo mínimo de trabalho prático, de campo ou de laboratório.

¹⁷⁷ Depoimento, em julho de 2002, do Prof. Gregório S. Muñoz (PUC-Rio), um dos baluartes da educação em metrologia no Brasil, que também resgatou nos arquivos pessoais, rigorosamente organizados, a data de substituição da disciplina *Metrologia e Controle da Qualidade* (1977), pela disciplina *Metrologia Dimensional* (1997), em resposta a nova LDB.

4.4.4.2 Educação profissional em metrologia

O “**Programa RH-Metrologia**” em sua “Fase 2” incorporou, de forma explícita em seu planejamento, a estruturação de uma rede nacional de formação técnico-profissionalizante em metrologia, delegando ao *Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial* (SENAI) o desafio de coordenar o processo tendo em vista a sua indiscutível competência e tradição na condução da educação para o trabalho e na sua capilaridade junto ao setor industrial. Felizmente, contornando dificuldades vivenciadas pelo Programa RH-Metrologia que remontam às interrupções de natureza política geradas pelo processo descontinuado na administração do INMETRO, o SENAI, no desempenho de sua nobre missão institucional e percebendo a importância estratégica da proposta, retomou a iniciativa e fortaleceu suas ações de formação vocacional em metrologia. No contexto do seu pioneiro e ousado Programa Senai de Gestão da Metrologia (PSGM), tem priorizado ações da metrologia, inserindo a disciplina metrologia nos seus cursos, intensificando a busca pelo credenciamento de seus laboratórios, articulando maior visibilidade internacional em suas ações da metrologia e celebrando parcerias estratégicas que produziram literaturas específicas em temas de MNQ, desenvolvendo um projeto pioneiro para o ensino da metrologia, planejando a sua inclusão em todos os seus cursos profissionalizantes.

No próximo tópico é abordado o tema metrologia na educação profissional, destacando-se a experiência consolidada pelo SENAI e por outras instituições que atuam nesse campo da educação profissional em metrologia.

4.4.4.2.1 O SENAI e a educação profissional em metrologia

O *Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial* (SENAI), órgão vinculado à *Confederação Nacional da Indústria* (CNI), tem uma estrutura flexível composta de um *Departamento Nacional* (DN) que coordena a execução da política e das normas definidas pelo seu Conselho Nacional, estimulando, integrando e apoiando financeiramente seus 27 *Departamentos Regionais* que formam o braço estratégico para prover a formação profissional para o trabalho e os serviços para o desenvolvimento e a competitividade do setor industrial. Desta forma estruturada, a organização encontra-se presente em todo o País, atendendo às demandas de múltiplas realidades econômicas e culturais das diferentes regiões brasileiras, caracterizando a maior rede privada de educação do País.

Pela natureza da sua missão institucional, a atuação do SENAI no ambiente tecnológico correlaciona-se diretamente com a indução da competitividade no setor industrial. Cada vez mais complexo, dinâmico e seletivo, este ambiente está a exigir do SENAI atenção especial no processo de formação e capacitação profissional, induzindo-o a assumir papel de liderança na educação profissional para o trabalho no contexto de sua inserção competitiva como reconhecido provedor de soluções para a indústria.

Perfeitamente engajado no processo de promoção e fortalecimento da competitividade brasileira, e em sinergia com seus parceiros e demais agentes econômicos, o Departamento Nacional do SENAI constitui hoje modelo de atuação internacional no desempenho de seu papel de educação profissionalizante.

De 1942 a 2001, o SENAI registrou um número superior a 32 milhões de matrículas nas 720 unidades operacionais (285 Unidades Móveis, 31 Centros de Tecnologia, 260 Centros de Educação Profissionais e 144 Centros de Treinamento) que integram o conceituado sistema educacional de uma instituição voltada para a educação profissional. Interagindo com 28 diferentes setores da indústria, o SENAI oferece aproximadamente 1800 diferentes cursos por ano, além de possuir 122 parceiros internacionais, o que configura e qualifica o SENAI como o maior centro educacional da América Latina.

Investindo na concepção de um modelo contínuo de educação profissional, a qualidade SENAI caracteriza-se por proporcionar à sociedade essa modalidade de educação via diferentes instâncias: (i) *aprendizagem industrial*, compreendendo a formação inicial de jovens entre 14 e 18 anos, regulada por legislação específica, resulta na qualificação ou habilitação profissional; (ii) *qualificação profissional*, designação genérica da educação profissional, assume denominações diversas, tais como treinamento, capacitação, profissionalização, entre outros, sendo regulada apenas no nível técnico; (iii) *formação de técnicos*, com regulação própria da educação profissional, destina-se a habilitar técnicos para atendimento das necessidades da produção local; (iv) *aperfeiçoamento profissional*, visando à ampliação de competências de uma profissão, não atribuindo um novo perfil profissional; (v) *especialização profissional*, gerando um novo perfil profissional devido ao aprofundamento de conhecimentos e habilidades do profissional; (vi) *formação de tecnólogos*, com regulação própria pela LDB, consistindo na oferta de curso superior da educação profissional a jovens e adultos que tenham concluído o ensino médio ou técnico. Agregam-se

as essas instâncias de educação profissional, o *ensino a distância*¹⁷⁸ que, pelo uso intensivo de recursos em mídia, vem ganhando destaque como estratégia de dinamismo nos processos educacionais. Exceptuando-se a modalidade “educação profissional”, o SENAI também fortalece o sistema de educação vocacional do País pela sua atuação na modalidade “educação escolar”, cabendo-lhe a educação em nível superior, com cursos de graduação e pós-graduação (*lato sensu e stricto sensu* em nível de mestrado).¹⁷⁹

O SENAI visando à modernização da indústria brasileira, vem diversificando e ampliando suas ofertas formativas, tanto referentes aos cursos oferecidos, quanto aos programas e projetos de atualização, diversificação e expansão para atendimento da sofisticação das tecnologias emergentes na demanda da indústria e da sociedade brasileira. Nesse contexto, um dos mais dinâmicos programas coordenados pelo seu *Departamento Nacional* (DN), o *Programa SENAI de Gestão da Metrologia* (PSGM) já mencionado no capítulo anterior, tem em sua concepção a expansão e auto-sustentabilidade da rede de laboratórios do SENAI credenciados pelo INMETRO, capacitação e treinamento de pessoal técnico especializado e disseminação de conhecimento e informação nos temas de metrologia. Aliado ao PSGM, o SENAI está em fase de planejamento e implantação de cursos de metrologia e inclusão de disciplinas transversais em todos os seus cursos profissionalizantes, quer no nível básico, técnico e pós-médio, promovendo a conectividade da metrologia aos preceitos básicos da qualidade. Devido a multidisciplinaridade da metrologia, a definição de conteúdos e metodologias para a inserção do tema nos cursos de educação profissional requer reflexões e considerações que, num conjunto articulado, traduzem ordenação e objetivos uma vez que a intenção é incorporar a metrologia como elemento de cultura, no contexto de uma perspectiva ambivalente –, conhecimentos específicos e subsídios para reflexão – carreando as condições para uma prática educativa transformadora, capaz de propiciar a aquisição dos instrumentos conceituais e operativos para ampliação de competências pessoais e profissionais de estudantes e docentes.

¹⁷⁸ O SENAI tem vasta experiência no ensino à distância, a exemplo de sua participação nos programas *Telecurso 2º Grau*.

¹⁷⁹ Conforme os indicadores globais de atendimento, (SENAI-DN, 2002a), a pós-graduação representou 32% das matrículas na educação escolar (30,7 % em *lato sensu* e 1,3% em *stricto sensu*).

Historicamente, pode-se dizer que o SENAI já se encontra sensibilizado com as questões da metrologia, fato exemplificado pela inclusão nas grades curriculares de seus cursos dos fundamentos clássicos da *Metrologia Dimensional* (o mais clássico exemplo de inserção da metrologia em cursos regulares), e pela sua participação na elaboração do curso *Metrologia Dimensional* do Telecurso 2000. No entanto, a ampliação dos conceitos e aplicações da metrologia vêm se concretizando pela inserção gradativa em seus cursos de tópicos fundamentais da metrologia elétrica, óptica, química, incerteza na medição, dentre outros conceitos da avaliação da conformidade e da normalização amplamente empregados no ambiente competitivo da indústria. Numa visão mais abrangente, novas disciplinas de cunho especializado e generalista têm sido continuamente diagnosticadas e implementadas, de acordo com as necessidades identificadas junto aos setores demandantes.

É no intuito de tornar o aluno SENAI mais preparado para os desafios constantes que lhe são impostos que foi desenvolvido o subprograma do PSGM, o “Projeto Metrologia Básica: Conceitos e Aplicações – uma abordagem sistêmica para a sua inserção nos cursos do SENAI”. Resultado de um estudo coletivo, o Projeto tem como objetivo desenvolver conteúdos e metodologias que sustentem a inserção do tema metrologia em todos os cursos do SENAI. Consciente da multidisciplinaridade do tema metrologia e da necessidade de abrangência em todo o território nacional, foi estabelecido, como meta do Projeto, o desenvolvimento e confecção de uma coletânea de CD-ROM interativos sobre metrologia, constituído de 3 CD de, aproximadamente, 120 horas de produção (com base em 150/200 laudas/páginas/textos) por CD. A estrutura desse aparato didático está planejada de maneira a abordar os temas (i) *Fundamentos e Referências Complementares*; (ii) *Aplicações da Metrologia* e (iii) *Atividades Laboratoriais e Simulações*. A coletânea, inicialmente planejada para servir de recurso áudio-visual de apoio a docentes e alunos no desenvolvimento do tema nas mais diversificadas disciplinas e cursos, prevê, também, a possibilidade de desenvolvimento de atividades não presenciais, uma vez que é planejada para apresentar características relacionadas ao ensino à distância, tornando a aprendizagem independente e flexível, além de oferecer autonomia ao aluno (SENAI-DN, 2002b).

Este é parte do esforço sistêmico empreendido pelo SENAI na inclusão do tema metrologia em todos os seus cursos, caracterizando uma ação sem precedentes. Mais recentemente, a experiência do SENAI no ensino

profissionalizante de metrologia tornou-se referência junto à Federação Mundial de Metrologia (IMEKO, *International Measurement Confederation*), que divulga em seu *site* a experiência brasileira no ensino de metrologia, com destaque para a experiência do SENAI e os Programas de Pós-Graduação em Metrologia consolidados pelo Programa RH-Metrologia. Conforme *site* do IMEKO/TC-11, *Metrological Infrastructure*¹⁸⁰, como exemplo de ação estruturada voltada aos interesses da indústria.

4.4.4.2.2 Curso Técnico em Metrologia

A primeira experiência brasileira na formação de recursos humanos em metrologia na esfera da educação básica, em nível técnico, segue a filosofia da concomitância do ensino médio com a formação profissional. Nesse contexto foi idealizada e implantada na “Fase 1” do Programa RH-Metrologia (1995-98) um Curso Técnico em Metrologia, sendo o INMETRO o agente fomentador desta experiência-piloto induzida pelo Programa RH-Metrologia e articulada em parceria com a *Escola Estadual Círculo Operário* (CECO) sediado nas vizinhanças do *Laboratório Nacional de Metrologia* (LNM/INMETRO), em Xerém, Município de Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro.

No contexto de um convênio firmado com a Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (Processo 04335, de 15 de dezembro de 1997), foram atendidas as exigências pedagógicas, formalizando assim o apoio necessário à implantação do referido curso, cabendo-lhe, dentre outras ações: (i) consolidar uma infra-estrutura laboratorial de apoio ao ensino médio profissionalizante, (ii) responsabilizar-se pela oferta de estágio curricular e (iii) coordenar e orientar as aulas das disciplinas do ensino profissionalizante. Com o intuito de atribuir ao curso um caráter permanente, o curso previu ainda a possibilidade de estender a sua ação para viabilizar a formação de professores da rede pública, tornando o curso independente da ação dos especialistas do INMETRO, fomentadores da iniciativa. Com base no Parecer nº 311, favorável ao curso¹⁸¹, o *Conselho Estadual de Educação* (CEE/RJ) aprovou a habilitação de “Técnico de Metrologia”, tendo o projeto também tramitado no *Conselho*

¹⁸⁰ As atividades de IMEKO são realizadas basicamente por meio dos comitês técnicos que organizam, em intervalos regulares, simpósios, conferências, oficinas, seminários sobre tópicos específicos. A exemplo do próximo *XVII IMEKO World Congress* a realizar-se em junho de 2003, na Croácia, onde, dentre outros, o TC1 - *Education and Training in Measurement and Instrumentation* discutirá as experiências mundiais na formação de recursos humanos em metrologia, objeto desta pesquisa, www.imeko.org (consulta em 02/08/2002).

¹⁸¹ O parecer nº 311 foi publicado em 07/12/1998 no *Diário Oficial da União* (D. O. U.).

Nacional de Educação, servindo de parâmetro para viabilizar a iniciativa em outros estados.

Iniciado em 1998, o curso tem como objetivo formar profissionais de nível médio qualificados para desenvolver atividades de apoio técnico a laboratórios e especialistas em metrologia, permitindo que os alunos formados possam atuar em centros de pesquisa, laboratórios de calibração e de ensaios e em outras instituições que operam no campo da metrologia. Com uma carga horária de 5.920 horas, distribuídas em quatro anos em regime de dedicação integral, reserva-se o último ano do curso ao estágio supervisionado, normalmente realizado no próprio *Laboratório Nacional de Metrologia* (LNM/INMETRO). Com a primeira turma de 30 alunos concluída em dezembro de 2001, o curso já registra 4 turmas em formação, tendo-se capacitado para colocar no mercado cerca de 30 técnicos por ano (no final de 2002, prevê-se a formatura de 26 técnicos), confirmando a efetividade da iniciativa.

Segundo informações concedidas pelo CREA-RJ¹⁸², a *Escola Estadual Círculo Operário* solicitou registro do Curso Técnico em Metrologia junto ao *Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura e Agronomia* (CREA-RJ)¹⁸³ tendo, recentemente, em outubro de 2001, cumprido as exigências pendentes e encaminhado seu processo à Câmara Especial de Engenharia Industrial para a análise final e posterior registro, assim atribuindo o reconhecimento formal pela entidade de classe que regulamenta a categoria.

4.4.4.2.3 Curso Técnico em Metrologia para Gestão da Qualidade

Tendo iniciado suas atividade em março de 2000 no Centro Federal de Educação Tecnológica de Química (CEFETEQ) de Nilópolis, o Curso Técnico em Metrologia para Gestão da Qualidade localiza-se no estado do Rio de Janeiro (município de Nilópolis). Com carga horária de 1225 horas, o curso é estruturado em três módulos de disciplinas técnicas, tendo sido concebido para beneficiar estudantes a partir do segundo ano do ensino médio e profissionais com formação técnica ou superior nas áreas das ciências exatas. De acordo com um dos professores e coordenador do curso, Alexandre Mendes, o CEFETEQ, assim como o “Curso Técnico de Metrologia” oferecido pelo Colégio Estadual Círculo Operário, solicitou o seu registro no *Conselho Regional de Engenharia do Estado do Rio de Janeiro* (CREA-RJ), permanecendo em análise pelo

¹⁸² Informações de Robson Sales, assistente da Ouvidoria do CREA-RJ.

¹⁸³ Protocolo nº 20001790131.

Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura (CONFEA) sob processo nº 1296 (08/06/2001). O “Curso Técnico em Metrologia para a Gestão da Qualidade” formou 51 técnicos nas quatro turmas concluídas desde de sua inauguração, estando uma nova turma de 10 alunos com conclusão prevista para o final de 2002.

4.4.4.2.4 Curso de Nível Básico em Metrologia¹⁸⁴

Caracterizando uma experiência nova, foi desenvolvido no Rio Grande do Sul um curso de nível básico em metrologia, iniciativa da *Escola Técnica (ETC)*, em parceria com a Escola de Engenharia Núcleo de Multimídia e Ensino a Distância da *Universidade Federal do Rio Grande Sul (UFRGS)*¹⁸⁵, que contou com o apoio do INMETRO. Objetivando atender à demanda de empresas e instituições que se atualizam para fazer frente às novas relações econômicas marcadas pela necessidade de padronização e exatidão das medidas em produtos industriais, o novo curso preocupa-se com a educação profissional de nível básico em metrologia, mobilizando 360 horas/aula, tendo como pré-requisito o ensino médio, destinado a pessoas que já trabalham ou que buscam qualificação na área de metrologia e qualidade.

No contexto do novo curso, é oferecida aos alunos uma base teórica e prática dos fundamentos de metrologia e suas relações com legislação, saúde, segurança, meio ambiente, química e normalização, tendo como referência padrões internacionais de qualidade. Atendendo às orientações constantes da *Lei de Diretrizes e Base (LDB)* e demais documentos legais que tratam da problemática dos cursos básicos, o curso foi criado em março de 2002 com participação de 29 alunos. Ao final do curso (setembro de 2002), 21 alunos que conseguiram atingir o grau mínimo exigido e receberam um “*Certificado de Qualificação de Metrologista*”.

De acordo com a coordenadora do curso, Jane Caon, a maior dificuldade encontrada na formação (setembro de 2002) da primeira turma de 29 alunos foi o despreparo desses em matérias fundamentais, apesar de requerer-se como pré-requisito o ensino médio. Desta forma, a nova turma que iniciou suas atividades em meados de setembro de 2002 foi avaliada por critérios seletivos pré-definidos, sendo composta por 21 novos alunos.

¹⁸⁴ Informações adicionais no site www.nmead.ufrgs.br/metrologia/reldisciplinas.asp, (acesso em 26/06/2002).

¹⁸⁵ Este núcleo é responsável pela disponibilidade do material didático em multimídia e *internet* da UFRGS.

4.4.5 Esforço global da educação em metrologia

Mesmo incipiente e observadas suas particularidades, a presente pesquisa registra o intento de ampliar-se o domínio da ciência nos diversos níveis da educação escolar brasileira. O registro apresentado no Quadro 4.5 demonstra as experiências brasileiras na formação de recursos humanos em metrologia de forma agregada.

Observa-se que as iniciativas para a formulação de cursos para a formação de especialistas em metrologia são muito recentes e praticamente restritas à esfera da rede pública de ensino, fato esse que caracteriza o processo ainda de maturação da inclusão da ciência nos currículos escolares pela compreensão do potencial competitivo e melhoria da qualidade de vida, possível pelo conhecimento da metrologia. Outro aspecto que pode ser curiosamente observado é a sintonia e os reflexos do bem estruturado Programa de RH-Metrologia, certamente indutor de muitas dessas experiências. Ainda resultado do esforço do Programa RH-Metrologia que buscou articular-se com o *Sistema Inter-Americano de Metrologia* (SIM), servindo-lhe de modelo e levando a criação de cursos no universo do ensino médio e da pós-graduação *lato sensu* e *stricto sensu* (mestrado), por se tratar da multidisciplinaridade inerente à própria metrologia.

A despeito de esses primeiros movimentos de implantação de cursos para formação e capacitação de profissionais em metrologia, em diferentes níveis de formação acadêmica, outros aspectos são complementares na disseminação e articulação da metrologia em níveis distintos de formação educacional, como a inserção de disciplinas nos cursos de graduação; a inserção de temas transversais em cursos profissionalizantes, a implementação de novos cursos de metrologia no amplo sistema de formação profissional amparado pela indústria brasileira, o SENAI, destacando-se, principalmente, uma preocupação crescente pelo ensino dessa ciência hoje percebida como impactante no desenvolvimento da competitividade industrial e na construção da cidadania.

Ressalta-se aqui a importância da captação de recursos privados para dar continuidade neste processo de consolidação de formação de recursos humanos necessário ao crescimento da competitividade e melhoria da qualidade de vida, não obstante a indústria privada do ensino não ter ainda despertado-se para as inusitadas oportunidades criadas como negócio nessa área da educação vocacional.

Quadro 4.5: esforço global da educação em metrologia no Brasil

Esforço Global da Educação em Metrologia no Brasil				
Nível	Curso	Instituição	Início das Atividades	Resultados Atuais
Ensino Superior	PósMQI	PUC-Rio	1996	37 mestres
	PósMCI	UFSC	1997	30 mestres
	Metrologia: Linha de Pesquisa do PPG ECM	USF	1998	13 dissertações ¹⁸⁶
	Metrologia e Instrumentação: Área de Concentração no Doutorado do PPGE	UFSC	1981	12 doutores
	Metrologia: Área de Concentração no Mestrado em Engenharia de Produção	UFF	1990-93	02 mestres
	Especialização em Metrologia	CEFET- MG	1997 (piloto)	20 especialistas
	Especialização em Metrologia	UFMG	2002 (projeto)	Ainda não implementado
	Especialização em Metrologia	UFPA	2000 (projeto)	Ainda não implementado
	Curso de Extensão Intersemestral	Universidades Estaduais de SP	2000 (piloto)	30 concluintes
Educação Profissional	Curso Técnico em Metrologia	CECO / INMETRO	1998	30 técnicos
	Curso Técnico em Metrologia para a Qualidade	CEFETEQ, Nilópolis	2000	51 técnicos
	Curso de Nível Básico	ETC, UFRGS	2002	29 concluintes

¹⁸⁶ Este quantitativo representa o número de dissertações defendidas durante o “antigo Mestrado em Metrologia” da USF que antecedeu a atual linha de pesquisa metrologia o PPG ECM. Conforme descrito anteriormente, esses alunos ainda aguardam a reconhecimento formal do PPG ECM pela CAPES para requalificarem seus trabalhos e obterem o título de “Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais”.