

# A família ocupacional dos técnicos em calibração e instrumentação



Projeto  
PROJETO OBSERVATÓRIO OCUPACIONAL

Série Monografias Ocupacionais

Brasília  
2002

# A família ocupacional dos técnicos em calibração e instrumentação



**Confederação Nacional da Indústria – CNI e Conselho Nacional do SENAI**

*Armando de Queiroz Monteiro Neto*

Presidente

**Comissão de Apoio Técnico e Administrativo ao Presidente do Conselho Nacional do SENAI**

*Fernando Cirino Gurgel*

Vice-Presidente da CNI

*Dagoberto Lima Godoy*

Diretor da CNI

*Max Schrappe*

Vice-Presidente da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

**SENAI – Departamento Nacional**

*José Manuel de Aguiar Martins*

Diretor-Geral

*Mario Zanoni Adolfo Cintra*

Diretor de Desenvolvimento

*Eduardo Oliveira Santos*

Diretor de Operações

# A família ocupacional dos técnicos em calibração e instrumentação



*Série Monografias Ocupacionais*

Brasília  
2002

© 2002. SENAI – Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

**SENAI/DN**

GETEP – Unidade de Gestão Tendências e Prospecção

Este documento foi elaborado por uma equipe, cujos nomes encontram-se relacionados na folha de créditos.

Ficha Catalográfica

---

**SENAI.DN. A família ocupacional dos técnicos em calibração e instrumentação.** Brasília, 2002. 62 p.  
(Série Monografias Ocupacionais, 3).

ISBN 87-7519-073-3

TÍTULO

---

CDU 681.2

**SENAI**

*Serviço Nacional de  
Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional*

**Sede**

*Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília – DF  
Tel.: (61) 317-9001  
Fax: (61) 317-9190*

# Sumário

## Apresentação

<b>1 Instrumentação – História e Contexto</b>	<b>9</b>
1.1 Idade Média à frente...	9
1.2 No começo, o fogo e a luz	12
1.3 A industrialização brasileira no segundo pós-guerra	15
1.4 A instrumentação chega ao Brasil	17
1.5 A instrumentação e suas aplicações	21
<b>2 O Profissional da Calibração e Instrumentação</b>	<b>27</b>
2.1 Formação	27
2.2 Perfis profissionais e variação tecnológica	32
2.3 O instrumentista e seu trabalho	43
2.4 Calibração – otimização e segurança	46
2.5 O mercado de trabalho do instrumentista	49
<b>3 O Futuro da Calibração e Instrumentação</b>	<b>53</b>
3.1 A instrumentação hoje	53
3.2 Perspectivas	58
<b>4 Referências</b>	<b>61</b>
4.1 Livros	61
4.2 Entrevistas	62



# Apresentação

A Era da Informação e do Conhecimento, que caracteriza o período atual, tem contribuído para relevantes inovações nas tecnologias e na organização dos sistemas produtivos, que, por sua vez, acarretam mudanças no conteúdo do trabalho. Essas mudanças se traduzem no surgimento e desaparecimento de ocupações, bem como nas alterações dos requisitos e experiências exigidos para o exercício profissional.

Devido a essas mudanças tão aceleradas, necessário se torna monitorar sistemática e constantemente os conteúdos das ocupações no sentido de municiar os sistemas produtivos e as instituições de formação profissional com informações atualizadas para o pleno desenvolvimento de suas atividades.

Por intermédio da parceria com o Ministério do Trabalho e Emprego, o SENAI tem contribuído para esse monitoramento, em que as descrições e validações das ocupações, no âmbito industrial, são atualizadas por meio da Classificação Brasileira de Ocupações – CBO, cuja versão 2000 encontra-se em processo de atualização e cujo conteúdo busca introduzir o conceito de competências à dimensão do desempenho no trabalho e organizar as ocupações em Famílias Ocupacionais.

Com o intuito de garantir a qualidade desse monitoramento e agregar valor às descrições e validações da CBO, o SENAI, por meio de sua Unidade de Gestão Tendências e Prospecção – GETEP, apresenta a série *Monografias Ocupacionais*, cujo conteúdo se caracteriza pela construção do histórico das ocupações baseado na dinâmica de construção, evolução e mapeamento de tendências futuras das ocupações industriais brasileiras.

Este trabalho se ocupou em analisar a Família Ocupacional de Técnicos em Instrumentação e Calibração, cujos dados foram levantados por meio de fontes primárias e secundárias sobre a profissão.

Espera-se que este projeto possa ser um importante instrumento de informação sobre o mercado de trabalho para as empresas e entidades representativas de empregadores e de trabalhadores, bem como de tomada de decisão quanto à formulação de políticas de formação profissional.

*José Manuel de Aguiar Martins*  
Diretor-Geral do SENAI/DN

# 1 Instrumentação – História e Contexto

## 1.1 Idade Média à frente...

Em 1972, o escritor italiano Umberto Eco publicou um texto chamado “A nova Idade Média”<sup>1</sup>, fazendo referência direta a um livro de Roberto Vacca em que se avalia a possibilidade de iminente reaparecimento dos tempos medievais, provocado por um colapso dos sistemas que alicerçam a sociedade tecnológica.

Tudo começaria num dia em que, nos Estados Unidos, imenso congestionamento rodoviário, coincidindo com a paralisação do tráfego ferroviário, impediu que os operadores dos sistemas de controle aeroportuário chegassem a seus postos para substituir o pessoal cujos turnos chegavam ao fim.

Estressados pelo prolongamento da jornada, os operadores em atividade provocam o choque de dois aviões, que, ao caírem sobre cabos de alta tensão, sobrecarregaram toda a rede, provocando um blecaute que se estendeu por vários dias.

Depois veio a neve, bloqueando estradas e fazendo crescer os engarrafamentos. Nas cidades, os incêndios multiplicavam-se, provocados pelas fogueiras acendidas para enfrentar o frio, já que os sistemas de aquecimento também foram paralisados, bem como as redes de telefonia.

Sem que as cadeias de televisão pudessem registrar, a população desesperada pôs-se em marcha pelas estradas, deixando em seu rastro milhares de mortos. Saques e crimes multiplicavam-se vertiginosamente e as próprias forças armadas, que assumiram o controle, acabaram imobilizadas pela paralisia geral.

<sup>1</sup>ECO, Umberto. *Viagem à irreabilidade cotidiana*. Trad. Aurora Fornoni Bernardini e Homero Freitas de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984. p. 73. Et. seq.

Semanas depois, vencidas enormes dificuldades, a normalidade começou a ser restabelecida, mas as epidemias provocadas pelos milhões de cadáveres espalhados pelas ruas e estradas faziam lembrar o flagelo da grande peste negra que, no século XIV, matou dois terços da população européia.

Para controlar a situação, instalou-se um regime político de extrema força, mas ele já nasceu minado na base por sistemas autônomos, garantidos por tropas mercenárias e regulados por sistemas próprios de administração e justiça. Destruídos os cadastros e cartórios, o direito à propriedade passou a depender do uso da força e todo o sistema legal entrou em crise.

Enquanto os habitantes das regiões mais pobres, desde sempre habituados às dificuldades, conseguiam sobreviver à imensa crise, iniciaram-se os esforços para recriar instituições semelhantes aos mosteiros medievais, dos quais se esperava a preservação dos conhecimentos técnicos e científicos capazes de sustentar um novo Renascimento, mas isso também não eliminou o risco de que poderes locais se apropriassem de todas essas informações para uso privado...

Por detrás desse roteiro de ficção, de resto nada generoso em sua visão tenebrosa sobre a Idade Média *original*, ergue-se um cenário apocalíptico, cujos primeiros traços foram desenhados num dia qualquer, quando, nos Estados Unidos, imensos congestionamentos rodoviários e ferroviários impediram que os operadores dos sistemas de controle de um grande aeroporto chegassem a seus postos de trabalho...

É sempre possível consolar-se com a idéia de que o mundo da ficção e suas ameaças ficam do lado de fora do território da história, onde tudo acontece *de fato*. Mas, as coisas mudam quando se reduz a fantasia a dimensões menos exageradas e mais próximas de nossa vida cotidiana, como pode acontecer em um tempo e lugar mais próximos, como ocorreu em São Paulo, no início de abril de 2002, felizmente sem consequências trágicas para a população.

Minutos antes das cinco horas da manhã de uma quinta-feira, quando milhares de pessoas se dirigiam ao trabalho, falhou o aparelho de mudança de via entre duas estações do metrô, comprometendo, por cerca de quatro horas, o funcionamento de uma das principais linhas do sistema, o que afetou entre 180 e 260 mil pessoas. Por causa do problema, foi necessário bloquear parte das catracas para reduzir o fluxo de passageiros, e nem isso impediu que o crescimento da multidão forçasse a paralisação dos trens e o fechamento de oito estações, pondo milhares e milhares de pessoas em marcha, à busca de alternativas de transporte.

No dia seguinte, os jornais destacavam o fato em manchetes, apontando como causador da pane um aparelho eletrônico responsável pelo comando do sistema de desvio dos trens, o que os obrigava a seguir até o pátio de manobras das composições para iniciar, com atraso, a viagem de retorno pela outra linha.

Independentemente de suas causas, a pane no metrô paulistano chama a atenção para o fato de que o funcionamento regular da cidade contemporânea está condicionado, de modo irreversível, ao desempenho de aparelhos e instrumentos eletrônicos que dificilmente são vistos, mas cuja necessidade e utilidade aparecem claramente quando uma falha os atinge.

Evidente na cidade, quando os problemas assumem grandes proporções, mas igualmente perceptível nas casas das pessoas, já que a vida cotidiana é regulada, cada vez mais, pelo adequado funcionamento da aparelhagem doméstica eletroeletrônica, a dependência que todos têm desses equipamentos equivale à dos demais itens de subsistência, pondo-se no mesmo nível de necessidade a geladeira e o alimento, o portão eletrônico e a segurança, o telefone e as relações de afeto.

## 1.2 No começo, o fogo e a luz<sup>2</sup>

Para buscar as raízes do condicionamento da vida contemporânea aos equipamentos eletroeletrônicos, considerando-se os objetivos deste texto, é necessário fazer uma breve viagem pelo tempo, para perceber como se passou da idade do mito, alimentada pela coragem e ousadia, aos tempos menos heróicos da história.

Do ponto de vista da história das técnicas, tudo começou com o uso do fogo, um dos primeiros sinais distintivos da presença humana na Terra, já que, dentre os animais, só o homem soube produzi-lo e conservá-lo. O fogo tornou possível cozer alimentos e trabalhar os metais, mas a fonte artificial de luz também favoreceu os contatos entre nossos ancestrais, pois a escuridão – tantas vezes, fonte de angústia e medo – impedia o contato pelos gestos, já que a mímica é a mais antiga de todas as linguagens. Quando o sol se apagava, a noite primitiva podia iluminar-se, aqui e ali, por pequenas fogueiras, criando-se lugares de convívio coletivo, mais seguros para proteger os homens do ataque das feras: “Uma tal concentração de potencialidades benéficas e de feitos por vezes terríveis impressionou a imaginação primitiva. Objeto de temor e de veneração, o fogo, que associa à majestade solar as mais íntimas emoções da natureza humana, apareceu como a realização imediata de um poder sobre-humano: o símbolo de tudo o que no homem e à volta do homem ultrapassa a vida e de tudo o que o homem pode ousar”.<sup>3</sup>

Assim, o fogo e as ferramentas deram ao homem a chance de agir sobre a natureza e transformar o mundo. E milênios se passaram sem que outra fonte produtora de luz pudesse ser controlada pela humanidade.

O fogo satisfez, por muito tempo, às necessidades dos homens, mas não apagou sua curiosidade. O grego Tales (624-546 a.C.) observou as propriedades eletrostáticas do âmbar, que, quando friccionado, podia atrair plumas e outros

<sup>2</sup>O texto desta seção, com pequenas alterações, fez parte da monografia que, nesta série, foi dedicada à família ocupacional dos Técnicos em Eletricidade e Eletrotécnicos, reaparecendo aqui por conta de sua direta relação com o tema da presente publicação, o mesmo acontecendo com o próximo texto, que também apareceu na referida edição e naquela dedicada à família ocupacional da Ferramentaria.

<sup>3</sup>DUCASSÉ, Pierre. *História das técnicas*. 2. ed. Lisboa: Publicações Europa-América, 1962. p. 17.

corpos leves. *Elektron*, palavra da qual deriva eletricidade, é o nome grego do âmbar. No entanto, é possível que esse conhecimento tenha chegado à Grécia a partir do Egito.

As propriedades do âmbar – e também do imã – foram conhecidas na Idade Média. Entretanto, “o estudo da eletricidade recomeçou no século XVI, com o médico inglês Gilbert, e a primeira máquina elétrica foi construída entre 1640 e 1670 por Otto de Guericke. Esta máquina consistia num globo de enxofre montado num eixo de madeira, acionado por uma manivela. A mão do experimentador encostava ao globo um bocado de pano. Na escuridão, o globo parecia luminoso”.<sup>4</sup>

No século XVII, a eletricidade foi objeto da investigação dos físicos e da curiosidade dos leigos, atraídos por seus efeitos *espetaculares*, mas as experiências restrinham-se à obtenção de cargas através da fricção (eletricidade estática), sem possibilidade de uso industrial, como também ficava sem utilidade prática a eletricidade atmosférica, mesmo que Benjamin Franklin tenha reduzido sua ameaça, graças à invenção do pára-raios.

Apesar da importância de todos esses engenhos, a utilização da eletricidade só se tornou viável com o desenvolvimento de geradores, um dos mais promissores inventos da passagem do século XVIII para o XIX, com direito, inclusive, a apresentação solene a Napoleão Bonaparte, à frente de quem, em 1801, Volt repetiu a experiência com sua célebre pilha: “Com efeito, na pilha elétrica, a matéria parecia capaz de fornecer, *espontaneamente*, um novo fluido, fonte de notáveis efeitos caloríficos e luminosos. As aplicações da pilha foram a *eletrólise* (descoberta em 1800, e cujas leis foram determinadas por Faraday em 1832), o primeiro esboço de *iluminação elétrica* (Davy, 1801), o *telégrafo elétrico* (esboçado em 1802, mas realizado por Morse em 1837-1840), a *galvanoplastia* (inventada em 1837), a *douradura* e o *prateamento* (esboçados desde o início da eletrólise, mas realizados somente a partir de 1840)”.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup>Id. Ibid., p. 140.

Abriam-se e incentivavam-se, com isso, as possibilidades de se estudar as correntes, já que a baixa potência das pilhas, a curta duração de seus efeitos e, consequentemente, seus preços extremamente elevados tornavam impossível o uso prático, isto é, industrial da eletricidade.

O primeiro e importante resultado dos esforços de Ampère, Faraday e Laplace foi o acumulador criado por Gaston Planté, que tornou possível armazenar energia em período excedente para uso em casos de necessidade. Entretanto, a irregularidade do acumulador, sua potência ainda reduzida e o peso e volume material elevadíssimos limitavam seu uso: “Auxiliar universal das instalações elétricas industriais, o acumulador, que lhes é indispensável, não teria, contudo, podido suscitar nem manter a vida desses formidáveis organismos”. <sup>6</sup>

A solução para esses problemas foi dada, em 1869, pelo operário belga Zenobe Gramme, que utilizou os efeitos recíprocos das correntes e dos magnetos para criar um novo tipo de gerador – o dínamo –, que foi a primeira máquina para produzir corrente elétrica, a partir da energia mecânica. Mais ainda, o dínamo de Gramme, por ser uma máquina reversível, era capaz de fornecer, inversamente, trabalho mecânico, podendo ser utilizado como motor. De modo expressivo, um historiador das técnicas afirmou que, graças ao dínamo de Gramme, “a indústria passou a dispor do instrumento necessário para produzir e utilizar a energia elétrica. O estudo das condições da transmissão por fio da corrente contínua – a produção, transmissão e exploração sistemática das correntes alternas, completando esse germe inicial de toda a indústria elétrica – incorporou o dínamo, de uma forma cada vez mais íntima, na textura de nossa civilização industrial”. <sup>7</sup> Com entusiasmo ainda maior, outro autor afirmou que “a eletricidade é provavelmente a mais bela, a mais versátil, a mais poderosa e dócil de todas as forças jamais dominadas pelo

---

<sup>5</sup>Id. Ibid., p. 141.

<sup>6</sup>Id. Ibid., p. 143.

homem. Mostra-se ao mesmo tempo infinitamente forte e infinitamente delicada, indo do débil impulso num cérebro animal aos cataclísmicos movimentos do raio, ou da ainda desconhecida<sup>8</sup> violência do átomo bombardeado. Hoje, sabemos, ou julgamos saber, que a eletricidade *reside* em nosso corpo e em toda a matéria inanimada”.

Assim, chegou-se às últimas décadas do século XIX, quando foram assentadas as bases daquilo que já se chamou uma “revolução industrial baseada na eletricidade”,<sup>9</sup> para distingui-la da revolução industrial inglesa do século XVIII. Os efeitos desse processo alteraram todos os ritmos da vida, mudando para sempre a casa, as ruas, as cidades e os hábitos dos indivíduos, acelerando os transportes, as comunicações e alimentando a produção em massa, com todos os seus efeitos sociais.

### 1.3 A industrialização brasileira no segundo pós-guerra

No início da década de 1940, o setor industrial brasileiro enfrentava o desafio de expandir o volume da produção para tentar satisfazer às demandas de um mercado que, principalmente por conta da guerra (1939-1945), não podia ser atendido pela via tradicional das importações. Especialmente no que se refere a São Paulo, essa ampliação esbarrava no duplo problema decorrente da baixa produtividade resultante do obsoletismo do equipamento instalado e na relativa escassez da mão-de-obra qualificada, estimando-se que as poucas escolas profissionais existentes antes da criação do SENAI (1942) respondiam pela formação de apenas 7% dos operários qualificados, sendo o restante treinado, rotineiramente, nas próprias indústrias.<sup>10</sup>

<sup>8</sup>Id. Ibid., p. 144-145.

<sup>9</sup>BURLINGAME, Roger. *Máquinas da democracia: as invenções e suas influências sociais nos Estados Unidos*. Trad. Monteiro Lobato. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1942. p. 185.

<sup>10</sup>Idem, p. 188.

<sup>10</sup>SENAI. SP. *O giz e a graxa: meio século de educação para o trabalho*. São Paulo, 1992.

Naqueles anos, principalmente em São Paulo, a indústria começou a viver fortes impulsos no sentido da diversificação da produção, reduzindo-se a participação no conjunto de alguns ramos mais tradicionais, como, por exemplo, o têxtil, e criando-se empresas mecânicas, metalúrgicas, de comunicação e material elétrico, ampliando-se, sobremaneira, o número de fábricas de autopeças. Essa expansão do setor de bens de capital, estratégico para o desenvolvimento industrial, pode ser avaliada comparando-se os índices de seu vertiginoso crescimento – 892%, entre 1940 e 1955 – ao incremento do setor bens de consumo – 196%, para o mesmo período.

Para sustentar esse crescimento, no que se refere à mão-de-obra, verificou-se sensível diferença entre as décadas de 1940 e 1950. Para o primeiro período, ao crescimento da produção (75,1%) correspondeu um quase idêntico aumento nas necessidades de força de trabalho (79%), mas essa tendência alterou-se na década de 1950, quando a produção cresceu 152,5%, contra um aumento de 66,3% no número de operários. Essa variação indica que, para elevar a produção, deixava de ser decisivo o aumento correspondente da força de trabalho empregada na indústria, onde a maquinaria substituía em larga escala os trabalhadores.

Além disso, na década de 1950, acentuou-se, sobremaneira, o movimento geral de concentração industrial, como ficou demonstrado no *Censo industrial de 1959*, realizado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, quando se apurou que os estabelecimentos com mais de 500 empregados detinham as maiores parcelas do mercado brasileiro, especialmente nos ramos que sustentaram a modernização dos anos 50: minerais não metálicos (34,7%), metalurgia (45,5%), mecânica (25,8%), material elétrico (39,7%), material de transporte (67,5%) e borracha (64,9%).

## 1.4 A instrumentação chega ao Brasil

A indústria automobilística, com razão, tem sido apontada como a principal responsável pelas grandes transformações iniciadas no governo de Juscelino Kubitschek, que, tão logo empossado, em janeiro de 1956, divulgou seu Plano de Metas, incluindo entre elas o desenvolvimento, “a curto prazo”, da indústria automobilística, para o que instalou, em 16 de junho daquele ano, o Grupo Executivo da Indústria Automobilística – GEIA, órgão responsável pelo estabelecimento dos índices de nacionalização do setor.

Dezoito meses depois da criação do GEIA, fez-se um balanço das atividades até então desenvolvidas, contando-se 17 grandes empresas com projetos aprovados pelo governo, além do registro de outras 821 fabricantes de peças, com planos de expansão igualmente autorizados. No final de 1958, o GEIA já aprovara 56 projetos, número que passou a 86 no ano seguinte e a 21 em 1960, somando-se 202 projetos em 5 anos (1956-1960). Quanto às indústrias, dos 17 projetos aprovados, 11 foram concretizados (FNM, Ford, GM, International Harvester, Mercedes-Benz, Scania-Vabis, Simca, Toyota, Vemag, Volkswagen e Willys), o que incentivou a expansão do setor de autopeças, cujo número de fábricas chegou a 1.200 em 31 de dezembro de 1960.<sup>11</sup>

Obviamente, para pôr em movimento os veículos que saíam pelos portões das fábricas, era necessário expandir a oferta de combustível e foi aí que começou a tomar corpo a história da instrumentação no Brasil.

Na verdade, os primeiros instrumentos mecânicos e pneumáticos para medição e controle da produção foram instalados em 1945, na Companhia Siderúrgica Nacional, mas o impulso mais significativo foi dado na década seguinte, quando o Conselho Nacional do Petróleo construiu as primeiras refinarias do Brasil,

---

<sup>11</sup>GATTÁS, Ramiz. *A indústria automobilística e a segunda revolução industrial no Brasil: origens e perspectivas*. São Paulo: Prelo, 1981.

destacando-se a Landulpho Alves, de Mataripe, pioneira da produção nacional de petróleo.

Essas primeiras refinarias importavam dos Estados Unidos e do Japão toda a instrumentação de que necessitavam, o mesmo acontecendo com os técnicos destinados à sua instalação, operação e manutenção. Assim, quando a Petrobrás adquiria no exterior sistemas de automação para as refinarias, vinham junto os técnicos responsáveis pela instalação, já que a falta de profissionais habilitados transformava o pessoal brasileiro em mão-de-obra quase que somente braçal no processo, o mesmo acontecendo com o detalhamento dos projetos, igualmente contratado com empresas do exterior, resultando daí que as especificações eram sempre baseadas em produtos estrangeiros.

Assim, do ponto de vista da evolução tecnológica das empresas usuárias, pode-se dizer que, na década de 1950, a demanda era por equipamentos controlados por instrumentação pneumática, em substituição aos processos de controle manual.

Essa situação começou a ser revertida em 1962, quando o Instituto Brasileiro de Petróleo criou uma Comissão de Instrumentação, num momento em que “muitos projetos começaram a exigir a instalação de instrumentos, o que fez com que os técnicos brasileiros começassem a se familiarizar com o tema e buscar maior conhecimento de técnicas de medição e controle. Foi nessa época, também, que surgiu a primeira empresa voltada para a instrumentação no País, a Engematic, raiz de um grande número de empresas”.<sup>12</sup> Fundada, em 1965, por um grupo de profissionais ligados à Companhia Siderúrgica Paulista – Cosipa, a Engematic começou suas atividades atuando como representante de firmas estrangeiras e como fabricadora de painéis, iniciando, logo depois, a produção de válvulas e anunciadores de alarme. Graças a isso, muitas informações sobre

---

<sup>12</sup>PASSADO, presente e futuro da instrumentação no Brasil. *Instec – Instrumentação e controle de processos*. Rio de Janeiro, n. 50, p. 6, dez. 1991.

instrumentação, disponíveis apenas nos países tecnologicamente mais desenvolvidos, foram sendo transferidas para o Brasil, embora persistisse a carência de técnicos para trabalhar no estratégico setor. Essa situação incentivou a Engematic a criar uma divisão destinada ao treinamento de técnicos, com atuação em todo o território nacional.

Esses esforços ganharam maiores dimensões quando a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ criou seus cursos de atualização em controle de processos, ilustrando-se sua necessidade com o fato de que, por desconhecimento, os controladores importados não podiam sequer ser ligados ou sintonizados.<sup>13</sup>

Em síntese, a década de 1960 caracteriza-se pela implantação da instrumentação hidráulica e eletrônica analógica, esta última voltada, principalmente, para aprimorar o controle dos processos e elevar a qualidade dos produtos, inaugurando-se um processo que foi bastante fortalecido na década seguinte.

Em meados da década de 1970, o Conselho de Desenvolvimento Industrial estabeleceu planos de nacionalização da indústria de instrumentação, justamente quando começava a expandir-se o uso dos instrumentos de controle analógico, aprovando-se, em 1978, quatro projetos de associação entre empresas nacionais e estrangeiras: a Engematic com a Hitachi, a Ecil com a Leeds & Northrup, a Fujinor com a Fuji e a Bristol com a homônima norte-americana. Na mesma década, ainda, começaram a ser instalados os primeiros equipamentos de tecnologia digital.

Entretanto, até a primeira metade da década de 1980, quando o setor vivia sob um sempre polêmico regime protecionista, a instrumentação analógica de-

---

<sup>13</sup>Ibid.

terminou os rumos do setor no País, o que era pouco compensador para as indústrias associadas a empresas estrangeiras, razão pela qual a Secretaria Especial de Informática – SEI acabou autorizando a fabricação de instrumentos digitais.

Essa atuação da SEI tem sido considerada como responsável por uma fase de grande desenvolvimento do setor, como destacou o engenheiro Nantho Botelho, da Petrobrás: “Foi um período de muita euforia, com o aparecimento de fabricantes nacionais praticamente para todos os itens, desde o mais simples acessório até o mais complexo dos sistemas. Com base nos grandes investimentos realizados nesse período (Petrobrás, pólos petroquímicos, Vale do Rio Doce etc.), foram lançados os famosos editais coordenados pela SEI. Foi uma etapa de nacionalização mais forçada e, após selecionados os fornecedores e estabelecidas as regras de reserva de mercado”, a situação perdurou até o final da década de 1980 e início da seguinte.<sup>14</sup>

Na década de 1980, convivendo com as tecnologias anteriormente introduzidas, chegam os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs), marcos expressivos dos avanços no sentido de se expandir a produção e melhorar os processos de controle e garantia da qualidade dos produtos e serviços.

A década seguinte (1990) pode ser caracterizada como uma etapa em que a indústria de instrumentação acompanhou as intensas transformações tecnológicas que atingiram o setor dos microprocessadores, tornando cada vez mais *inteligentes* e automatizados os transmissores e controladores, exigindo-se, igualmente, a adequação dos sistemas de instrumentação às políticas de defesa do meio-ambiente, responsável por grandes modificações nas especificações dos medidores e componentes finais de controle.

---

<sup>14</sup> Ibid., p. 10.

Na base dessas transformações tecnológicas ocorridas nos anos 1990, está o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD), acompanhado das redes industriais, do controle avançado e da robótica – esta última uma das tendências que se pode anunciar para o futuro.

## 1.5 A instrumentação e suas aplicações

A instrumentação está diretamente ligada aos processos industriais e seus sistemas de automação, já que uma das primeiras aplicações da eletrônica avançada é dentro da área de automação, e isso tem um impacto direto na instrumentação.

A instrumentação, antes restrita aos setores industriais de processos contínuos, na atualidade, encontra aplicações em todas as indústrias em que o controle instrumental foi introduzido como forma de se aumentar a eficiência dos processos de produção, elevando a qualidade dos produtos e reduzindo o tempo e os custos de fabricação.

Assim, graças à multiplicidade de suas aplicações, na instrumentação concentram-se informações sobre praticamente todas as tecnologias que há numa empresa, desde os processos industriais aos sistemas de automação, informática, mecânica, pneumática, hidráulica, eletrônica, eletricidade, além de conceitos básicos de ciências como a física e a química. Por essas razões, é necessário que o profissional da família ocupacional da instrumentação, dependendo do setor industrial em que atue, saiba como é que funciona uma caldeira, um reator químico, uma máquina de produção de papel, um autoforno, e assim por diante.

*Por exemplo, as caldeiras existem desde o século retrasado e eram movidas, principalmente, por controles muito rudimentares ou controles manuais. O homem era o controlador, o homem fazia o papel da automação. Hoje, eu faço tudo isso automaticamente; tem instrumentos que vão sentir a temperatura para mim e le-*

*vam esse valor para outro instrumento que compara a temperatura e, em seguida, emite um sinal que permite manter o sistema estabilizado. (LZN)*

Entretanto, ultrapassando seus usos industriais, a instrumentação também se faz presente nas mais variadas situações da vida cotidiana, como lembra Benedito Costa Neto, instrutor do SENAI, em Santos – SP, ao referir-se ao banho diário das pessoas, por exemplo. Quando se abre o registro do chuveiro, esta espécie de torneira, na instrumentação, é chamada de “elemento final de controle”, porque é por meio de sua abertura que se regula a temperatura da água: *Já que a potência do chuveiro é fixa, 5.600 W, a única forma de controlarmos a temperatura da água no valor desejado é ajustando a quantidade de água. Todo esse controle é manual, ou seja, nós, operadores do processo, ajustamos a temperatura do banho manualmente.*

*Agora, vamos instalar um controle automático de processos e sair de um controle manual, onde eu sou o operador, e passar para uma situação automática. Aí, nós teríamos o quê? Eu quero tomar um banho farto, com bastante água, abro bastante água e ajusto, através de um dispositivo, a temperatura do banho. Então, tem um ajuste dentro do chuveiro, ou externamente, que vai te dar vinte e dois graus ou vinte e cinco, ou vinte e oito graus. A esse ajuste nós chamamos “set point”, o ponto desejado. Muito bem, dentro do chuveiro existe um sensor de temperatura que vai comparar a temperatura desejada com a temperatura da água que está chegando. A água está chegando, por exemplo, a dezoito graus, e o sensor vai ajustar a potência do chuveiro, que agora não é mais fixa, para o valor que desejamos: ele vai elevar a temperatura da água de dezoito para vinte e cinco graus. Se eu fechar um pouquinho a água, porque não quero gastar tanta água, o que ocorre? O chuveiro perceberia uma quantidade menor de água, a temperatura da água momentaneamente se elevaria e ele diminuiria a potência dissipada na resistência para manter o valor desejado. Então, temos três novos conceitos para manter um banho automático: tem o sensor de temperatura, que deixou de ser o operador; tem o controle automático, ou seja, dentro do chuveiro existe um circuito*

*eletrônico que compara o valor desejado com a temperatura da água que está chegando e atua na potência dissipada dentro do chuveiro, e tem o terminal de controle, que passa a ser a resistência do chuveiro. Com isso, nós temos aí o controle automático do processo de banho.*

Dessa forma, estão demonstradas algumas variáveis que são controladas em processos industriais, que é o caso da água, temperatura, valor desejado de temperatura, elemento final de controle.

Outro exemplo dado pelo mesmo instrutor – a confecção de um bolo – serve para ilustrar as variações que ocorrem quando se sai das modestas escalas de produção caseira para a grande indústria de alimentos, quando são necessários *sistemas de pesagem, de quantidade de farinha de trigo, de adição de ovos, de controle de tempo em que aquilo lá vai ficar misturando, de dosagem de mistura dentro de uma forma...* Depois, *um sistema que vai ligar o forno, vai medir a temperatura e vai manter uma temperatura constante e que, depois de um certo tempo, retira o bolo do forno.*

Assim, quando nós saímos de uma situação corriqueira, percebemos que é necessário efetuar medições contínuas de algumas variáveis físico-químicas, ou seja, peso, temperatura, vazão, nível, umidade, granulometria, e assim por diante. Essas variáveis que interferem em uma linha de produção qualquer são medidas e controladas para manter os valores dentro de parâmetros estabelecidos. E é aí que entra a instrumentação e seus sistemas de controle. (BLCN)

Para Luiz Zambon, a *instrumentação está intimamente ligada ao que a gente chama de automação. Na verdade, eu posso dizer que instrumentação é um ramo de automação industrial. Automação industrial seria uma coisa mais ampla e a instrumentação seria um segmento da área de automação. Hoje, se eu falar qualquer coisa, desde quando eu vou ao banco, quando eu passo no supermercado, quando eu compro um gravador, quando eu ponho gasolina no carro, quando eu tomo um iogurte, em tudo isso eu tenho um processo para se construir ou para se*

*produzir esse material ou esse produto. E por trás desse processo existe a automação, existe a instrumentação, existem instrumentos, existem equipamentos que controlam a produção de determinados produtos. Essa é a idéia de instrumentação.*

Eu vou pôr gasolina no carro; então, para eu chegar à gasolina, desde a prospecção de petróleo até a destilação e adição dos aditivos, em todo esse processo eu tenho presente a instrumentação, que são equipamentos que eu coloco para garantir o quê? Maior produtividade, a qualidade, a determinação de parâmetros... Por exemplo, imagine que eu tenho que produzir um determinado produto alimentício e que eu não possa passar de uma determinada temperatura: se eu vou fazer uma maionese, se eu colocar o ovo numa temperatura um pouquinho diferente, se eu colocar azeite numa quantidade um pouquinho diferente, eu desando a maionese, e o que garante essa inserção do produto de maneira certa, na quantidade certa, na temperatura certa, na pressão certa, no volume correto, é a instrumentação.

A instrumentação que nós trabalhamos aqui está ligada ao que a gente chama de processo contínuo. Existem dois tipos de processos em automação: processo de manufatura, por exemplo, numa indústria montadora de automóveis, onde se trabalha com peças, máquinas que montam conjuntos para que, no final das contas, eu tenha um automóvel. Agora, a indústria de processo contínuo trabalha com outro tipo de variáveis que a gente chama de contínuas, físico-químicas, pressão, temperatura, nível, vazão, PH, quantidade de oxigênio, quantidade de CO, densidade, condutividade. Assim, para colocar dois tipos de indústria para diferenciar, por exemplo, a indústria de manufatura é uma indústria de automóvel: eu tenho um monte de empresas em volta montando peças, componentes e a indústria montadora junta todas essas peças e sai de lá um carro. Agora, o exemplo contrário, a indústria de processo contínuo, por exemplo, uma siderúrgica, eu junto em partes as quantidades corretas, faço um trabalho de aquecimento em altas temperaturas e, no final das contas, eu tenho o aço, que pode ser laminado, pode ser perfilado, vários tipos de materiais.(LZN)

Em síntese, portanto, a partir de todos esses exemplos, é possível afirmar que a instrumentação está presente em todos os setores industriais, envolvendo em vários níveis os mais diversos processos tecnológicos, além de ocupar lugar de destaque em praticamente todas as esferas da vida cotidiana, o que faz do instrumentista um profissional bastante valorizado e cada vez mais requisitado no mercado de trabalho.



## 2 O Profissional da Calibração e Instrumentação

### 2.1 Formação

No setor industrial, as atividades dos instrumentistas distribuem-se por vários níveis profissionais, desde os mais elementares – em que são executadas tarefas rotineiras, aprendidas diretamente por orientação recebida nos próprios postos de trabalho –, até as que são desempenhadas por profissionais de níveis que requerem formação mais demorada e aprofundada. A família ocupacional dos técnicos em calibração e instrumentação é formada pelos (1) encarregados de manutenção de instrumentos de controle, medição e similares, (2) técnicos em instrumentação e (3) técnicos em calibração. No processo de produção industrial, o perfil desses profissionais começa a ser desenhado a partir dos níveis de formação:

- a) trabalhadores qualificados – podem ser formados em escolas profissionais ou capacitados pela própria experiência profissional, durante dois ou três anos, no mínimo;
- b) técnicos de nível médio – são responsáveis por tarefas de maior complexidade, e deles se exige formação em escolas técnicas profissionalizantes, além de experiência adquirida na própria atividade profissional; e
- c) profissionais de nível superior – são os profissionais com formação universitária.

No caso desta vasta família ocupacional, os profissionais de nível considerado *elementar* são pouco numerosos, concentrando-se os maiores contingentes nos níveis mais qualificados e com formação técnica e superior – muitos dos quais contratados como eletricistas. A predominância, contudo, é dos profissionais de nível médio-técnico, sendo esta uma das tendências determinantes do setor.

Além disso, de acordo com dados resultantes de pesquisa desenvolvida pelo SENAI, em 1998, “cerca de 90% dos entrevistados indicaram o curso técnico na área de instrumentação como a formação mínima exigida para o trabalho”, indicando-se, como segunda alternativa, o curso técnico de eletrônica.<sup>15</sup>

Essas características definidoras do perfil de formação do instrumentista levaram Antônio Carlos Rodrigues, diretor da Escola SENAI “Antônio Souza Noschese”, de Santos – SP, a afirmar que *a instrumentação é por excelência o técnico industrial. Porque a instrumentação tem que ver com os processos industriais, tem que ver com os sistemas de automação desses processos; portanto, com a eletrônica. A primeira aplicação da eletrônica avançada é dentro da área de automação. E a informática tem um impacto direto na área de instrumentação. O técnico em instrumentação é uma síntese de toda a tecnologia que tem dentro de uma empresa. Ele tem que conhecer processos industriais, sistemas de automação, mecânica, eletrônica, electricidade e informática. (ACR)*

A passagem do egresso do curso ao universo fabril é feita a partir da prática do estágio supervisionado, o que, no caso do SENAI, foi ampliado com a criação da disciplina Processos Industriais: *Nosso técnico, nosso aluno termina a fase escolar e vai para o estágio, para a vida profissional, sempre com uma visão dos diferentes processos industriais. Como é que é um processo de fabricação de papel? Como é que funciona uma coluna de destilação de uma empresa petroquímica? Como é que funciona uma indústria farmacêutica? Quais são os processos básicos de uma siderúrgica (BLCN).* Além disso, considerando a posição cada vez mais estratégica que a instrumentação ocupa nos vários setores econômicos, o currículo inclui a disciplina Relações Humanas, *onde o aluno trabalha a questão da comunicação, da liderança, dos valores pessoais, um pouco de ética, de cidadania. Existe uma*

<sup>15</sup>Cf. ROSE, Solange Crepaldi. *Sistemas de trabalho relacionados à instrumentação, automação e controle de processos industriais*. São Paulo: SENAI, 1999. p. 23.

*outra disciplina que é a de especificação de empresas, onde ele aprende o que é uma empresa, como construir uma empresa, aspectos legais, a parte trabalhista... E tem outra voltada à qualidade. Então, essas três disciplinas são reforçadas nessas características pessoais que o técnico precisa ter para entrar no mercado de trabalho. (GMB)*

A capacidade de adaptar-se aos mais variados ambientes de trabalho também foi lembrada como característica requerida do instrumentista: *Ele tem que ser um profissional que tenha uma capacidade de adaptação muito grande, porque o tipo de indústria onde ele vai atuar é de uma abrangência muito grande. Ele trabalha desde uma pequena empresa até uma indústria siderúrgica; desde um processo que tenha duas ou três malhas de controle até um empresa que tenha 300 ou mil malhas de controle; desde o trabalho individual na bancada ao trabalho em grupo, ao trabalho de negociação. Ele tem que negociar muito. (LZN)*

Tudo isso amplia, sobremaneira, o perfil profissional requerido dos técnicos de instrumentação, o que pode ser verificado desde os requisitos de acesso ao curso técnico, passando pelos seus componentes curriculares e chegando ao perfil profissional de conclusão. No caso do SENAI, por exemplo, como resultado de pesquisas realizadas pela entidade, foi proposto, em novembro de 2000, o Curso Técnico de Instrumentação – Controle de Processos<sup>16</sup>, destinado a candidatos que já concluíram ou estejam cursando o ensino médio, podendo-se exigir, ainda, requisitos relacionados à idade, experiência profissional ou desempenho em processo seletivo específico.

A organização curricular do curso, em obediência à legislação federal (Lei 9394/96, Decreto 2.208/97 e Resolução CNE/CEB 4/99), comprehende uma carga horária

<sup>16</sup>Embora esses dados refiram-se a apenas um curso, os procedimentos que levaram à sua organização, em direta sintonia com o setor industrial, credenciam-no como referência nacional fortemente sinalizadora das tendências atuais do sistema de formação dos profissionais da área.

de 1.200 h-a, acrescida de 400 horas de estágio supervisionado, distribuídas essas horas pelos seguintes componentes/carga horária:

Eletrônica	150
Comandos eletropneumáticos	60
Instrumentação	180
Processos industriais	30
Tecnologia da informática	30
Controle automático de processos	90
Técnicas digitais	60
Instrumentação digital	120
Elementos finais de controle	60
Confiabilidade metrológica	30
Controladores programáveis	90
Sistemas digitais de controle	90
Instrumentação analítica	60
Automação de sistemas	30
Controle ambiental	30
Gestão de recursos	30
Projetos	60
Estágio supervisionado	400

Ao final do curso – desenvolvido em salas de aula convencionais, planta-piloto e nove laboratórios – espera-se que os egressos tenham um perfil profissional de conclusão que, em síntese, os habilite a:

- Executar e avaliar a manutenção preventiva e corretiva, integrando instrumentos e equipamentos e otimizando sistemas de automação e controle de processos industriais;
- Fazer substituições e reparos de instrumentos digitais, eletrônicos, pneumáticos, eletropneumáticos e mecânicos;
- Testar instrumentos, equipamentos e sistemas de controle;
- Reparar instrumentos e equipamentos;
- Ajustar instrumentos, reposicionando peças e componentes;
- Calibrar instrumentos;
- Remover e instalar instrumentos e equipamentos do sistema de controle de processo;
- Fazer a integração de protocolos, redes de comunicação, interfaces e instrumentos digitais;
- Sintonizar malhas de controle;
- Colaborar na elaboração de programa de manutenção dos instrumentos e equipamentos e
- Colaborar no desenvolvimento de projetos de instrumentação industrial.

Para o desempenho satisfatório de todas essas atividades, indicam-se como necessárias algumas características pessoais, sejam as resultantes de processos formais de educação, sejam as relacionadas à própria personalidade: *O ideal seria que o*

*aluno já tivesse um perfil ligado às ciências exatas, com conhecimentos de matemática, de física, além de um pouco de habilidade manual... Tem que ter percepção, tem que ser bastante pró-ativo para ser um bom instrumentista. Isso é o ideal, isso que a gente gostaria de ter no nosso aluno de entrada. Porém, a gente desenvolve isso dentro do curso, e mesmo que se tivesse uma pessoa com esse perfil, a gente tem que aguçar esse tipo de característica. (LZN)*

*Há dezesseis anos na mesma empresa, uma grande indústria química, um profissional descreve sua trajetória, mostrando, em síntese, a importância da formação e aperfeiçoamento constantes: Sou formado técnico em eletrônica, tecnólogo em instrumentação na FATEC, em Campinas, e fiz também alguns cursos na área de instrumentação e automação – cursos particulares e cursos pela empresa. Agora, estou fazendo um curso em elétrica, para ter aptidão em elétrica também pelo SENAI em Campinas. (RCS)*

Entretanto, é importante registrar que todo esse vasto processo de formação que aqui foi apresentado em suas linhas mais gerais representa uma indicação segura de que os profissionais da área da instrumentação não serão direcionados para o desempenho de um único tipo de trabalho, já que, na prática, não só existem eletricistas e eletrotécnicos realizando serviços de instrumentação, como também podem ser encontrados instrumentistas desempenhando funções relacionadas, por exemplo, às áreas da mecânica, eletrônica, elétrica, informática, eletroeletrônica e mecatrônica.

## 2.2 **Perfis profissionais e variação tecnológica**

A mão-de-obra dos calibradores e instrumentistas é mais requerida nas indústrias que se desenvolveram a partir do uso efetivo de processos de instrumentação, automação e controle de processos, destacando-se aí os seguintes setores: refino e

transporte de petróleo, petroquímica, fertilizantes, química, farmacêutica, borracha e plástico, têxtil, celulose e papel, siderurgia/metalurgia, cimento/mineração, alimentos (açúcar e álcool; cervejas, sucos e refrigerantes; laticínios; carnes; vegetais), vidro, indústria automobilística, material de construção/madeira e geração de energia e saneamento.

Isso mostra que os técnicos desta família ocupacional são requeridos pelo mais amplo leque de atividades e funções distribuídas por variados setores industriais, podendo atuar também em empresas prestadoras de serviços e fornecedoras de equipamentos de instrumentação. Por essa razão, a CBO-94<sup>17</sup> – que não inclui como classificação o título *Instrumentista* – distribui esses profissionais por oito famílias ocupacionais:

1) 039 – Técnicos e trabalhadores assemelhados não classificados sob outras epígrafes:

- 0-39.65 – Técnico de utilidade (produção e distribuição de vapor, gases, óleos, combustíveis, energia, oxigênio e subprodutos):

Executa e controla as atividades referentes à produção e distribuição dos produtos de vapor, gases, óleos, combustível, energia, oxigênio e subprodutos, participando da programação e planejamento das pesquisas e planos a serem feitos para melhor obter aproveitamento dos produtos.

2) 8-42 – Relojoeiros e montadores de instrumentos de precisão:

- 8-42.30 – Ajustador de instrumentos de precisão<sup>18</sup>:

Repara, limpa e ajusta relógios, utilizando lupa, alicates, chaves e pinças especiais, instrumentos e aparelhos de verificação e material de limpeza, para torná-los utilizáveis.

<sup>17</sup>BRASIL. Ministério do Trabalho, Secretaria de Políticas de Emprego e Salário. *Classificação Brasileira de Ocupações*. 2. ed. Brasília, 1994.

<sup>18</sup> Ou *Instrumentista de precisão*.

3) 8-45 – Mecânicos de manutenção de máquinas:

- 8-45.10 – Mecânico de manutenção de máquinas em geral<sup>19</sup>:

Executa a manutenção de diversos tipos de máquinas, motores e equipamentos industriais, exceto motores de veículos, de aeronaves e equipamentos elétricos, reparando ou substituindo peças, fazendo ajustes, regulagem e lubrificação convenientes, utilizando ferramentas, máquinas e instrumentos de medição e controle, para assegurar a essas máquinas funcionamento regular e eficiente.

4) 8-51 – Montadores de equipamentos elétricos:

- 8-51.50 – Montador de equipamentos elétricos (instrumentos de medição):

Ajusta, monta, regula e afere instrumentos elétricos de medição e controle, em fábrica, oficina ou local de utilização dos mesmos, baseando-se em desenhos, esquemas e especificações técnicas e utilizando chaves, alicates e outras ferramentas e dispositivos apropriados, para atender a programas de produção ou serviços contratados.

5) 8-52 – Montadores de equipamentos eletrônicos:

- 8-52.90 – Outros montadores de equipamentos eletrônicos, *onde se inclui a ocupação do Instrumentista eletrônico*.

6) 8-55 – Eletricistas de instalações:

- 8-55.30 – Eletricista de instalações (aeronaves)<sup>20</sup>:

Monta e repara componentes elétricos e equipamentos auxiliares de aeronaves, orientando-se por plantas, esquemas e especificações técnicas, empregando ferramentas manuais comuns e especiais, aparelhos de medição elétrica e outros utensílios e materiais, para possibilitar a utilização dos equipamentos essenciais às operações de vôo.

<sup>19</sup>Ou *Instrumentista mecânico*.

<sup>20</sup>Ou *Instrumentista de aviões*.

7) 8-59 – Eletricistas, eletrônicos e trabalhadores assemelhados não classificados sob outras epígrafes:

- 8-59.90 – Outros eletricistas, eletrônicos e trabalhadores assemelhados não classificados sob outras epígrafes, *o que inclui a ocupação de Instrumentista elétrico.*

8) 9-02 – Trabalhadores de fabricação, vulcanização e reparação de pneumáticos:

- 9-02.90 – Outros trabalhadores da fabricação, vulcanização e reparação de pneumáticos:

*Incluem-se aqui os trabalhadores de fabricação e vulcanização de pneumáticos não classificados nas anteriores epígrafes (...), o que abrange a ocupação de Instrumentista de pneumático e eletropneumático.*

No mundo do trabalho, as funções desempenhadas pelos profissionais da família ocupacional dos técnicos em calibração e instrumentação podem ser agrupadas em nove áreas de competência.

Registre-se, ainda, que do profissional da calibração e instrumentação espera-se mais do que habilidades e competências de caráter eminentemente técnico, pois o papel estratégico que ele ocupa ao desenvolver suas atividades exige dele um conjunto de características pessoais e comportamentais, indicadas sucintamente no item “I”, abaixo.

Destaque-se que o conjunto de tarefas e funções relacionadas a seguir espelha, em primeiro lugar, o vasto e complexo campo de atuação desses profissionais cada vez mais valorizados no mercado de trabalho, lembrando-se, sempre, que, embora o enfoque principal desta monografia incida sobre as ocupações industriais, os técnicos em calibração e instrumentação são requeridos por praticamente todas as atividades e setores econômicos, do mundo da fábrica aos hospitais; da indústria química ao transporte urbano; dos aeroportos aos sistemas de segurança bancária.

## TÉCNICOS EM CALIBRAÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO – ÁREAS DE COMPETÊNCIA

### **A Contribuir no desenvolvimento de projetos de sistemas de medição e controle**

1. Identificar as variáveis envolvidas no processo.
2. Determinar posições de medição e controle de processo.
3. Especificar instrumentos de sistemas de medição e controle.
4. Propor sistemas de medição e controle.
5. Avaliar o desempenho de sistemas de medição e controle.

### **B- Analisar tecnicamente a aquisição de produtos e serviços de medição e controle**

1. Estabelecer os objetivos da análise.
2. Indicar fornecedores potenciais de produtos e serviços de medição e controle.
3. Testar as características técnicas de produtos e serviços dos diversos fornecedores.
4. Emitir parecer técnico sobre produtos e serviços de medição e controle.

### **C- Gerenciar documentação**

1. Elaborar procedimentos e instruções técnicas e gerenciais.
2. Atualizar procedimentos e instruções técnicas e gerenciais.
3. Analisar criticamente procedimentos técnicos e gerenciais.
4. Cadastrar instrumentos de medição e controle.

5. Elaborar fichas/formulários e registros.
6. Emitir laudos e certificados da calibração de equipamentos e instrumentos de medição e controle.
7. Arquivar documentação técnica e gerencial.

#### **D- Gerenciar sistema de confiabilidade**

1. Elaborar sistema de codificação.
2. Estabelecer freqüência de calibração.
3. Controlar prazos para calibração.
4. Validar resultados da calibração.
5. Participar de auditorias internas e externas.

#### **E- Coordenar equipe de trabalho**

1. Planejar as atividades com os integrantes da equipe.
2. Orientar equipe de trabalho.
3. Integrar equipes de trabalho.
4. Supervisionar a execução de tarefas.
5. Avaliar desempenho individual e coletivo da equipe.
6. Identificar necessidades de treinamento.

## **F- Determinar valores de grandezas (medir)**

1. Ler e interpretar desenhos técnicos.
2. Selecionar métodos e princípios de medição.
3. Operar padrões, equipamentos, sistemas e instrumentos de medição e controle.
4. Realizar ensaios físico-mecânicos.
5. Conservar padrões, equipamentos, sistemas e instrumentos de medição e controle.

## **G- Calibrar padrões, equipamentos, sistemas e instrumentos de medição e controle**

1. Identificar especificações técnicas de padrões, equipamentos, sistemas e instrumentos de medição e controle.
2. Monitorar condições ambientais para calibração.
3. Inspecionar visualmente padrões, equipamentos, sistemas e instrumentos de medição e controle.
4. Determinar os procedimentos de calibração.
5. Calcular os resultados das medições.
6. Interpretar resultados de medições.
7. Ajustar equipamentos, sistemas e instrumentos de medição e controle.

## **H- Realizar manutenção de instrumentos de medição e controle**

1. Retirar instrumentos de medição e controle.
2. Identificar disfunções em instrumentos de medição e controle.
3. Relacionar custos e benefícios da manutenção.
4. Reparar componentes danificados de instrumentos de medição e controle.
5. Substituir componentes danificados de instrumentos de medição e controle.
6. Instalar instrumentos de medição e controle.
7. Planejar manutenção preventiva, preditiva e corretiva.

## **I- Competências pessoais**

1. Atualizar-se profissionalmente.
2. Trabalhar em equipe.
3. Agir com ética.
4. Ler bibliografia técnica em língua estrangeira.
5. Ter visão sistêmica.
6. Agir com higiene e segurança.
7. Preservar o meio ambiente.

Passando, agora, às funções desempenhadas pelos instrumentistas no setor produtivo industrial, o que se verifica é uma determinante tendência à multifuncionalidade, já que esses profissionais desempenham – individualmente ou em equipe – sempre mais de uma dentre as seis funções em que se assenta a distribuição do trabalho nas atividades industriais<sup>21</sup>: fabricação, manutenção, projeto, assistência técnica, comercialização e qualidade (controle da matéria-prima, do processo e do produto acabado). Como exceção à tendência à multifuncionalidade, mencione-se, apenas, os profissionais que atuam como ajudantes instrumentistas, os quais respondem, apenas, pelas tarefas de manutenção.

Refletindo sobre essas características dos perfis profissionais do instrumentista, Luiz Zambon lembrou que *o primeiro grande desafio do instrumentista no mercado de trabalho é romper o cordão umbilical. O segundo desafio é saber que carreira é construção, é dia após dia, é experiência, e que ele vai ter que construir esse conhecimento, construindo essa experiência. O profissional não pode achar que se formou e acabou. Não dá. Então, esse é o papel da educação continuada, de estar sempre buscando o seu auto desenvolvimento, ou a sua especialização, ou o conhecimento de uma tecnologia específica do fabricante. Este é o principal problema, porque hoje você acaba de formar o profissional e ele já está defasado. Na verdade, os planos de curso exigem uma revisão anual e nós não temos condições de fazer uma reformulação nesse nível. Outro desafio nosso é que todo ensino técnico está voltado para a formação técnica e está faltando a resolução de problemas. O técnico tem que ser cada vez mais uma pessoa que lide com a resolução de problemas do que a pessoa que domina muito bem as ferramentas. Cada vez mais, o mercado está exigindo o profissional que pense, que resolva problemas, que resolva desafios que muitas vezes não são só da área de instrumentação... Ele tem que saber detalhes da situação financeira da empresa, das empresas fornecedoras, das relações humanas. (LZN)*

<sup>21</sup> Cf. ROSE, Solange Crepaldi. *Sistemas de trabalho relacionados à instrumentação, automação e controle de processos industriais*. São Paulo: SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Núcleo de Mercado de Trabalho, 1999. p. 17.

Em síntese, essas considerações querem dizer que o profissional instrumentista vai ser posto, cotidianamente, à frente de desafios decorrentes das transformações tecnológicas que atingem o setor em ritmo cada vez mais acelerado, as quais impõem processos dinâmicos de redefinição de perfis, exigindo dos profissionais que atuam na área um processo contínuo de formação, o que a escola técnica, embora necessária de início, não consegue oferecer sozinha.

As transformações que atingem o trabalho dos técnicos em calibração e instrumentação são muito rápidas e têm consequências imediatas sobre o perfil dos profissionais, constantemente desafiados pela entrada de novos equipamentos no mercado, como esclarece Roberto Carlos: *Nesses dezesseis anos, passei por uma evolução. Eu conheci o pneumático, o analógico, o digital e os sistemas microprocessados, os sistemas grandes... Quando você vai mudar uma planta de pneumática para eletrônica, você tem que mudar tudo, desde o equipamento. Geralmente é feito assim, converte-se tudo. Eu troco uma planta inteira.*

A mudança foi muito grande. Você tem que começar tendo um pouco de formação em eletrônica, um conhecimento em elétrica, além do conhecimento em pneumática. Você tem que passar por todas as áreas. A instrumentação é igual, a filosofia é igual, mas os equipamentos que fazem a medição e o controle mudam. Você tem que ter uma evolução dentro da sua profissão, porque muda bastante.

Eu vim para cá numa unidade eletrônica; depois, eu passei para uma unidade pneumática. Então, foi um choque grande, praticamente eu tive que aprender pneumática aqui, porque eu não tinha essa formação. Eu era formado em eletrônica, trabalhei com equipamentos eletrônicos em empresas fornecedoras e vim para cá para fazer manutenção. Eu desci dois degraus para continuar subindo... Porque eu estava na eletrônica, algumas unidades passaram de pneumática para eletrônica e depois para sistemas digitais. Então eu tive uma... não foi tão ruim, mas foi um aprendizado bom. (RCS)

Outro profissional também se referiu às mudanças, lembrando que, *inicialmente, os nossos equipamentos eram todos pneumáticos e, hoje, a parte pneumática deve ser menos de 20% do que era antes. Então, passaram a ser equipamentos eletrônicos, eletrônicos analógicos, e, posteriormente, entramos com os digitais e, atualmente, temos uma diversidade enorme de equipamentos aqui na usina, de diversos fabricantes. (DD)*

Assim, considerando-se como tendência determinante a tecnologia vir, cada vez mais, *embutida* no próprio equipamento, o primeiro recurso de que lançam mão as empresas é o treinamento oferecido pelo próprio fornecedor que, graças a isso, mantém e amplia os laços de dependência de seus clientes.

Um recurso de que se valem as indústrias para atualizar os profissionais da calibração e instrumentação consiste na utilização de empresas especializadas em treinamento, vindo, em seguida, os programas de treinamento desenvolvidos no próprio local de trabalho. Além disso, as empresas recorrem, em grande proporção, aos cursos oferecidos pelo SENAI e, em menor escala, à contratação de profissionais externos aos seus quadros.

No caso do SENAI, há o exemplo de um curso organizado especialmente para uma grande empresa do setor de papéis, como informou o diretor de uma escola: *Estamos formando 17 técnicos – eles são eletricistas e estamos dando a formação técnica em instrumentação. A empresa quer o profissional com conhecimentos em mais de uma área; então, nós organizamos o curso para ela. As empresas estão procurando bastante a gente para esse tipo de trabalho. É um atendimento personalizado que a gente dá no nível de treinamento ou a gente oferece como curso, já que, na minha opinião, ninguém consegue ter mais do que uma habilidade ou qualquer formação com treinamento de trinta ou quarenta horas como muita gente faz por aí. É preciso um curso de longa duração, porque tem que sedimentar muito conhecimento; a instrumentação é uma área de tecnologia muito ampla: ela*

*oferece eletrônica, mecânica, pneumática, hidráulica, redes industriais, informática... Não é em trinta ou quarenta horas que você monta um treinamento ou muda um perfil profissional. (LZN)*

Além disso, dentre os procedimentos freqüentemente utilizados para se obter informações atualizadas sobre as inovações tecnológicas que atingem o setor da instrumentação, destacam-se o uso de literatura técnica especializada (livros, revistas, normas técnicas e catálogos), a consulta à internet e a participação em congressos, feiras e exposições setoriais. Sobre isso, deve ser registrado que as indústrias ainda recorrem pouco às informações disponíveis nas escolas técnicas do SENAI (Santos e Campinas, em São Paulo) – que dispõem de bibliotecas, laboratórios e projetos de pesquisa de grande valia para a atualização dos técnicos instrumentistas, para dar assistência técnica às indústrias ou avaliar produtos e equipamentos.

### 2.3 O instrumentista e seu trabalho

Para compor um desenho mais detalhado do universo de trabalho do instrumentista, é sempre importante recorrer à lembrança dos profissionais que, há anos, atuam na área, pois eles vivenciaram diretamente as transformações que atingiram o setor, especialmente decorrentes das transformações tecnológicas que, conforme já se indicou, incidiram sobre a instrumentação e a calibração desde as décadas de 1950-60. Para Luiz Zambon Neto, *o instrumentista surgiu como homem de manutenção, só que, com a evolução tecnológica, ele foi migrando para outros tipos de serviços: projeto, vendas, assessoria, montagem, programação, pesquisa e desenvolvimento. Ele não é, exclusivamente, um profissional de manutenção, porque a manutenção mudou bastante. Hoje, eu não tenho mais a idéia de alguns anos atrás de ter um instrumento para fazer a manutenção de circuito eletrônico do instrumento, porque é inviável eu fazer isso; o custo operacional é muito alto.*

*Então, fica mais fácil eu detectar defeito, fazer a manutenção de primeiro nível e o que for inviável mandar para o fabricante fazer a manutenção, do que ficar na bancada tentando consertar. (LZN)*

No que se refere às habilidades e competências requeridas dos instrumentistas, em linhas gerais, pode-se dizer que elas variam de acordo com o nível profissional (formação/qualificação) de cada um desses técnicos, relacionado às especificidades do setor industrial em que estiver atuando.

Além disso, não há variações consideráveis em decorrência de ser a empresa em que atua o instrumentista uma fornecedora de produtos ou uma prestadora de serviços, já que na definição do perfil dos profissionais raramente variam os conhecimentos, competências e habilidades específicas que deles são requeridos.

Assim, quando se tratar do fornecimento de equipamentos, o instrumentista da empresa fornecedora responde pelo projeto de instalação, pelo dimensionamento e especificação dos equipamentos, pelos controles de possíveis falhas e indicação de ajustes necessários, o que inclui a elaboração de programas e configuração de sistemas. Após a instalação, esses procedimentos devem integrar a rotina de manutenção da empresa receptora, para o que são utilizados seus próprios instrumentistas – treinados a partir dos procedimentos indicados anteriormente (item 2.2., acima) – ou mão-de-obra terceirizada, o que ainda ocorre em pequenas proporções. Aliás, no que se refere à terceirização, é possível perceber uma tendência à sua redução pelas empresas, principalmente como forma de se recuperar a cultura que sempre se perde com esse procedimento.

Por outro lado, no caso de empresa prestadora de serviços de instrumentação, o profissional deve estar capacitado para desenvolver as mesmas atividades requeridas ao técnico da empresa fornecedora, mas aqui ainda não se verifica tendência à terceirização da mão-de-obra.

Em resumo, afirmou um experiente profissional do setor, *o instrumentista tem que ter, além do conhecimento teórico, que é muito importante, algo como se fosse um sexto sentido. Tem que ser um observador e conhecer por dentro os processamentos químicos. Se ele conhece o processo, ele vai conseguir entrar com elementos de ajustes de sintonia de malha para melhorar a performance de um processamento químico; então, o instrumentista tem que ser, inicialmente, um observador. Ele tem que ter noção das tendências, do que pode e o que não pode ocorrer e tem que ter muito cuidado com a segurança. Qualquer mudança no processamento envolve várias visões diferentes: a visão do operador, a visão do químico, a visão do técnico de segurança e a do instrumentista. Então, o instrumentista tem que ter uma visão global de tudo isso para executar uma modificação, para atualização de um sistema qualquer: é um sistema químico, vai produzir um certo produto químico, só que os equipamentos que estão lá são obsoletos, não atendem às expectativas; então, tem que ter a visão de todo mundo para concluir isso porque a gente não vai numa transformação se não tiver o pé no chão. (DD)*

Por tudo isso, não obstante a *juventude* das ocupações que compõem a família ocupacional dos calibradores e instrumentistas, em meio a profissões tão antigas quanto o próprio processo de industrialização, esses profissionais ocupam, hoje, papel central no processo de produção, sendo possível afirmar que essa importância tende a crescer cada vez mais, principalmente em face das constantes e profundas transformações tecnológicas que caracterizam o universo de produção: *O instrumentista, hoje, é um analista de sistema, alguém que conhece muito bem processo, instrumentos e tecnologia e sabe aplicar, sabe manter e sabe projetar. Ele está migrando da manutenção para outros serviços de maior nível dentro da cadeia da área técnica, já que todo o controle do processo de fabricação é feito através do processo de instrumentação. (LZN)*

## 2.4 Calibração – otimização e segurança

Para que um instrumento – independentemente de sua natureza, concepção ou características – possa desempenhar adequadamente suas funções, ele deve estar corretamente ajustado. É fácil entender a importância das operações de calibração dentro da instrumentação, bastando lembrar os danos que uma válvula de segurança ou um medidor de pressão descalibrados podem provocar, seja no que se refere à segurança do trabalho *stricto sensu*, seja no que se refere aos danos de maior escala, relacionados, por exemplo, ao meio-ambiente.

Por isso, embora ainda não se exija que os calibradores e instrumentistas sejam, eles próprios, credenciados para desempenhar suas funções, já é possível perceber uma crescente tendência de se exigir que esses profissionais passem pelos exames do CREA. Quanto às empresas prestadoras de serviços, é possível afirmar que elas recorrem, em sua quase totalidade, a laboratórios de calibração credenciados, enquanto muitas indústrias fornecedoras de equipamentos disponibilizam, elas mesmas, serviços de calibração para seus clientes.

O papel que a calibração desempenha na área da instrumentação pode ser mais bem percebido a partir de alguns exemplos: *Eu quero medir pressão, e para medir pressão eu preciso de um elemento sensor de pressão e um instrumento que vai fazer esse papel. Esse instrumento tem que estar calibrado, tem que estar ajustado ao que ele precisa medir e dentro das características de variação máxima que eu possa ter. Existem alguns processos em que a variação é em torno de décimos, às vezes milésimos, de porcentagem de erro, mas há outras variáveis que podem ser em torno de 1% a 5%, até 10% de erro, mas isso tem que estar de acordo com o tipo de medição que eu estou fazendo e o processo que eu aplico. Então, esse instrumento aplicado ao processo, de tempos em tempos, tem que sofrer o que a gente chama de calibração pelo INMETRO. Quando eu falo em calibração, eu tenho um instrumento que pode ser o voltímetro de um laboratório, pode ser a*

*bomba de gasolina, o medidor volumétrico de combustível, tudo isso tem que ser calibrado, a metrologia manda eu ajustar para ele estar sempre dentro de padrão. Isso que é calibração.*

*A calibração é olhar, comparar se o instrumento que eu estou usando está de acordo com o padrão, que geralmente é um instrumento rastreado num laboratório certificado pelo INMETRO e que é sempre um instrumento mais preciso do que aquele que eu estou calibrando. Agora, imagine se esse instrumento que eu estou calibrando, na hora em que eu fizer a medição, ele começar a dar errado, ele está fora daquilo que deveria estar medindo... É aí que entra uma operação de manutenção, que é o ajuste. E o instrumentista vai fazer o quê? Primeiro, ele pegou o instrumento, calibrou, comparou com o padrão e chegou a um resultado que o fez perceber que a probabilidade de certeza daquele instrumento está fora daquilo que estava determinado para acontecer. É aí que ele vai fazer uma operação de manutenção, que é o ajuste. Ele vai atuar em ajustes eletrônicos e mecânicos do instrumento para fazê-lo ficar dentro dos parâmetros predeterminados. Então, a calibração é uma operação rotineira de um instrumentista, mas quem faz calibração não é só o instrumentista. Por exemplo, quando um mecânico está pegando o calibre e tentando ver se a peça que ele está fazendo está dentro daquele padrão, ele está pegando o gabarito e olhando, e isso também é uma operação de calibração. Se estiver fora, ele vai pôr na máquina de novo para colocar no valor ajustado. Então, na verdade, calibração é uma operação dentro da metrologia, é uma operação metrológica (LZN), podendo ser entendida, de modo resumido, como uma atividade de comparação e ajuste, para manter um determinado instrumento dentro de um valor desejado. (BLCN)*

Além dos aspectos relacionados à otimização dos processos de produção, as operações de calibração, no caso da instrumentação, podem ser associadas à questão da segurança, que é trabalhada desde o período de formação escolar: *Na maior*

*parte das matérias, essas questões são chamadas à tona dentro das atividades com os alunos. Existe uma disciplina que trabalha especificamente essa questão de Medicina e Segurança no Trabalho, mas a parte do meio ambiente, a parte de proteção e segurança é uma coisa integrada a outras disciplinas. (GMB)*

Entretanto, em síntese, a segurança é *intrínseca à formação do profissional*. A segurança é a mesma no caso do profissional da instrumentação, da eletrônica e do mecânico industrial, já que todo funcionário que for trabalhar em uma empresa tem que passar antes por uma formação específica. No caso da indústria nuclear no Brasil, tem risco. Todo funcionário da área ou qualquer cidadão que for trabalhar lá, mesmo que seja na limpeza ou que trabalhe na parte exterior dela, vai passar por um curso de segurança específico da empresa. Partindo para um caso mais comum, da indústria petroquímica ou indústria química, que não tem tanto problema quanto a nuclear, mas onde também há risco, na abordagem que é feita durante o processo já são colocados alguns itens.

Por exemplo, vamos supor alguém retirando um manômetro da linha. Alguns instrumentos são muito simples de regular: tira, põe uma chave, dá um acesso mecânico, força. Na realidade, o cidadão tem que assegurar que a linha esteja realmente vazia. Tem que assegurar que na hora em que ele for tirar o manômetro não vai respingar nada do manômetro no chão, não vai cair nada no chão. A segurança é necessária porque qualquer descuido pode trazer consequências. (BC)

Para outro profissional, a questão da segurança é fundamental para o bom desempenho das funções do calibrador/instrumentista. No caso, referindo-se à indústria química em que atua, David afirmou que a parte de segurança é *uma das coisas mais fundamentais que existem para o instrumentista. Ele tem que ter noção do que pode ocorrer, porque se acontece alguma coisa de errado na indústria química, vai agravar o meio ambiente, vai contaminar pessoas e coisas assim. Então, antes de se fazer qualquer coisa, tem que ter uma visão ampla. O instrumentista*

*tem que ter sensibilidade e, também, reunir-se com as pessoas que vão envolver-se no processamento para ver o que é mais importante a ser feito, mas a segurança vem sempre em primeiro lugar. Além disso, as questões relacionadas à segurança indicam a necessidade do trabalho em equipe, como lembrou o mesmo profissional: O instrumentista tem que ter esse relacionamento com o pessoal da operação, que também tem que ter uma visão do que vai produzir, porque quem produz é o operador e quem vai dar condições para o operador produzir perfeito, com melhor qualidade e sem contaminação do meio ambiente, é o instrumentista, que tem que estar afinado com tudo isso. (DD)*

## 2.5 O mercado de trabalho do instrumentista

No que se refere ao Estado de São Paulo, há dados sobre mercado de trabalho resultantes de pesquisa que o Departamento Regional do SENAI – SP realizou no final da década de 1980, visando à reformulação do curso de instrumentação oferecido pelos Centros de Formação Profissional das cidades de Santos e Campinas, justamente em um momento de grande aumento na demanda por instrumentistas, ainda escassos no mercado.

Na ocasião, apurou-se que a distribuição da mão-de-obra dos profissionais instrumentistas, segundo as regiões administrativas do Estado, indicava que 53,4% dos trabalhadores exerciam suas atividades em empresas localizadas na região metropolitana, vindo, em seguida, as regiões de Campinas (cerca de 20%), São José dos Campos (7,4%), Sorocaba (6,1%), Santos (3,6%), Bauru (2,8%) e região central do Estado (2%)<sup>22</sup>.

Naqueles tempos, quem trabalhava com instrumentação eram os técnicos eletrônicos e eletrotécnicos, além dos engenheiros, *porque era uma coisa bastante dife-*

<sup>22</sup>ROSE, Solange Crepaldi. Op. Cit.

*renciada e nova. Não que ela fosse nova dentro do processo, mas não existia o profissional específico para trabalhar com instrumentação. Então, nos anos de 1970, eu tinha o técnico em mecânica que dentro da própria empresa se especializava, procurava conhecer a instrumentação. (LZN)*

*Ainda hoje é possível perceber essa tendência de que os técnicos em calibração e instrumentação também tenham uma formação básica em áreas da mecânica e da eletricidade, já que ainda é difícil encontrar profissionais prontos no mercado: No caso desta empresa, existe essa dificuldade. Inclusive, foi contratada agora uma pessoa que é formada eletricista pelo SENAI e, também, é instrumentista. Ele tem as duas formações, o que é uma exigência da empresa atualmente, que o camarada entenda das duas coisas. Nós privilegiamos alguém que fez o estágio de instrumentação aqui e ele tem que ter as duas formações, porque ter uma formação só não é suficiente para o que nós precisamos (DD). No mundo da produção, essas duas formações acabam por encontrar-se nos processos automatizados: Por exemplo, o eletricista tem que fornecer energia elétrica para que o equipamento funcione e o instrumentista tem que pegar esses equipamentos, individualmente, e botar para funcionar. Então, precisamos do profissional que faz as duas coisas, que entenda da parte de energia elétrica e saiba utilizar essa energia elétrica. Esta é uma tendência geral de mercado, e é um perfil que a gente está levando a cabo aqui. Todos nós, instrumentistas, temos que saber da parte elétrica e todos os eletricistas têm que saber da parte de instrumentação. (DD)*

Em linhas gerais, é possível perceber uma tendência de que as empresas formem, elas mesmas, os profissionais da calibração e instrumentação de que necessitam. Para tanto, recorrem a técnicos que tenham uma sólida formação teórica inicial, obtida principalmente em escolas técnicas como o SENAI, disponibilizando seus próprios equipamentos para que seja possível desenvolver as aptidões práticas necessárias ao bom desempenho profissional. Os perfis que caracterizam essa importante família ocupacional são desenhados, portanto, a partir da associação entre

uma boa formação técnica básica e uma experiência que só se adquire no mundo da produção, tudo isso amparado e desenvolvido graças ao aperfeiçoamento e treinamento constantes, como se apontou anteriormente (ver itens 2.1. e 2.2.).

Além disso, é importante registrar que, em muitas empresas, convivem equipamentos com características tecnológicas bastante diferenciadas, desde aqueles característicos dos primeiros anos da instrumentação até os mais modernos e sofisticados, o que oferece aos profissionais da área uma espécie de grande escola técnica fielmente correspondente aos setores industriais em que estiverem atuando.



### 3 O Futuro da Calibração e Instrumentação

#### 3.1 A instrumentação hoje<sup>23</sup>

Ao referir-se às transformações que afetaram o perfil dos calibradores e instrumentistas nos últimos quinze ou vinte anos, um profissional da área fez interessante comparação. Para ele, *o perfil de um instrumentista no passado era o perfil do relojoeiro. Era uma mecânica fina, pneumática, alguma coisa assim de manuseio de equipamentos. Posteriormente, com o desenvolvimento dos chips e os equipamentos diversos, houve uma transformação no mundo inteiro. Essa transformação foi de pouco em pouco e, inicialmente, a gente tinha até receio dos eletrônicos: “Será que vai fazer a mesma coisa, a mesma função e tal...”. Então, fomos fazendo testes com equipamentos analógicos e eletrônicos e foram funcionando. O mercado também foi aperfeiçoando-os na questão de preço e outras coisas mais, favorecendo o desenvolvimento. (DD)*

Pode-se dizer que, há cerca de vinte anos, a manutenção dos processos industriais era baseada no reparo, ou seja, consertava-se o sistema substituindo os seus componentes defeituosos. As dificuldades e o transtorno gerados por essa prática eram imensos, principalmente porque causavam a interrupção do funcionamento do sistema para o reparo de dispositivos de variadas naturezas, mecânicos, hidráulicos etc. – o que significava a ociosidade de um instrumento por longos períodos do dia: *A manutenção de sistemas de instrumentação até anos atrás, até décadas atrás, era aquela manutenção entre aspas: “consertar”, ou seja, a pessoa tinha*

<sup>23</sup>O texto de base do início deste subcapítulo e sua problematização devem ser creditados a Marili Bassini, sendo aqui inseridos com pequenas modificações, introduzidas apenas para evitar repetição de considerações já esboçadas em partes anteriores da monografia.

*que retirar o sistema de funcionamento e fazer a intervenção que podia chegar até o reparo de um instrumento qualquer dentro daquele sistema de controle. Reparo de fato. Seja o reparo de um dispositivo pneumático, um dispositivo mecânico, hidráulico ou eletrônico. Era reparo. Identificação da parte com defeito e substituição de componente. Nossa técnico tinha que ser formado com esse objetivo. A mão-de-obra da época, de vinte anos atrás, requeria esse tipo de trabalho por parte do técnico. (BLCN)*

Mas, por conta da evolução tecnológica, com a informatização de circuitos, o desenvolvimento de sistemas e o aperfeiçoamento de instrumentos devido à introdução da eletrônica em maior escala no ramo industrial, a formação do técnico em calibração e instrumentação sofreu modificações que se fazem sentir nitidamente nos dias de hoje, quando a miniaturização dos sistemas, por exemplo, tornou a substituição dos componentes inviável e seu reparo impossível. O que o técnico faz agora é substituir os sistemas inteiros. Assim, se, há décadas atrás, era necessária uma visão mais localizada, hoje, pretende-se uma visão mais global dos sistemas. O instrumento é enxergado como parte de um todo: *A tecnologia evolui, os sistemas evoluíram e ainda evoluem, principalmente as tecnologias eletrônicas. É praticamente inviável um reparo de dispositivo eletrônico. Reparo que eu falo é a substituição de um componente. A miniaturização desses sistemas torna a substituição de componentes inviável.*

Hoje, o reparo, como nós falamos, a manutenção visando a um determinado sistema de controle que deu defeito, a reparação desse sistema não é mais o reparo do componente defeituoso, e sim a substituição do instrumento defeituoso. E um outro enfoque interessante é o seguinte: há vinte anos atrás, a abordagem do reparo era muito pontual, ou seja, não tínhamos muita preocupação com a visão do sistema, e sim com a visão do componente do instrumento. Devido a essa evolução, mudou o enfoque na formação do técnico. Já que ele não troca mais o componente, ele substitui, digamos assim, o instrumento, ele tira o instrumento, ele tem que ter

uma visão mais abrangente, ele tem que ter uma visão do sistema. Ele tem que ter a visão do todo para poder substituir, identificar qual instrumento está com defeito. (BLCN)

O computador é um ótimo exemplo para a visualização do que o coordenador do curso de instrumentação do SENAI de Santos quis dizer com substituição de sistemas. Reservadas as diferenças, a parte de *hardware* de um computador possui diversas placas, nas quais existem variados componentes. Quando um desses componentes apresenta um problema, não se pensa em substituir o componente defeituoso que atrapalha o funcionamento da placa; o que sempre acontece é a substituição da placa inteira, a qual, na maioria das vezes, é simplesmente sucateada. Não serve para mais nada.

Em função dessas novas abordagens, o curso de instrumentação também mudou, passando de uma formação de caráter tecnicista, com ênfase na manutenção, a uma visão sistêmica, ou seja, uma visão do processo: *O enfoque, há vinte anos atrás, era tecnicista e com uma visão na manutenção, no reparo. Hoje, além de ser tecnicista, estimula-se o lado pessoal do profissional. Nós falamos o seguinte: "Você não está aqui sozinho, tem outros colegas que trabalham com você". Isto indica que ele é importante, liderança é importante, trabalho em equipe, ou seja, trabalho em comunidade é importante. Hoje, damos o enfoque da visão sistêmica. E a diferença é quando se repara, se fala em reparo, não é o reparo do componente, e sim o reparo do sistema. Você tem que ter uma visão sistêmica, ou seja, a grande diferença é que naquela época era uma visão mais pontual, e hoje nós temos uma visão mais sistêmica.* (BLCN)

Aqui, vale destacar ainda a questão da informática e, com ela, a da eletrônica, que foram responsáveis por grandes mudanças, não só nos processos industriais, mas no dia-a-dia das pessoas.

Enquanto o sistema operacional Windows foi o grande responsável pela entrada do computador na casa das pessoas, também foi o computador o responsável por um largo movimento no sentido da otimização dos processos industriais, graças principalmente à automação industrial. Com isso, os sistemas microprocessados ganharam espaço e importância no âmbito da indústria, carregando consigo a instrumentação: *Por volta de 1984, a tecnologia de eletrônica começou a ser incorporada nos sistemas utilizados em automação industrial, em que a instrumentação se inclui. Daí para a frente, começaram a evoluir os sistemas microprocessados, que até então eram isolados, para sistemas integrados, e foi esse o grande benefício que a eletrônica micropocessada trouxe para todos esses sistemas.*

*Agora, quando nós nos referimos à informática, começamos a falar de software em nível de usuário, de operadores, em nível de usuário comum. Isso aí começou a ser utilizado por volta do final da década de 1980, mais fortemente no início da década de 1990, quando começamos a utilizar software de supervisão de controle de processo.*

*E a coisa foi evoluindo cada vez mais. Dos softwares individuais, migramos para o ambiente Windows, e mais recentemente nós temos esses sistemas de controle rodando em browser de internet, ou seja, para onde a coisa está caminhando? A instrumentação, a automação, tende a ocupar todo espaço disponível, à medida que se desenvolve a área da informática.*

*A internet vem desde 1992 e chegou ao nível do usuário comum por volta de 1996, 1997. Nós temos aí, por volta de 1999, a automação industrial entrando nesse ambiente de internet. Quando você abre o Internet Explorer lá na sua casa, você poderia obter informações em tempo real, de como está rodando uma determinada planta industrial e se for o caso, você intervir. Ou seja, através da internet, o gerente de uma indústria poderia verificar como está a produção de uma deter-*

*minada máquina de papel, de uma determinada planta de destilação e, se for o caso, intervir por meio do browser de internet. (BLCN)*

Este cenário, destinado a apresentar algumas das principais transformações ocorridas com o desenvolvimento dos processos de automação industrial, deve ser posto contra o pano de fundo determinante da abertura dos mercados que caracteriza, em vários níveis, a economia mundial, o que, obviamente, também exerce influência sobre o comportamento da indústria brasileira de instrumentação. Embora, em casos específicos, haja empresas nacionais que desenvolvem tecnologias bastante avançadas para o setor, os custos de produção dificultam ou inviabilizam sua participação nos mecanismos de concorrência internos ou internacionais, disputados por grandes e poderosos grupos industriais.

Entretanto, qualquer que seja o ponto de observação, parece indiscutível que as tendências apontam para um crescimento cada vez mais acentuado dos usos da instrumentação, entendida sempre como parte integrante, e fundamental, dos processos de automação, nos quais a *inteligência* é distribuída por estações formadoras dos sistemas que compõem o processo industrial, entendendo-se essa inteligência como o volume de informações precisas e confiáveis que podem ser acessadas e disponibilizadas a distância, com o uso da fibra óptica ou mesmo pela transmissão por satélite ou em estações remotas, em que o controle dispensa fios ligados a fontes convencionais de energia.

Obviamente, todas essas transformações interferem diretamente no mundo da fábrica, o que não quer dizer que os sistemas chamados *convencionais* não sobrevivam, convivendo com as plantas industriais formadas por equipamentos concebidos a partir de modernas tecnologias, anunciando novos formatos para as fábricas, que trazem para o presente sinais que antecipam o futuro.

## 3.2 Perspectivas

Até as portas da fábrica, as matérias-primas chegam transportadas por caminhões que se parecem, em tudo, com aqueles que vemos trafegar pelas estradas do País. Mas, a partir daí, começam as profundas diferenças. Os caminhões são descarregados automaticamente por veículos automáticos – os AGVs, ou *Automatic Guide Vehicles*, orientados por um sistema de navegação a laser – que transportam as matérias-primas até os armazéns, igualmente automáticos. Dentro da fábrica, mais de três mil contentores, movidos por um transelevador seguido de perto pelos AGVs, transportam o material até os diferentes setores da produção. Sistemas inteligentes orientam os AGVs para que eles atendam aos pedidos que vêm de uma centena e meia de estações, ou pontos de carga e descarga, espalhados pela planta da fábrica.

Cada AGV tem cerca de três metros de comprimento, um de largura e dois de altura, confirmado sua posição a partir de espelhos que refletem o laser. Esses espelhos chegam a refletir vinte sinais por segundo, o que permite um acompanhamento seguro de cada AGV praticamente ininterrupto.

O resultado desse sistema de automação, que custou cerca de 2,5 milhões de dólares, foi a duplicação da produção, e quando se pensa que este é um projeto para o futuro, devemos saber que ele já funciona na Europa e Estados Unidos desde 1997-1998, tendo sido introduzido numa grande cutelaria gaúcha em meados do ano 2000.<sup>24</sup>

Em todo esse sistema de automação, a instrumentação aparece de ponta a ponta, ampliando e sofisticando o espectro de atividades abrangidas por esta família ocupacional, o que talvez modifique, no futuro próximo, sua própria denominação, para melhor adequá-la às funções de profissional de automação de processos, que é o que de fato caracteriza suas atividades no processo de produção.

<sup>24</sup>Cf. *Soluções industriais Siemens*, ano 2, n. 7, maio 2001.

Além da tendência à automação crescente, pode-se antever uma ampliação da robótica atingindo todos os setores em que atuam os profissionais da calibração e da instrumentação, o que redefinirá os perfis ocupacionais dos técnicos que atuam na área, fazendo com que os desafios da profissão ultrapassem os limites tradicionais do mercado para ganhar fronteiras pouco visíveis, mas presentes.

O resultado de todo esse processo será a integração dos sistemas, e aí também a instrumentação desempenhará função-chave. Graças a isso, o controle de todo o processo poderá ser feito a distância, como já acontece em muitas indústrias, nas quais, graças a sistemas inteligentes, um operador acompanha e supervisiona todo o trabalho de enormes unidades produtivas, a partir de estações. Entretanto, isso ainda não dispensa o trabalho de manutenção dos equipamentos no campo, tais como transmissores, válvulas, termostatos ou manômetros, embora já existam, hoje, sistemas que possibilitam a realização de manutenções à distância feitas pelo próprio operador.

Para fora das fábricas, é possível prever o funcionamento de todos os semáforos de uma cidade submetido ao controle de um ambiente central, como já acontece em algumas grandes rodovias, onde tornou-se dispensável a presença de policiais para vigiar o cumprimento dos limites de velocidade ou notificar a ocorrência de congestionamentos ou acidentes. Do mesmo modo, casas, prédios e escritórios *inteligentes* espalham-se pelas cidades, funcionando a partir de sistemas automatizados que controlam desde a iluminação e temperatura até o funcionamento de telefones, elevadores e equipamentos – tudo graças à ubíqua presença de sofisticados e minúsculos *instrumentos*, controlados por operadores igualmente invisíveis e cada vez mais responsáveis para que nada semelhante ao quadro trágico com que se abre esta monografia atinja nossos ambientes de vida e trabalho.



# 4 Referências

## 4.1 Livros

- BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Políticas de Emprego e Salário. *Classificação Brasileira de Ocupações*. 2. ed. Brasília, 1994.
- BURLINGAME, Roger. *Máquinas da democracia: as invenções e suas influências sociais nos Estados Unidos*. Trad. Monteiro Lobato. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1942.
- DUCASSÉ, Pierre. *História das técnicas*. 2. ed. Lisboa: Publicações Europa-América, 1962.
- ECO, Umberto. *Viagem à irrealidade cotidiana*. Trad. Aurora Fornoni Bernardini e Homero Freitas de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984.
- GATTÁS, Ramiz. *A indústria automobilística e a segunda revolução industrial no Brasil: origens e perspectivas*. São Paulo: Prelo, 1981.
- PASSADO, presente e futuro da instrumentação no Brasil. *Instec – Instrumentação e controle de processos*. Rio de Janeiro, n. 50, dez., 1991.
- SENAI/SP. *O giz e a graxa: meio século de educação para o trabalho*. São Paulo, 1992.
- ROSE, Solange Crepaldi. *Sistemas de trabalho relacionados à instrumentação, automação e controle de processos industriais*. São Paulo: SENAI/SP, 1999.
- SOLUÇÕES industriais Siemens, São Paulo: ano 2, n. 7, maio 2001.

## 4.2 Entrevistas

1. ACR Antônio Carlos Rodrigues  
Escola SENAI “Antônio de Souza Noschese” - Santos (SP)
2. BLCN Benedito Lourenço Costa Neto  
Escola SENAI “Antônio de Souza Noschese” - Santos (SP)
3. BC Benedito Correa  
Escola SENAI “Antônio de Souza Noschese” - Santos (SP)
4. DD David Dantzger  
Rhodia – Usina Química de Paulínia – Paulínia (SP)

5. GMB Geraldo Machado Barbosa  
Escola SENAI “Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini” Campinas (SP)
6. LZN Luiz Zambon Neto  
Escola SENAI “Prof. Dr. Euryclides de Jesus Zerbini” Campinas  
(SP)
7. RCS Roberto Carlos dos Santos  
Rhodia – Usina Química de Paulínia – Paulínia (SP)



**SENAI/DN**  
**GETEP – Unidade de Gestão Tendências e Prospecção**

*Luiz Antonio Cruz Caruso*  
Coordenador

**Equipe Técnica**

Anésia Barradas	SENAI/DN
Cristiane Zumpichiati dos Santos	SENAI/DN
Dario do Amaral Filho	SENAI/SP
Ivete Tiyomi Ida	SENAI/SP
José Ayrton Vidal Júnior	SENAI/PR
Marcos José de Moraes Silva	SENAI/SP
Márcia Helena de Lima	SENAI/SP
Nair Aparecida A. Figueiredo	SENAI/DN
Robison Luiz Gionedes	SENAI/PR

**COINF – Unidade de Conhecimento Informação Tecnológica**

*Fernando Ouriques*  
Normalização Bibliográfica

---

*Paulo Celso Miceli*  
Consultoria (Coordenação de Pesquisa e Texto)

**Equipe de Pesquisa**

Janaína Camilo  
Marili Bassini

*Roberto Azul*  
Revisão ortográfica

*Image Up*  
Projeto Gráfico e Diagramação