



Mecânica de Precisão no Paraná

MECÂNICA DE PRECISÃO NO PARANÁ

CONVÊNIO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNO-
LOGIA - MCT
CONSELHO ESTADUAL DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA - CONCITEC

CURITIBA

MARÇO/1990

I59 Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômi-
co e Social - Fundação Edison Vieira.
Mecânica de precisão no Paraná / Instituto Pa-
ranaense de Desenvolvimento Econômico e Social -
Fundação Edison Vieira. - Curitiba, 1990.
85p.
Convênio Ministério da Ciência e Tecnologia,
CONCITEC.

1. Mecânica de precisão. 2. Indústria eletrôni-
ca. 3. Paraná.

CDU 621(816.2)

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

ÁLVARO DIAS - Governador

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL

FRANCISCO DE B.B. DE MAGALHÃES FILHO - Secretário

HEITOR WALLACE DE MELLO E SILVA - Diretor Geral

IPARDES-FUNDAÇÃO ÉDISON VIEIRA

DOMINGOS DE GUSMÃO VAN ERVEN - Diretor-Presidente

NEI CELSO FATUCH - Secretário Geral

MARIA CRISTINA COLNAGHI - Coordenadora de Pesquisa

MARCO ANTONIO PINHEIRO - Coordenador do Centro Estadual de Estatística

MARIZA CHRISTINA KLOSS - Coordenadora do Centro de Treinamento para o Desenvolvimento

EQUIPE TÉCNICA

Sandra Francis Zisman (economista) - coordenadora

Cirilo Schenkel (economista)

Jerônimo Paulo da Cunha P. de Meira (economista)

CONSULTORIA

FRANCO VIDOSSICH (engenheiro mecânico) - consultor industrial da UNIDO

COLABORAÇÃO

Marcos Rodacoski (engenheiro mecânico) - CEFET

Luis Carlos Prates (técnico em mecânica) - CEFET

Rui Nakamura (técnico de metrologia) - TECPAR

APOIO TÉCNICO OPERACIONAL

Maria Dirce Marés de Souza (normalização bibliográfica)

Maria Cristina Ferreira (editoração), Margareth de Souza Freitas (revisão),

Norma Consuelo dos Santos (processamento de texto), Stella Maris G. de Araujo

(desenho), Iara Regina Teixeira (capa), Rubens Iatzak (reprografia)

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| LISTA DE SIGLAS..... | iv |
| APRESENTAÇÃO..... | vii |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1 MECÂNICA DE PRECISÃO: CONCEITUAÇÃO E ABRANGÊNCIA..... | 8 |
| 1.1 A SUBDIVISÃO DO CAMPO DIMENSIONAL..... | 9 |
| 2 METODOLOGIA DA PESQUISA..... | 14 |
| 2.1 SELEÇÃO DAS EMPRESAS VISITADAS..... | 14 |
| 2.2 FORMULÁRIO ADOTADO..... | 16 |
| 3 A MECÂNICA DE PRECISÃO NO PARANÁ..... | 24 |
| 3.1 RESULTADO DA PESQUISA JUNTO ÀS EMPRESAS..... | 24 |
| 3.2 INFRA-ESTRUTURA INSTITUCIONAL..... | 35 |
| 4 ESBOÇO DE UM PROGRAMA PARA O DESENVOLVIMENTO DA MECÂNICA DE PRECISÃO E DE ALTA PRECISÃO NO PARANÁ..... | 40 |
| 4.1 CENÁRIO POSSÍVEL DA IEM BRASILEIRA PARA O ANO 2000..... | 41 |
| 4.2 UM CENÁRIO POSSÍVEL E RECOMENDÁVEL PARA A IEM DO PARANÁ NO ANO 2000..... | 45 |
| ANEXO 1 - LISTA DE PRODUTOS QUE EXIGEM A PARTICIPAÇÃO DA MICROMECAÂNICA..... | 50 |
| ANEXO 2 - FORMULÁRIO ADOTADO..... | 58 |
| ANEXO 3 - EMPRESAS ENTREVISTADAS..... | 74 |
| GLOSSÁRIO..... | 80 |
| NOTAS DE REFERÊNCIA..... | 84 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 85 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------------|---|
| ABIMAQ | - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas |
| BADEP | - Banco de Desenvolvimento do Paraná |
| CAD | - Computer Aided Design |
| CAD/CAM | - Integração entre a concepção CAD e a fabricação |
| CAI | - Computer Aided Instruction |
| CAM | - Computer Aided Manufacturing |
| CAPES | - Coordenação para Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CDN | - Computer Design Networks |
| CERTI | - Fundação Centro Regional de Tecnologia em Informática de Santa Catarina |
| CITPAR | - Centro de Integração de Tecnologia do Paraná |
| CN | - Controle Numérico |
| CNC | - Comando Numérico Computadorizado |
| CNPq | - Conselho Nacional de Pesquisa |
| COMECOM | - Conselho Econômico de Assistência Mútua |
| CONCITEC | - Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia |
| COQ | - Custo da Obtenção da Qualidade |
| CTA | - Centro Técnico Aeroespacial |
| CTI/TECPAR | - Centro de Tecnologia Industrial do Instituto de Tecnologia do Paraná |
| DEM-IPT | - Departamento de Elétrica e Mecânica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas |
| DNC | - Direct Numerical Control |

| | |
|----------|--|
| EAC | - Ensino ou Reciclagem Assistido por Computador (na empresa) |
| EMC-UFSC | - Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina |
| FATEC | - Faculdade de Tecnologia de São Paulo |
| FINEP | - Financiadora de Estudos e Projetos |
| FMS | - Flexible Machining System |
| IEL/FIEP | - Instituto Evaldo Lodi da Federação das Indústrias do Estado do Paraná |
| IEM | - Indústria Eletromecânica |
| ISO | - International Standard Organization |
| MCT | - Ministério da Ciência e da Tecnologia da Presidência da República (órgão extinto em 1989, sendo substituído pela SECT) |
| MUM | - Methodology for Unwarred Machine Shop |
| OCDE | - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico |
| P&D | - Pesquisa e Desenvolvimento |
| PMQ | - Plano de Melhoramento da Qualidade |
| SE | - Sistema Expert |
| SECT | - Secretaria Especial de Ciência e Tecnologia |
| SENAI | - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial |
| SIAD | - Sistema Interativo de Ajuda à Decisão |
| SINDIMAQ | - Sindicato Nacional da Indústria de Máquinas |
| SMP/SECT | - Secretaria de Mecânica de Precisão da Secretaria Especial de Ciência e Tecnologia |
| TGAC | - Tecnologias de Grupo Assistidas por Computador |
| TQC | - Total Quality Control |

- TQUC - Testes Automáticos de Qualidade Assistidos por Computador
- UFPR - Universidade Federal do Paraná
- UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
- UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (Rio Claro)
- UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
- USP - Universidade de São Paulo
- VA - Valor Agregado

APRESENTAÇÃO

Este trabalho vem dar continuidade à série de estudos realizados pelo IPARDES na área de novas tecnologias industriais (biotecnologia, novos materiais e microeletrônica), em resposta às preocupações governamentais relativas ao planejamento em ciência e tecnologia.

Tendo em vista a crescente importância das tecnologias vinculadas à mecânica de precisão para o desenvolvimento da indústria eletromecânica, as quais, através de melhorias nos projetos e na produtividade, vêm determinando crescentemente a competitividade das empresas desse setor, este estudo visa avaliar suas possibilidades de difusão no Paraná. Além disso, pretende fornecer subsídios para a formulação de um programa estadual em mecânica de precisão, que, somando-se aos demais levantamentos realizados em outras unidades da Federação, contribuirá para a definição das diretrizes do Programa Nacional de Mecânica de Precisão.

Além do convênio com a SMP/SECT e com o CONCITEC, este trabalho contou com a consultoria técnica do Dr. Franco Vidosich e com a colaboração do CTI/TECPAR e CEFET.

INTRODUÇÃO

Desde o momento em que o homem passou a construir objetos com as próprias mãos, com ferramentas ou com máquinas, dando geometria funcional à matéria, estabeleceu-se o desafio da precisão e da alta precisão. Porém, foi a partir da evolução das máquinas-ferramentas, das ferramentas e dos instrumentos de medição que foi possível reduzir, paulatinamente, as tolerâncias de trabalho. Em dois séculos, essa tolerância passou de vários milímetros a frações de milésimos de milímetro.

No início do século XX, motivada pela Primeira Guerra Mundial, a fabricação de aviões, motores de combustão e motores elétricos pelos países desenvolvidos deu início aos primeiros refinamentos na área de mecânica. Durante a Segunda Guerra Mundial, a eletricidade sofreu um grande avanço nos campos eletromecânico e eletrônico.¹ O desenvolvimento da eletromecânica exigiu maior refinamento dos componentes mecânicos, dando origem à geração maciça de mecânica fina. A eletrônica, por sua vez, propiciou um aumento da precisão das máquinas e equipamentos, reforçando a mecânica de precisão.²

No final da década de 50, as eras espacial, nuclear e da computação, bem como a bioengenharia, (...) exigem o desenvolvimento de instrumentos de medidas altamente sensíveis e confiáveis. Na década de 60, toma-se consciência da necessidade de projetos e fabricação de instrumentos e de máquinas de alta precisão e dimensões reduzidas.³

A tolerância na faixa de micrometros, antes só alcançada em condições muito especiais, está cada vez mais difun-

dida em vários segmentos da indústria, através da utilização de máquinas-ferramentas, com controle numérico computadorizado - CNC. Nos setores da IEM, ligados à microeletrônica, informática e telecomunicações, e nos setores produtores de máquinas-ferramentas, máquinas, aparelhos e dispositivos de medição e outros equipamentos de precisão, as exigências de alguns itens são bem maiores, atingindo atualmente tolerâncias da ordem de até milésimos de micron (nanômetro).

Os produtos que se utilizam de tecnologias ligadas à mecânica de precisão, com destaque para a micromecânica (área da mecânica de precisão voltada especificamente para a produção de micropeças), vêm-se desenvolvendo a um ritmo crescente e maior que o resto dos produtos que compõem o universo das IEM. Um dos aspectos visíveis desta realidade é a crescente diversificação das matérias-primas, semi-elaborados e componentes e processos no campo da microeletromecânica e da mecatrônica vinculados tanto a produtos que exercem funções já conhecidas, como àqueles que são lançados para exercerem novas funções.

De fato, atualmente, observa-se um período de marcada fertilidade na composição de novos produtos, novas funções, especialmente nos setores da indústria que se baseiam em tecnologia eletrônica, a maioria dos quais vem impondo uma elevada pressão sobre a precisão de manufatura em geral e, especialmente, em tudo o que diz respeito à miniaturização.

Os novos produtos se enquadram na mecatrônica (mecânica de precisão e alta precisão, intimamente ligadas à eletrônica), na fotrônica ou optoeletrônica (óptica e eletrônica combinados), na burótica (produtos para escritório, derivados

do uso da eletrônica) e na usinica, derivada da introdução, hoje ampla e sistemática, da eletrônica nos controles das operações de usinagem.

Embora em proporções bastante inferiores, também os produtos mais tradicionais - elétricos, mecânicos, ou eletromecânicos - ganharam, através da incorporação de tecnologias eletrônicas vinculadas à alta precisão, performances antes não suspeitadas, assegurando, assim, um salto na evolução da própria função, que se pensava já estacionária.

Os países detentores de grandes IEM já consideram a mecânica de precisão como tecnologia e cultura indispensáveis para o desenvolvimento de suas indústrias e para a manutenção de sua competitividade que, neste novo ciclo de desenvolvimento, depende basicamente do padrão tecnológico da produção. Japão, Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha são exemplos de países que investem maciçamente em P&D nesta área.

A IEM brasileira, com seus 1,2 milhão de pessoas ocupadas,¹ situa-se hoje, em termos dimensionais, em 7º lugar quando comparada à dos países da OCDE,^{*} em 8º lugar, considerando-se a dos países do COMECON^{**} e em 9º lugar, se comparada também à dos países do Terceiro Mundo (neste caso, após a China Continental).

As tecnologias ligadas à mecânica de precisão assumem um papel estratégico na consolidação da IEM brasileira e até de outros setores da indústria nacional, na medida em que setores como o de bens de capital - responsável pela qualidade e

^{*}São membros da OCDE: os 18 países europeus, Austrália, Canadá, EUA, Japão e Turquia.

^{**}São membros do COMECON: Bulgária, Hungria, Iugoslávia, Mongólia, Polônia, R.D.A., Romênia, Tchecoslováquia e URSS.

confiabilidade dos processos de produção do conjunto da indústria -, o de instrumentação, o aeronáutico e o de informática se tornam cada vez mais dependentes das técnicas de precisão. Este último, através da Política Nacional de Informática e de sua meta de nacionalização de insumos, vem, desde meados de 1970, assumindo uma grande importância enquanto criador de mercado nacional para produtos e serviços de micromecânica.

Mesmo em setores mais tradicionais da IEM brasileira, a utilização de equipamentos com CNC e de aparelhos de medição, vistos como sofisticação até alguns anos atrás, tem-se tornado uma necessidade para se atingirem níveis maiores de qualidade e de produtividade.

Não existem dados sistematizados capazes de dimensionar a fração da IEM brasileira vinculada à mecânica de precisão, por um lado, devido à utilização dessas técnicas em uma grande variedade de ramos e produtos com diferentes graus de intensidade e, por outro, em função da novidade que representa a atenção especial que esta área vem recebendo no Brasil, através da Secretaria da Mecânica de Precisão da Secretaria Especial da Ciência e da Tecnologia (antigo MCT), criada em meados de 1987.

Entretanto, em alguns levantamentos como o da comissão especial instituída pela Secretaria Especial de Informática do MCT em 1982 - que pesquisou a capacidade de o parque industrial brasileiro de mecânica fina fornecer partes, peças e componentes necessários às empresas de área de informática; o do CERTI, concluído em 1987 sobre a mecânica de precisão no

Brasil, com o apoio da SMP, e em seminários* realizados, foram delineadas as principais características e as carências da mecânica de precisão no Brasil.

Constatou-se que as empresas fabricantes de produtos de precisão no País são, em geral, multinacionais ou nacionais com tecnologia estrangeira, e que não há um grande número de ferramentarias e de produtores de peças e de componentes de alta qualidade disponíveis para atender essas indústrias. Isto decorre de diversos fatores, entre os quais estão a reduzida disponibilidade de máquinas e equipamentos de alta qualidade; falta de rigor no cumprimento do projeto, carência de mão-de-obra especializada, ausência de P&D, etc. O usuário vê-se, em geral, forçado a se tornar seu autofornecedor, verticalizando sua produção para suprir a falta de fornecedores de componentes e sistemas de precisão com qualidade, prazo de entrega e custos adequados.

Em muitos casos, a produção nacional de componentes de precisão é inviável, seja pela pequena escala de produção, seja pela dificuldade de aquisição de ligas e materiais especiais, ou ainda pelo grande vulto dos investimentos com retorno a longo prazo.

Outro problema que permeia este setor é o da carência de escolas técnicas de nível médio. A Escola Suiço-Brasileira do SENAI, fundada em 1972, em São Paulo, com a cooperação técnica de equipe suíça, é a que mais se destaca na formação de técnicos de nível médio em mecânica de precisão. Em São Leo-

*Seminário para planejamento estratégico - diretrizes para um programa de mecânica de precisão organizado pela FINEP e MCT, realizado no Rio de Janeiro em setembro de 1987, e 1º Simpósio Brasileiro de Mecânica de Precisão, realizado em São Paulo, em março de 1988, promovido pelas ABIMAQ/SINDIMAQ e SMP-MCT com patrocínio da FINEP/MCT.

poldo/RS, o SENAI dispõe de um Centro de Tecnologia de Precisão.

Na área do ensino superior, a Escola de Engenharia de São Carlos/SP oferece, desde 1983, curso de graduação em mecânica fina e, desde 1986, curso de pós-graduação nessa área. Outras universidades começaram recentemente a introduzir cursos específicos ligados à mecânica de precisão, para suprir a grande carência que existe também nesse setor: curso de mecatrônica no Departamento de Mecânica da USP; formação em mecânica de precisão na UNESP; Curso Superior de Mecânica de Precisão na FATEC e área de concentração em mecânica de precisão no curso de graduação em Engenharia Mecânica na UFSC. Uma das dificuldades encontradas por esses cursos, além dos custos dos equipamentos, reside na formação de um corpo docente de alto nível. Nesse sentido, bolsas de estudo no exterior têm sido oferecidas por órgãos como o CNPq e a CAPES.

Quanto às atividades de P&D, além do Instituto de Mecânica Fina da USP, em São Carlos, que se destaca em termos de programa e infra-estrutura operacionalizada, há uma série de instituições (EMC-UFSC, DEM-IPT, Instituto de Estudos Avançados do CTA, Instituto de Física da USP, Centro de Tecnologia da UNICAMP, Grupo de óptica de Raio-X e Instrumentação Científica da UFPR, entre outros) que, geralmente por iniciativa de algum pesquisador, desenvolve algum trabalho específico em mecânica de precisão.⁵

A indústria, por sua vez, também não possui uma estrutura de P&D satisfatória, entre outras razões, pela importação de sucessivos pacotes tecnológicos, o que inibe o desenvolvimento da capacitação nacional. O que existe em algumas empre-

sas são esforços para aperfeiçoamento do produto e do processo, algumas vezes em conjunto com universidades ou centros de pesquisa.⁶

A mecânica de precisão nacional atende, até o momento, somente ao projeto e à fabricação de peças com tolerâncias dentro do campo do micrometro. Produtos considerados de alta precisão, como cabeçotes de gravação e impressão, escalas eletroópticas, prismas e espelhos, filmes finos, etc. ainda não são desenvolvidos no Brasil, pois necessitam, para sua fabricação, de tecnologias com precisão de décimos de micrometros, ainda não disponíveis no País.⁷

A necessidade de um mapeamento detalhado sobre a mecânica de precisão no Brasil levou a SMP-MCT a efetuar convênios em vários estados do País para detectar as carências e potencialidades de cada um, bem como para obter uma relação, a mais completa possível, de empresas e instituições ligadas à mecânica de precisão, a fim de enriquecer o Catálogo Brasileiro de Fabricantes de Componentes e Sistemas e Prestadores de Serviços em Mecânica de Precisão.⁸ É nesse contexto que se insere a pesquisa sobre o parque paranaense ligado à precisão.

⁸Em 1988 foi editado pela primeira vez o Catálogo Brasileiro de Fabricantes de Componentes de Sistemas e Prestadores de Serviços em Mecânica de Precisão, pela SMP-MCT.

1 MECÂNICA DE PRECISÃO: CONCEITUAÇÃO E ABRANGÊNCIA

A precisão praticamente nunca foi vista como uma disciplina independente, pois, até o campo centesimal (centésimo de milímetro), os conhecimentos sempre se encontraram fracionados entre os fabricantes dos meios de produção, os de metrologia e os produtores de ferramentas, tudo razoavelmente integrado pelos escritórios técnicos de projeto. Mas, com a entrada no cenário mundial do milésimo e do decimilésimo de milímetro, e até de frações menores, a precisão passou a ser vista como uma disciplina que cuida desde os problemas de Projeto e Fabricação, até a Medição e o Controle de peças e equipamentos que têm em comum grandes exigências quanto à acuracidade dimensional.

Os processos de fabricação envolvidos na geração dos componentes de precisão são fundamentalmente os mesmos da mecânica convencional - torneamento, retificação, polimento, estampagem, fundição, etc. - praticados, no entanto, através da utilização de equipamentos e técnicas mais sofisticadas, em um nível de aprimoramento bastante superior.*

São numerosos os casos em que problemas de precisão se concentram em questões de infra-estrutura, por exemplo, nos moldes e na obtenção de semi-elaborados, enquanto o produto em si está fora da faixa considerada de precisão."

*No item 2.2 encontra-se uma relação de serviços de infra-estrutura tecnológica ligados à precisão.

As tecnologias vinculadas à mecânica de precisão contribuem tanto para a produção de itens estritamente mecânicos de alta precisão - estampos, partes mecânicas de relógios, blocos padrões -, como para a produção de produtos eletrônicos e ópticos.

Na eletrônica, a mecânica de precisão contribui, por exemplo, para a preparação de substratos semi-condutores e para a produção e medida de filmes superfinos. Já na óptica, um exemplo de sua contribuição se verifica na produção de lentes esféricas para câmeras, compact discs, superfícies planas sem polimento e lapidação (espelhos para laser de alta potência) e na confecção de fibras óticas e seus conectores usados em telecomunicações.⁹

Por outro lado, o desenvolvimento da óptica e da micro-eletrônica vem propiciando maior precisão às máquinas e equipamentos, através da incorporação de dispositivos automáticos de medição e de correção, o que fortalece a mecânica de precisão. A interligação entre essas tecnologias - óptica, eletrônica e mecânica de precisão - é bastante intensa nos novos produtos da IEM mundial.

1.1 A SUBDIVISÃO DO CAMPO DIMENSIONAL

A fronteira entre preciso e menos preciso ou fora do campo da precisão não obedece a um conceito absoluto. Trata-se de um conceito móvel, variando com a evolução da técnica e com os objetivos a serem alcançados. Em vista disso, apresenta-se a seguir a divisão a ser considerada neste trabalho.

Para tal fim, subdividiu-se o campo das tolerâncias de interesse da IEM em várias faixas representativas das tolerân-

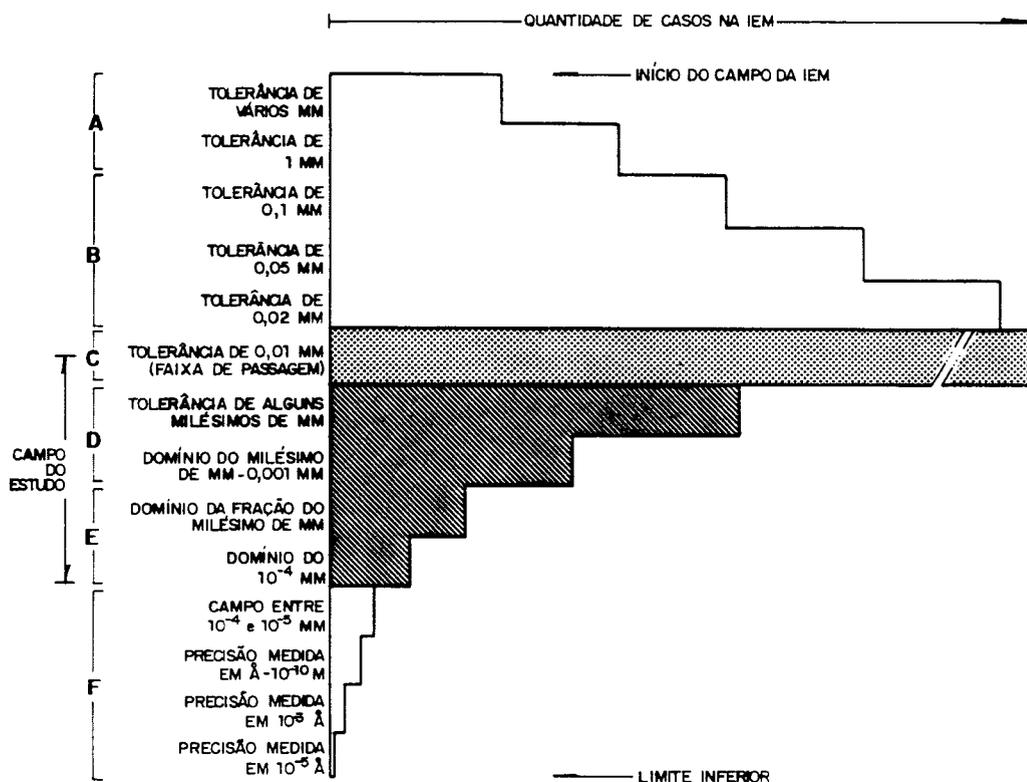
cias de trabalho em uso na manufatura de qualquer tipo de produto eletromecânico. São elas:

- a) **faixa grosseira** - tolerância maior ou igual a 1mm - campo de execução fácil com tolerância folgada encontrada tanto em dimensões em bruto - nas fundições - como em trabalhadas;
- b) **faixa de fácil execução** - tolerância de 0,1 mm a 0,02 mm - caracteriza os primeiros passos no fracionamento do milímetro e, nesse aspecto, já envolve numerosos processos de manufatura. De modo geral, a mecânica pesada e a semi-pesada ainda permanecem nesta faixa;
- c) **faixa de transição** - tolerância de 1 a 2 centésimos de milímetro (0,01 mm a 0,02 mm) - este segmento marca a transição entre a tolerância "folgada" e a tolerância "estreita", campo este que, grosso modo, poderia se identificar com a faixa sete da International Standard Organization (ISO 7). Este segmento é, sem dúvida, o de maior utilização em toda a indústria eletromecânica;
- d) **faixa de precisão** - tolerância de alguns milésimos de milímetro (microns) - representa a segurança no domínio da fração do centésimo de milímetro e o caminho para o domínio de um único milésimo de milímetro, já sendo considerada faixa de precisão;
- e) **faixa de alta precisão** - tolerância de frações do milésimo até o domínio inferior do decimilésimo de milímetro - é utilizada pela indústria microeletrônica;

f) faixa de ultra precisão - ao decimilésimo de milímetro - esta faixa corresponde à ultra precisão e é utilizada apenas em alguns produtos especiais e na produção em nível laboratorial.

A figura 1 ilustra todos os segmentos de precisão que compõem o campo da IEM, relacionando-os, no eixo vertical, à quantidade de casos ou de usos na IEM. Trata-se apenas de uma configuração de caráter didático, que mostra como se relacionam os diversos campos entre si em termos de números de casos.

FIGURA 1- CAMPOS DE TOLERÂNCIA DA INDÚSTRIA ELETROMECCÂNICA

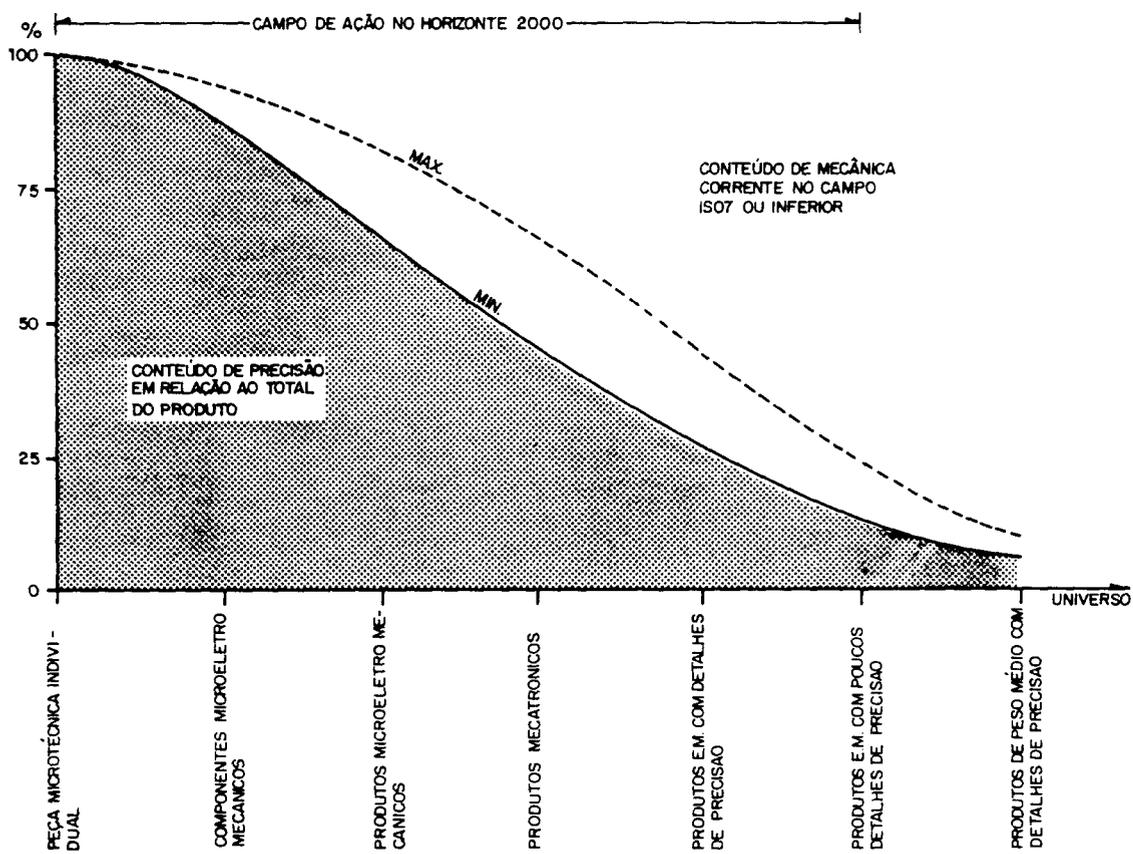


- A :- MECÂNICA ULTRA PESADA, ARTESANIA, FUNDIÇÕES
- B :- MECÂNICA EM GERAL - MECÂNICA PESADA E SEMI-PESADA
- C :- QUASE TODA A IEM E PRATICAMENTE TODOS OS SETORES INDUSTRIAIS
- D-E :- ELETROMECCÂNICA DE PRECISÃO E ALTA PRECISÃO
- F :- PRODUTOS ESPECIAIS E CAMPO DA FÍSICA

A este respeito cabe frisar que é muito raro que os produtos ou componentes se realizem integralmente num único campo de precisão.¹⁰ A precisão e a alta precisão sempre convivem, nas proporções mais variadas, com outros campos de precisão mais abertos. Este fato obriga que se considere uma variedade muito ampla de produtos para descobrir a localização do campo de precisão e em que proporções participa no produto.

A figura 2 mostra o percentual de precisão envolvido em cada categoria de produtos. Uma peça microtécnica, tomada individualmente, é 100% fruto de técnicas de precisão (ex.: agulha de bússola). Componentes e produtos microeletromecânicos apresentam em torno de 75% do seu conteúdo, tanto em termos de valor quanto em número de horas trabalhadas, provenientes de técnicas de precisão (ex.: eixos com mola para pulseira de relógio e relógio convencional). Produtos chamados mecatrônicos apresentam, em média, um conteúdo de 50% de mecânica de precisão envolvidos em sua produção (ex.: aparelhos eletrônicos medidores de grandezas físicas). Além dos produtos pertencentes a essas categorias, existem muitos outros que também podem ser considerados de precisão, incluindo em seu conteúdo até 25% de detalhes de precisão (ex.: máquinas de costura).

FIGURA 2- CONTEÚDO DE MECÂNICA DE PRECISÃO POR TIPO DE PRODUTO



2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa realizada no Paraná procura, através da aplicação de um questionário junto às empresas e instituições selecionadas, identificar grande parte dos problemas de mecânica de precisão vistos dentro de uma ótica ampla e nacional, bem como tecer comparações com os países industrialmente avançados, como os da OCDE, em termos de suas estruturas tecnológicas, para, posteriormente, recomendar medidas visando à redução do gap existente entre os mesmos. Esta metodologia ficará clara a partir dos comentários relativos ao formulário adotado.

2.1 SELEÇÃO DAS EMPRESAS VISITADAS

A pesquisa de campo procurou considerar os segmentos da precisão e da alta precisão, assim como o segmento centesimal ou de ISO 7, na medida em que este último existe "a montante" da precisão e pode ser considerado de transição ou de preparação para esta.

Para a seleção das empresas visitadas, foram feitos, no mês de janeiro de 1989, contatos iniciais com todas as empresas catalogadas nos cadastros estaduais, cujos setores de atuação se caracterizam pela utilização de técnicas de precisão, bem como com empresas não-cadastradas, mas indicadas por outras demandantes de seus serviços ou produtos (ver anexo 1).⁴⁴ Dentre essas empresas, foram visitadas, no primeiro se-

mestre de 1989, aquelas identificadas como produtoras de bens e serviços, cujo processo de fabricação interno necessitava de precisão na faixa de milésimos de milímetro. Desta forma, acredita-se que o grupo de empresas entrevistadas se aproxima do universo das empresas ligadas à precisão no Paraná (ver anexo 2).

As empresas foram classificadas de acordo com as seguintes categorias:

- a) ferramentarias - são empresas voltadas para a prestação de serviços tecnológicos tais como a fabricação de estampos, gabaritos, moldes e dispositivos de medição encomendados por outras empresas. A maior parte desses serviços exige precisão, mesmo quando demandados por empresas cujos produtos não se enquadram nesta categoria;
- b) departamentos de ferramentaria de empresas - foram entrevistados três grandes departamentos de ferramentaria que, por sua dimensão e sofisticação de equipamentos, justificavam sua classificação enquanto unidades independentes;
- c) empresas prestadoras de serviços de usinagem - aquelas que recebem de seus clientes (empresas montadoras) lotes de peças já fundidas e dão a estas o acabamento necessário para deixá-las dentro das medidas dimensionais exigidas pelos projetos;
- d) empresas produtoras de bens finais - estão incluídas tanto as empresas produtoras de bens de consumo final como as produtoras de máquinas e equipamentos;

e) empresas produtoras de componentes - esta categoria só se diferencia da anterior pelo fato de que seus produtos, também fabricados em série, com desenho e know-how da própria empresa, são componentes a serem incorporados a outros produtos.

Quanto às produtoras de semi-elaborados, não foram encontradas, no Estado, empresas voltadas à área de mecânica de precisão.

2.2 FORMULÁRIO ADOTADO

O formulário elaborado para a pesquisa de campo (ver anexo 2) tem por objetivo captar os principais problemas de empresas, cujos produtos estejam relacionados, nas mais diversas proporções, a técnicas em mecânica de precisão e de alta precisão. Deste modo, são considerados tanto os produtos que se caracterizam pela incorporação de apenas um detalhe (uma peça, por exemplo) com precisão em relação ao todo, quanto outros em que a precisão está presente na totalidade do produto - às vezes até em sua própria estrutura (ver item 4 do formulário).

Primeiramente, são identificados os produtos da unidade produtora, avaliando-se os níveis de precisão exigidos em sua fabricação, bem como a intensidade de sua aplicação. Para tanto, são consideradas quatro faixas de tolerância: a faixa superior ao centésimo, a do centésimo (faixa de transição), a do milésimo e a de frações milésimais do milímetro.

Essa avaliação é muito importante para se conhecer a extensão dos casos de precisão e alta precisão e distinguir as

empresas que as aplicam de forma limitada, daquelas que as utilizam com bastante intensidade.

Buscou-se também captar a relação entre o campo de precisão e a dimensão das peças envolvidas, permitindo, assim, diferenciar a precisão da microeletrônica, da precisão da indústria leve ou até média. De modo geral, os problemas não são independentes do tamanho médio das peças, dado que a dimensão diferencia substancialmente os meios de produção, os materiais, o tempo unitário para definir a geometria de uma peça e, finalmente, a infra-estrutura tecnológica, na forma de semi-elaborados e serviços técnicos especializados de terceiros. Uma parte do item 4 do formulário obedece a esse propósito.

Por um lado, o item 5 reforça a noção (captada pelo item 4) relativa à intensidade da precisão envolvida no produto, atualmente avaliada através dos vários níveis da norma ISO, que relacionam dimensões de peças com tolerâncias de fabricação. O nível 7 da norma ISO corresponde à fronteira entre a precisão e a mecânica corrente, sendo o nível atingido em quase toda a IEM e em praticamente todos os setores industriais. Os níveis 6, 5 e 4 representam níveis crescentes de precisão, isto é, tolerâncias de fabricação cada vez mais estreitas em relação às mesmas dimensões.

Por outro lado, este item capta, também através do nível da ISO, um aspecto muito singular da precisão, que diz respeito à precisão envolvida na infra-estrutura utilizada na fabricação do produto em análise. Por infra-estrutura tecnológica entendem-se os conjuntos dos semi-elaborados e serviços tecnológicos a seguir.

Semi-elaborados

Metalurgia do pó;

Fundição a cera perdida;

Fundição a pressão, centrífuga e similares;

Outros processos não-convencionais de fundição;

Extrusão a frio, forja a frio e trefilação de precisão;

Extrusão a quente;

Outros processos de conformação a quente.

Serviços tecnológicos de terceiros

Tratamentos térmicos finos, especiais, em peças pequenas e com formas complexas;

Microgalvanoplastia;

Matrizes para estampagem a frio, microestampagem, estampagem rápida em linha e outros casos de estampagem e embutido de precisão;

Moldes para fundição sob pressão de não-ferrosos;

Moldes plásticos de todos os tipos;

Moldes para cerâmicas e outros materiais não-minerais;

Fabricação de gabaritos, dispositivos de montagem, dispositivos para máquinas e similares;

Fabricação de engrenagens de altíssima precisão e de microengrenagens;

Fabricação de micropeças mecânicas.

São numerosos os casos em que os problemas de precisão se concentram unicamente na infra-estrutura, por exemplo, nos moldes - enquanto o produto em si está fora da faixa aqui pesquisada - ou, então, os produtos se enquadram na faixa de pre-

cisão pesquisada, mas utilizam uma infra-estrutura ainda mais exigente em termos de precisão. Esses dois aspectos podem ser interpretados pelas respostas do item 5.

O item 6 pretende identificar a posição da infra-estrutura em relação à unidade produtiva, ou seja, se está localizada dentro da própria empresa ou se é decorrente de serviços especializados de terceiros. Cabe ressaltar que um dos pontos frágeis da IEM nacional é a excessiva quantidade de trabalhos de infra-estrutura incorporada às unidades de produção, ao invés de ser realizada por terceiros, como já se vem verificando nos países mais avançados. Isso é válido para todos os setores, independentemente do aspecto da precisão.

Os itens 7 e 8 fornecem informações sobre mercado. O conhecimento sobre o destino setorial dos produtos ou das peças de precisão permite identificar os setores responsáveis pela dinâmica das empresas ligadas à precisão no Estado, enquanto informações sobre os principais estados compradores dão idéia do caráter local, regional ou nacional das empresas em análise. O item 8, ao perguntar sobre os principais concorrentes, fornece elementos para se avaliar o grau de concentração dos setores industriais, ao mesmo tempo em que fornece indicações de novas empresas que poderiam também ser entrevistadas.

A estrutura do pessoal ocupado, direta ou indiretamente, e o faturamento transformado em dólares de 1988 permitem obter a produtividade por pessoa e por ano, comparando-a, por exemplo, à dos países da OCDE. Essa comparação é sempre interessante e necessária, tendo em vista o tamanho da IEM

brasileira, às vezes superior à de diversos países da própria OCDE. Tais dados são obtidos através dos itens 9 e 10.

Esses itens permitem também calcular um coeficiente muito característico das IEM: a intensidade de horas trabalhadas em projeto técnico, ou de "matéria cinzenta" contida numa unidade de valor de produto. Esse coeficiente costuma variar de valores inferiores a 0,5/US\$ 1.000 a mais de 6-7/US\$ 1.000 (dólares de 1977) dependendo das características do setor, das séries de fabricação e, naturalmente, da complexidade tecnológica do produto.

O item 9 capta outro detalhe interessante: a existência da seção de ferramentaria e sua dimensão, bem como a descrição dos serviços que executa. Essa informação deve ser confrontada com o valor agregado da empresa. Muitas empresas da IEM têm preferido incorporar uma parte dos serviços de infra-estrutura, alegando falta de oferta, e, desta forma, distorcendo as proporções entre os postos de trabalho indiretos e diretos e dificultando a estratégia de especialização industrial.

O formulário recolhe também informações, através do item 12, sobre os laboratórios de pesquisa e desenvolvimento do produto, especificando se estes constituem uma atividade interna à empresa, externa, porém nacional, ou se se beneficiam do aporte estrangeiro. Nesses laboratórios se realizam todas as atividades ligadas ao desenvolvimento do produto e de protótipos, à introdução de novos produtos e aos ensaios de performances, de durabilidade, de repetitividade e outros.

O indicador do item 13 diz respeito à velocidade da evolução do produto ao longo do tempo, que também pode ser associada à velocidade de inovação do produto e/ou de suas

funções. A título de referência, destaque-se que a velocidade de inovação/evolução dos produtos EM, cujas funções já se encontram estabilizadas, normalmente varia entre 2% e 5% ao ano, o que significa uma demora em torno de 20 a 50 anos para alterarem totalmente seu processo produtivo. O diagnóstico das indústrias da mecânica de precisão e alta precisão como um todo, bem como as sugestões para seu desenvolvimento não pode ignorar a relação produto/tempo, pois esta é uma característica comportamental que pressiona os escritórios técnicos de projeto e os laboratórios, particularmente com relação aos produtos ou componentes miniaturizados ou superminiaturizados, cujas gerações técnicas e funcionais se alteram a cada dois, três ou até cinco anos. Esse indicador permite, então, situar corretamente a posição da indústria de precisão no Paraná.¹⁸

A origem do know-how do produto, ou seja, de seu projeto, combinada à informação sobre a velocidade de evolução do mesmo, constitui ponto importante do diagnóstico industrial em estudo. De fato, é necessário saber se a dinâmica de fabricação dos bens ligados à precisão e à alta precisão está sendo acompanhada por uma dinâmica equivalente no projeto próprio ou se, pelo contrário, existe um descompasso entre as duas, ou até ausência total de projeto local. Nesse sentido, é muito importante a realização de um levantamento, visto que esse aspecto não é apreciado sob um ponto de vista meramente nacionalista, mas sim através de um raciocínio sistêmico. Para se atingir um certo nível de autonomia tecnológica, a participação local no projeto deve estar relacionada à complexidade do produto e à velocidade de sua evolução, que varia de acordo com a estabilidade da função do produto e com a categoria a

que pertence, ou seja, se é um produto intermediário comum a vários ramos ou um produto final. As informações que alimentam este ponto são levantadas pelo item 11.

O item 14 recolhe informações sobre o processo de controle de qualidade, subdividido entre o instrumental e os técnicos encarregados. São avaliadas também as condições de controle de temperatura, umidade, vibrações, poluição, bactérias, etc., geralmente associadas ao controle de qualidade e à própria fabricação.

Em relação aos meios de produção, foi contemplada no item 15 uma variedade de até 50 máquinas ou instalações diferentes, que pode ser considerada uma cobertura suficiente para os propósitos deste estudo.

O parque produtivo foi subdividido em máquinas de:

- a) conformação a frio (7 tipos);
- b) remoção de cavaco (14 tipos);
- c) usinagem por abrasão (9 tipos);
- d) usinagem por eletricidade (3 tipos);
- e) máquinas e equipamentos diversos (17 tipos).

Pergunta-se apenas se a indústria possui ou não um certo tipo de equipamento, desprezando-se o aspecto da quantidade que, neste caso, não agregaria uma informação importante. Numa fase ainda inicial do desenvolvimento da indústria de precisão, é bem mais significativo conhecer a variedade utilizada e sua localização do que especular sobre a quantidade instalada.

As respostas são de duas categorias. A primeira indica a faixa de tolerância em que o equipamento normalmente é operado. A primeira coluna corresponde à faixa de tolerância ISO

7, que equivale a uma precisão normal dentro da indústria EM. Isto indicaria se existe certa predisposição, ou certa preparação técnica básica para alcançar precisões maiores. A segunda coluna indica quando o equipamento opera na classe ISO 6 (ou até o limite inferior, indicado na figura 1). Essa coluna caracteriza então o parque disponível, em termos de variedade, empresa por empresa, voltado às exigências de precisão e de alta precisão.

A segunda categoria se encontra na terceira coluna, que se refere à adequabilidade da formação profissional da mão-de-obra direta, ou seja, dos operadores das máquinas apontadas na coluna anterior (de alta precisão), como também dos preparadores dos ciclos de trabalho dessas máquinas, sejam essas semi-automáticas e/ou automáticas (qualquer tipo de automatismo). As respostas, nestes casos, indicam como se apresenta, atualmente, a capacitação técnica dos referidos profissionais para operar o maquinário listado. Assim, estar-se-ia levantando a opinião da administração/supervisão sobre a preparação técnica das várias categorias de operadores profissionais.

Finalmente, o item 16 busca detectar as principais dificuldades das empresas. Essa informação complementa as anteriores, no sentido de fornecer elementos para a formulação de políticas de apoio ao setor, tanto para a criação de novas empresas na área de estudo, quanto para a eliminação dos entraves ao desenvolvimento daquelas já existentes.

3 A MECÂNICA DE PRECISÃO NO PARANÁ

3.1 RESULTADO DA PESQUISA JUNTO ÀS EMPRESAS

Neste item, são apresentadas as principais características junto às empresas consideradas representativas do parque local mais ligado à questão da precisão.

A IEM paranaense não pode ser identificada como um núcleo estritamente ligado à eletromecânica de precisão e alta precisão. Entretanto, foi possível detectar a existência de fabricação local de alguns produtos e componentes que apresentam requisitos tecnológicos de precisão, além da prestação de serviços de usinagem e de infra-estrutura tecnológica com tolerâncias mais estreitas de confecção.

Entre os produtos e componentes produzidos no Paraná, que exigem precisão e alta precisão, destacam-se os bicos injetores, as válvulas e os elementos produzidos pela Robert Bosch Ltda., o micrômetro a laser* recém-lançado no mercado pela Olsen Tecnologia, as máquinas de costura industriais da Pfaff-Indústria de Máquinas Ltda. e os compressores para ar condicionado produzidos pela Nippondenso Cia. Ltda. Outros produtos como envases plásticos (Brasholanda S/A), equipamentos telefônicos (Equitel S/A) e ferragens para móveis (Plastipar Indústria e Comércio Ltda.) destacam-se pelo grande volume

*A montagem do micrômetro ainda está sendo feita no CERTI/SC, que forneceu o projeto e onde foi desenvolvido em conjunto com a Olsen Tecnologia.

de serviços de ferramentaria, com alta precisão, demandados para a confecção de seus moldes.

Dentre as prestadoras de serviços tecnológicos, destaca-se a Metal Leve, recém-adquirida pelo grupo nacional de mesmo nome, da DuPont. Além desta, existem algumas pequenas empresas que se destacam na área, tais como a Matrisul, empresa local prestadora de serviços de eletroerosão a fio, a Mach-Tools, produtora de ferramentas para máquinas de usinagem, e a Exatta, que, apesar de não dispor de equipamentos sofisticados, desenvolve uma interessante linha de dispositivos para posicionamento e para fixação, voltados para indústrias ligadas à precisão. A Hubner Indústria Mecânica Ltda., apesar de a maioria dos seus serviços prestados se situar na faixa inicial do que aqui se considera precisão, destaca-se, entre as prestadoras de serviços de usinagem, por seu porte e pelo grande número de equipamentos modernos de que dispõe.

Na tabela 1, pode-se ver a distribuição das empresas visitadas segundo o tipo de atividade.

TABELA 1 - NÚMERO DE EMPRESAS ENTREVISTADAS, SEGUNDO TIPO DE ATIVIDADE, NO PARANÁ - 1989

| TIPO DE ATIVIDADE | NUMERO DE EMPRESAS |
|---|--------------------|
| Ferramentarias voltadas para terceiros | 9 |
| Departamentos de ferramentaria | 3 |
| Serviços de usinagem em série, para terceiros | 10 |
| Fabricação de componentes | 9 |
| Produtos finais | 8 |
| TOTAL | 42 |

FONTE: IPARDES - Pesquisa de Campo, FEV/MAIO-1989

Das 42 empresas entrevistadas, apenas 29 afirmaram operar com tolerância na faixa de poucos milésimos de milímetro. Dentre estas, 14 necessitavam pouco da precisão milesimal,

isto é, apenas em pouquíssimas etapas do seu processo produtivo, enquanto 10 afirmaram utilizar muito ou muitíssimo e 4, regularmente. Foram as ferramentarias e as empresas fabricantes de produtos com exigência de precisão que mostraram utilizar com mais intensidade o milésimo. As empresas de serviços de usinagem não estão, em sua maioria, vinculadas à precisão e à alta precisão, ficando na chamada "faixa de passagem".

A maioria das empresas visitadas é de criação recente. Apesar de essa expansão ter um caráter extremamente positivo, ainda se apresenta limitada no que se refere ao volume de peças e componentes com precisão produzidos no Estado, bem como em relação àquelas atividades de infra-estrutura tecnológica, intimamente ligadas à questão da precisão e da alta precisão.

Relacionando-se a data de fundação das empresas com suas atividades (tabela 2), é particularmente notório o surgimento, na presente década, de empresas voltadas para a prestação de serviços tecnológicos para terceiros (fabricação de estampas, matrizes, moldes e serviços de ferramentaria em geral), bem como de empresas voltadas para a usinagem de peças para terceiros. Das 21 empresas prestadoras de serviços entrevistadas, 15 foram fundadas no período 1985-89 e 5 no período 1980-85. Essas empresas têm como principal mercado as montadoras localizadas no Estado, mais especificamente na Cidade Industrial de Curitiba.

TABELA 2 - NUMERO DE EMPRESAS, SEGUNDO TIPO DE ATIVIDADE, POR PERIODO DE FUNDACAO, NO PARANÁ

| TIPO DE ATIVIDADE | PERIODO DE FUNDACAO | | | |
|-------------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| | Até 1974 | 1975-79 | 1980-84 | 1985-89 |
| Ferramentarias | 1 | 1 | 0 | 7 |
| Ferramentarias internas | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Usinagem para terceiros | 0 | 0 | 5 | 8 |
| Componentes | 1 | 3 | 3 | 2 |
| Produtos finais | 2 | 5 | 1 | 0 |
| TOTAL | 6 | 10 | 9 | 17 |

FONTE: IPARDES - Pesquisa de Campo, FEV/MAIO-1989

A importância dessas atividades, aqui denominadas serviços tecnológicos para terceiros, fica subestimada, haja vista que a maioria das empresas no Estado - nacionais ou estrangeiras - internalizam grande parte desses serviços. Essa verticalização é consequência da pequena expressão das empresas prestadoras desses serviços que, à época da instalação das referidas montadoras (final da década de 70 e início de 80), não apresentavam condições para atender às exigências de qualidade, prazo e preço. Apesar da recente criação e expansão das empresas de infra-estrutura tecnológica - que este trabalho revela a partir de meados da presente década -, não ocorreu uma alteração ainda significativa desse quadro de carência frente à crescente demanda e às exigências tecnológicas do segmento fabricante de produtos e componentes com requisitos de precisão.

A realização dos serviços da categoria "serviços tecnológicos", executados dentro da própria empresa, não é considerada técnica e economicamente favorável pelas empresas da OCDE, desde o último Pós-Guerra. Essa ocorrência indica uma diversificação, de caráter negativo, das atividades da empresa em termos de mão-de-obra e equipamentos e também de custos horários. A tendência moderna é a de separar estes centros de

trabalho em empresas autônomas, dotando-as de meios de produção mais completos e atualizados, fato que possibilitaria alcançar a massa crítica operacional em um tempo reduzido, o que dificilmente ocorre nas empresas de produtos finais.

Foram entrevistados alguns departamentos de ferramentaria de grandes empresas, cujos produtos, apesar de não serem de alta precisão, exigem, dos departamentos de ferramentaria moldes, matrizes e estampos, fabricados com estreita faixa de tolerância. Apesar de esses departamentos voltarem sua produção exclusivamente para suas respectivas empresas, apresentam porte bastante superior à média das ferramentarias independentes analisadas anteriormente, ou seja, comportam, cada um, aproximadamente 50 empregados, quantidade só encontrada em uma das ferramentarias visitadas, bem como detêm máquinas e equipamentos mais sofisticados que aquelas (tabela 3).

TABELA 3 - DISTRIBUICAO DAS EMPRESAS, SEGUNDO TIPO DE ATIVIDADE, POR NUMERO DE EMPREGADOS, NO PARANA - 1989

| TIPO DE ATIVIDADE | NUMERO DE EMPREGADOS | | | | |
|-------------------------|----------------------|-------|--------|---------|-------|
| | Até 10 | 10/50 | 51/100 | 101/500 | > 500 |
| Ferramentarias | 3 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| Ferramentarias internas | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Usinagem para terceiros | 2 | 5 | 4 | 2 | 0 |
| Componentes | 0 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Produtos Finais | 1 | 1 | 0 | 4 | 2 |
| TOTAL | 6 | 15 | 8 | 9 | 4 |

FONTE: IPARDES - Pesquisa de Campo, FEV/MAIO-1989

Por outro lado, a maior e mais bem-equipada das ferramentarias independentes visitadas, a DuPont, que fornecia apenas 20% de sua produção para uma empresa do mesmo grupo em Diadema/SP, foi, no decorrer deste levantamento, comprada pela

Metal Leve, passando a fornecer 80% de sua produção a esse grupo, com tendência a aumentar essa participação.

Esses casos confirmam as dificuldades com que as grandes empresas demandantes de serviços tecnológicos se deparam ao dependerem de empresas de terceiros, o que as faz optar por um departamento próprio, voltado para esses serviços.

Do ponto de vista do sistema produtivo como um todo, seria mais eficiente e racional, da parte das empresas, montar as seções de serviços tecnológicos como empresas independentes, oferecendo os serviços para si próprias, para as demais indústrias locais e até para as de outros estados.

Alguma promoção nesse sentido poderia ser realizada a posteriori, reunindo duas ou três ferramentarias incompletas, já existentes, para formar uma empresa em condições de receber novos capitais e equipamentos. Cabe lembrar, como princípio básico válido para a OCDE e para o Brasil, que, à medida que o tempo passa, a participação desses serviços é cada vez maior, em função das novas tecnologias e processos que necessitam de alta precisão em proporções crescentes.

Também os serviços de tratamento térmico aparecem internalizados em várias empresas, especialmente nas de maior porte. No primeiro semestre de 1989 - época deste levantamento -, existiam três empresas na Região Metropolitana de Curitiba, que executavam este tipo de serviço para terceiros, especialmente os tratamentos térmicos mais correntes. Para a execução de tratamentos mais complexos, as empresas demandantes ainda dependiam de São Paulo. Ao longo da pesquisa foi possível perceber a existência de investimentos de duas novas

empresas voltadas para este mercado, o que pode vir a melhorar a qualidade e a pontualidade na entrega desses serviços.

Apesar da recente expansão do número de empresas prestadoras de serviços tecnológicos no Paraná, este processo ainda se apresenta limitado frente às necessidades de precisão do parque local. Essas empresas ainda respondem por uma proporção pequena do valor da produção e do número de empregados da IEM paranaense, bem como, com raras exceções, apresentam níveis baixos de produtividade, particularmente quando comparadas a suas congêneres nos países da OCDE.

Algumas das empresas locais prestadoras de serviços, apesar de não disporem de equipamentos com controle numérico, procuram operar com tolerâncias na faixa do milésimo de milímetro, através da utilização de mão-de-obra altamente qualificada, que controla manualmente as tolerâncias através de aparelhos e dispositivos de medição. Entretanto, a produtividade dessas unidades fica bastante aquém do desejável, comprometendo, inclusive, a sobrevivência das mesmas no mercado. Frequentemente, essas empresas apresentam diversificação em suas atividades, prestando serviços tanto de ferramentaria quanto de usinagem de peças para terceiros e, às vezes, desenvolvendo também linhas próprias de produtos.

São raros os casos em que o índice de produtividade das empresas paranaenses em estudo alcançam valores comparáveis à realidade da OCDE, conseqüência direta da disponibilidade, naqueles países, de equipamentos modernos (centros de usinagem, máquinas de eletroerosão a fio, tornos CNC, etc.).

No passado (1965-70, por exemplo), atribuíam-se os baixos índices de produtividade observados nas empresas entrevis-

tadas ao fato de estas serem, em sua maioria, empresas pequenas. Isto não mais procede dado que, a partir daquele período, a produtividade das pequenas e médias empresas da IEM dos países da OCDE cresceu vertiginosamente, chegando a alcançar os níveis das grandes empresas. Um exemplo claro desse fenômeno é o desempenho manifestado pelas empresas italianas de pequeno e de médio porte.

A baixa produtividade das empresas da IEM paranaense está diretamente associada ao maquinário defasado em relação às tecnologias modernas de produção, à baixa especialização e à falta de planejamento da produção e de projeto. A reversão deste quadro deve ser uma das metas de um programa estadual para o desenvolvimento da metal-mecânica e da mecânica de precisão no Estado.

Outro ponto importante revelado pela pesquisa se refere ao número muito reduzido de casos em que a empresa dispõe de uma equipe de técnicos projetistas, em função de o know-how ser quase sempre externo à unidade produtiva localizada no Paraná. No caso das empresas prestadoras de serviços de ferramentaria e de usinagem, essas recebem, dos clientes, os pedidos já acompanhados dos desenhos e das especificações, o que também dispensa a existência de uma equipe interna para projeto.

Quanto ao maquinário disponível, o parque produtivo instalado foi analisado, de forma a se privilegiarem aquelas variedades de máquinas ou de tecnologias de produção mais ligadas às tolerâncias estreitas e muito estreitas, isto é, à precisão e à alta precisão. Não se trata, portanto, de uma taxonomia exaustiva da variedade de máquinas-ferramentas e

outros equipamentos/instalações de produção existentes nesse parque.

O quadro 1 mostra, então, a seleção ad hoc adaptada para o parque produtivo relacionada a cada empresa da pesquisa, subdividida em cinco grandes categorias.

As respostas receberam dois tipos de qualificação, a saber:

x = indica a utilização da máquina numa faixa de tolerância ISO 7, tolerância esta que pode ser considerada como porta de entrada para se obterem melhores performances;

y = indica utilizações que se enquadrem perfeitamente nas faixas de tolerância consideradas de precisão e alta precisão e que, em termos de ISO, possam corresponder às faixas 6, 5, 4 ou ainda menores.

Numa primeira observação do conjunto das informações, nota-se que o parque produtivo paranaense dispõe de quase toda a variedade das 50 máquinas e equipamentos considerados.

Os grupos de máquinas de usinagem por abrasão e de usinagem por eletricidade, assim como o grupo de usinagem por remoção de cavaco, diretamente ligados às tolerâncias finais das peças, são os grupos com maior percentagem de utilização na faixa atribuída à mecânica de precisão e alta precisão, indicados com y no quadro 1.

Os demais grupos aparecem com menor freqüência, mas, mesmo assim, de forma expressiva. Já o último grupo, o de máquinas e equipamentos diversos, é o de menor expressão, devido à reduzida variedade de produtos eletromecânicos de precisão e de alta precisão elaborados no Paraná. De fato, é precisamente

TABLE 1 - MACHINES AND EQUIPMENTS OF PARANAENSE COMPANIES INTERVIEWED BY IEM

| MACHINE AND EQUIPMENT | COMPANIES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|---|--|---|--|---|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | | | | | | | | | | |
| MACHINES OF CONFORMATION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Maq s/ chapas | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Frenas estampagem | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Micro-estampagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Corte a laser | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Fios metalicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Rebitar Ø 0,2mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. Outras maq conf | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| USINAGEM REMOÇÃO CAVACO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Torno mandril, fer | | x | | x | | x | | x | | xy | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | | | |
| 9. Torno mandril, CN, CNC | | | x | | x | | x | | xy | | y | | x | | xy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10. Torno mandril movei | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. Fresadoras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. Fresadoras, CN, CNC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13. Pantografos, bi e tri | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14. Furadeiras | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | | | |
| 15. Rosqueadeiras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16. Rosqueadeira p deform | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17. Centro usinagem/Pont | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18. Engrenagens, corte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19. Engrenagens, acabamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20. Maq conceb p usuario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21. Outras maq rem cavaco | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| USINAGEM POR ABRASAO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22. Retificadora cilind | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23. Retificadora plana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24. Retificadora ferran | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25. Retificadora perfis | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26. Retificadora coord | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27. Retificadoras especiais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28. Retificadora engrenagens | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29. Outras retificadoras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30. Honing, lapping, polimento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| USINAGEM ELETRICIDADE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31. Eletroerosao por penetracao | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32. Eletroerosao a fio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33. Outras maq usinagem ele | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MACHINES EQUIPAM DIVERSOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34. Maq especific electronica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35. Maq especific optica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36. Maq especific fotonica, laser | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37. Maq microsoldagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38. Maq colagem, micro-soldagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39. Bobinadoras e micro-bobin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40. Pressas p plastico e micro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41. Equipam. vibracao | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42. Utilizacao robos p solda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43. Utilizacao robos montagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44. Maq montagem e acoplamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45. Tratamentos termicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46. Decapagem, limpeza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47. Tratamentos de superficie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48. Banhos protecao/pintura | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49. Fornos e secadores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50. Outras maq e equipam | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SOURCE: IPARDES - Pesquisa de Campo, FEV/MAR-1989

NOTE: y - machines and equipments that operate in h6 or inferior to h6

x - machines and equipments that operate in h7 or above h7

f - intends to install in the future

nessa faixa que costumam aparecer as novidades tecnológicas - processos, tipos e modelos de máquinas - necessárias para o desenvolvimento de novos produtos mecatrônicos, microeletromecânicos, microelétricos e similares.

Outra constatação é a de que o contato da indústria paranaense com a precisão se realiza através de produtos de um certo peso unitário, que correspondem à indústria leve ou corrente. Analisando o quadro 1 sob outro ângulo, observa-se que grande parte dos pontos y corresponde às empresas estrangeiras, que, apesar de estarem em menor número (das 25 empresas da amostra detentoras de equipamentos enquadrados na categoria y apenas 9 são estrangeiros), detêm uma maior variedade de máquinas dessa categoria. Esse fato, por um lado, deve-se à maior complexidade tecnológica de seus produtos e, por outro, à baixa capitalização das empresas nacionais.

Com relação aos semi-elaborados, a pesquisa revelou que a dependência das empresas, em relação aos serviços feitos fora do Estado, é muito grande. Atualmente, estão em implantação algumas empresas de semi-elaborados que, apesar de não serem propriamente de precisão, irão reduzir a dependência do parque metal-mecânico paranaense em relação a outros estados.

Quanto à oferta de mão-de-obra, as especialidades que apresentam maior carência em relação à demanda são justamente aquelas que exigem maior período de experiência - os ferramenteiros/matriseiros. Outras especialidades que se apresentam com carência de mão-de-obra são aquelas relacionadas com a automatização do processo produtivo, principalmente operadores de CAD/CAM e de máquinas com controle numérico computadori-

zado, devido ao seu pequeno número e à recente introdução desses equipamentos no parque local.

3.2 INFRA-ESTRUTURA INSTITUCIONAL

No Paraná, vêm sendo desenvolvidos alguns esforços no âmbito de infra-estrutura institucional, no sentido de apoiar e incentivar a expansão da IEM local. Esses esforços podem ser avaliados, considerando-se duas partes: uma, ao nível das instituições de ensino e formação de mão-de-obra (CEFET, UFPR e SENAI) e a outra, no âmbito dos órgãos voltados para a pesquisa e o apoio tecnológico (CEFET, UFPR e CTI/TECPAR), além daqueles de fomento e atração de novas empresas (BADEP e CITPAR).

O SENAI e o CEFET são as instituições que, no Estado, respondem pela formação de mão-de-obra de nível médio, voltada para a indústria metal-mecânica. Ao nível do ensino profissionalizante, no Paraná, o SENAI dispõe de 15 centros que oferecem cursos para mecânica geral, tornearia e ajustagem. Recentemente, começou a ser oferecido, no centro do SENAI, localizado na Cidade Industrial de Curitiba, o primeiro curso básico de mecânica voltado para a formação de profissionais ferramenteiros/matriseiros. Essas especialidades estão diretamente ligadas às atividades de mecânica de precisão e, como detectado na pesquisa junto às empresas, existe uma grande carência desse tipo de mão-de-obra no mercado paranaense. Esse curso tem uma duração de três anos e a primeira turma, com 36 alunos, completará o curso em 1991.

Na área de mecânica, até o momento, o CEFET forma apenas técnicos de nível médio, mas está planejando as seguintes

medidas voltadas especificamente para a área de precisão: primeiramente, esse centro está projetando um núcleo de mecânica de precisão, que entrará em funcionamento em 1990, dentro do próprio CEFET, com uma equipe formada por cinco engenheiros e três técnicos do CEFET, um mestre de materiais e um especialista na área de fabricação. Antes da implantação deste núcleo, serão contratados dois professores da Alemanha, com bolsas já aprovadas no âmbito do programa de Recursos Humanos para Áreas Estratégicas (RHAE), que serão responsáveis pela reciclagem dos professores e técnicos do CEFET envolvidos no projeto, assim como pelo planejamento e implantação do núcleo.

Está planejada, para o mesmo período, a implantação, no CEFET, de um curso de Engenharia Mecânica em nível de graduação, cujo currículo - elaborado levando-se em conta as experiências das principais escolas de engenharia mecânica do País - consta de várias disciplinas voltadas para a mecânica de precisão.

Ainda no CEFET, vale destacar a existência do curso de pós-graduação em Informática Industrial, que, apesar de estar ligado ao Departamento de Eletrônica, apresenta algumas interfaces com a mecânica de precisão.

Atualmente, a UFPR é a única a oferecer curso regular de graduação em Engenharia Mecânica. Entretanto, tem sido apontada como necessária uma maior atualização do programa curricular deste curso, assim como da infra-estrutura laboratorial, para o atendimento das exigências didáticas e de pesquisa. Ainda no departamento de Engenharia Mecânica da UFPR, é oferecido um curso, em nível de especialização, em Manutenção (mecânica geral).

Na área de pesquisa propriamente dita, são ainda limitados os esforços desenvolvidos pelos centros existentes no Estado. No CEFET, existem núcleos de pesquisa na área biomédica (Núcleo de Engenharia Hospitalar - NEH) e na área de mecatrônica. Este último está ligado ao curso de pós-graduação em Informática Industrial, promovido na mesma instituição.

No Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR, existe um potencial a ser explorado nas áreas de vibração mecânica, processos de fabricação (inteligência artificial) e de produção, áreas que estão diretamente ligadas à questão da precisão e da alta precisão.

No Departamento de Física dessa mesma universidade, o Grupo de óptica de Raio-X e Instrumentação Científica (GORXI), que atua nas áreas de instrumentação eletrônica para C&T (módulos para coleta e processamento de dados experimentais, com funções específicas, para serem acoplados em microcomputadores) e instrumentação mecânica, constrói equipamentos com altíssimos níveis de precisão - na faixa do angstrom - para uso próprio (difratômetro de duplo eixo para caracterização de cristais através de Raio-X, sistemas de transação elástica e câmara de Lang). Por ser pioneira na construção desses equipamentos, esta instituição tem fornecido tais equipamentos a outras instituições de pesquisa nacionais em regime de troca (CPqD da Telebrás e Instituto de Física da USP).

A Fundação Universidade Federal de Londrina - FUEL -, através de seu Departamento de Física, vem desenvolvendo pesquisas em áreas de ponta e, como tal, também necessita de instrumentos de alta precisão, os quais também têm sido construí-

dos em seus próprios laboratórios. Essa atividade assumirá maior relevância à medida que haja estímulos para tanto.

No CTI do Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR -, existe também uma infra-estrutura de apoio tecnológico ao parque industrial, obtida através de um convênio do governo do Paraná com o do Japão. Esse centro tem suas atividades voltadas à realização de serviços de testes e ensaios e, atualmente, vem passando por uma rigorosa reformulação, no sentido de aprofundar sua atuação na área de apoio em gestão e controle de qualidade, para o melhor atendimento do parque local.

Nesse sentido, foi reestruturado o setor de metrologia, que passou a agregar funções que antes ficavam dispersas nos laboratórios de medição dos vários setores Eletroeletrônicos, Metal-Mecânico e Civil, e que está em processo de credenciamento junto ao laboratório de referência nacional nas áreas de ensaios e de aferição em algumas grandezas, inclusive a dimensional. A capacitação do CTI/TECPAR para a prestação de serviços de aferição e certificação de padrões e de instrumentação é uma condição fundamental para o desenvolvimento da Mecânica de Precisão no Paraná.

Na área de fomento e atração de novas empresas, estão sendo realizados esforços pelo BADEP, em conjunto com o CITPAR - órgão privado de promoção da integração entre empresas e centros de pesquisa -, no sentido de promover cursos para a formação e atualização de professores e pesquisadores dos centros de ensino e pesquisa, em convênio com centros nacionais e internacionais de excelência na área de mecânica de precisão. Isto visa suprir as deficiências das instituições paranaenses, bem como aproximar empresas nacionais com

estrangeiras que disponham de tecnologias modernas a serem transferidas para empresas localizadas ou a se localizarem no Estado.

Está em fase de implantação um projeto de incubadoras tecnológicas, localizadas no prédio do CTI-TECPAR, fruto de um convênio múltiplo entre esta mesma instituição, o BADEP, o CITPAR, o CEAG, o CEFET e o IEL/FIEP. Esse projeto propicia, além do espaço para a implantação de empresas de base tecnológica, uma infra-estrutura comum, tais como salas de reuniões, biblioteca técnica, sala de treinamento, telex, xerox e outros serviços essenciais. Além dessas vantagens, as empresas passam a ter acesso aos laboratórios e aos técnicos do CTI, através de solicitação prévia e mediante pagamento apenas dos custos envolvidos. O CITPAR, órgão responsável pelo processo jurídico e administrativo das incubadoras, pretende promover intercâmbios entre as empresas que vierem a se instalar e as estrangeiras.

Paralelamente, será criado, ainda no CTI-TECPAR, o Serviço de Informação Tecnológica - SIT -, que estabelecerá contatos com bancos de dados tecnológicos internacionais, assim como com órgãos de patentes, no sentido de obter soluções para os problemas técnicos das empresas de base tecnológica instaladas no Paraná.

4 ESBOÇO DE UM PROGRAMA PARA O DESENVOLVIMENTO DA MECÂNICA DE PRECISÃO E DE ALTA PRECISÃO NO PARANÁ

Levando-se em consideração as análises anteriores, é possível afirmar que, embora a IEM paranaense não se caracterize especificamente por uma indústria de precisão, apresenta condições suficientemente favoráveis para que a esta se possa chegar. Nenhuma indústria ou segmento industrial dos países industrializados, em seu surgimento, assentou-se no campo da precisão. Esta sempre foi uma conquista que exigiu um tempo mais ou menos longo, a depender das circunstâncias, para se concretizar. Nada mais natural, então, que o segmento EM paranaense possa evoluir para uma série de especializações vinculadas à precisão e à alta precisão, a partir da elaboração de um programa de desenvolvimento para essa área, vinculado ao quadro de desenvolvimento geral da IEM brasileira.

Cabe à IEM nacional evoluir firmemente para recuperar a estagnação de toda a década de 80 e melhorar a produtividade, hoje entre 2,5 e 4 vezes inferior à da OCDE; aumentar ainda mais a variedade de produtos e componentes produzidos; aumentar a variedade e melhorar a qualidade da oferta da infraestrutura tecnológica, nos termos como foi definida; diminuir os custos; diminuir os prazos de entrega; melhorar a qualidade estática e dinâmica de todos os produtos e, finalmente, entrar num processo de sinergia tecnológica, que consiste em saber aproveitar, juntar e combinar a crescente oferta de componen-

tes e de infra-estrutura tecnológica, para conceber sempre novos produtos. A IEM nacional caminhou, muito rapidamente, na direção do "pesado" e até do "muito pesado", queimando as etapas com resultados extremamente positivos. O que falta agora é empreender o caminho no sentido oposto, na direção da microdimensão e dos microprodutos ou componentes associados ao mundo da precisão e da alta precisão. É percorrendo esse caminho que a IEM brasileira evitará aumentar o gap tecnológico que a separa das IEM dos países mais avançados da OCDE. É, pois, nesse contexto, que se situará a proposta de programa de ação para a IEM do Paraná.

É difícil conceber um panorama estático para a IEM do Paraná num cenário como o anteriormente descrito, mesmo porque os indicadores de evolução para os estados contíguos, no que diz respeito à IEM, são bastante promissores, uma vez que a colaboração universidade/indústria parece finalmente alcançar alguma velocidade nesses estados.

A seguir, descreve-se o cenário brasileiro que serviu de referência para um plano de desenvolvimento da IEM paranaense, até o horizonte 2.000/2.005, ou seja, o cenário possível da IEM, referido aos próximos quinze anos. Os dados são extraídos do trabalho Cenários 2.000 para a Indústria Eletromecânica Brasileira.¹⁹

4.1 CENÁRIO POSSÍVEL DA IEM BRASILEIRA PARA O ANO 2.000

O cenário da IEM nacional gira em torno dos seguintes pontos básicos:

- a) introdução de novos produtos, tecnologias e processos;

- b) utilização de novos materiais (entrar na fase chamada de hiperescolha de materiais);
- c) aceleração e ampliação da aplicação da usinica ou da produtica;
- d) aceleração e ampliação da burótica;
- e) evolução do management e introdução do management de última geração, ou supermanagement;
- f) redução da demanda de máquinas convencionais (universais ou semi-automáticas), em favor de máquinas com CN, CNC, CND, CAM, CAD, CAD/CAM, etc. A velocidade de introdução desses modelos mais avançados dependerá muito do preço unitário, hoje particularmente elevado, em relação ao praticado na OCDE.

Até o fim do século, o Brasil deverá absorver, em joint-ventures, instalando filiais, ou sob licença, os seguintes produtos da área de telecomunicações:

- a) telecópia;
- b) telecópia em cores;
- c) teleimpressão de jornais;
- d) videotex;
- e) telecópia vocal;
- f) telefone de alta fidelidade;
- g) quadrifonia;
- h) televisão estereofônica;
- i) televisão de alta resolução;
- j) textomóvel;
- k) videofone móvel;
- l) telecópia móvel;

- m) dados móveis;
- n) disco magnético-óptico.

Da área de equipamentos industriais, absorverá:

- a) controles automáticos para a indústria da confecção;
- b) controles automáticos para processos industriais;
- c) equipamento médico-hospitalar;
- d) maquinário têxtil;
- e) maquinário tipográfico;
- f) equipamento para superminiaturização;
- g) equipamento para miniaturização;
- h) eletrônica dos componentes para automóveis;
- i) eletrônica avançada de funções mecânicas;
- j) processos e equipamentos para tratamentos de superfícies;
- k) novas tecnologias nos aparelhos de controle, registro, medição, transmissão de dados e similares;
- l) substituição do metal no automóvel;
- m) novas tecnologias e processos na agroindústria;
- n) novas tecnologias em química fina;
- o) novas tecnologias aplicadas em equipamentos e aparelhos de segurança contra incêndio;
- p) novas tecnologias aplicadas ao setor farmacêutico, etc.

Nesse contexto, espera-se atingir os seguintes valores no ano 2000:

- a) crescimento do Produto Interno Bruto - PIB: 5% ao ano;

- b) PIB : US\$ 443 bilhões;*
- c) Produto Industrial (PI): US\$ 151 bilhões;*
- d) valor da produção prevista para a IEM : entre US\$ 89 bilhões* e US\$ 93 bilhões;*
- e) valor agregado (VA) da IEM: da ordem de US\$ 44 bilhões,* ou seja, 48% do seu valor da produção;
- f) o incremento de produtividade da IEM entre 3,5% e 4,5% ao ano (necessário para reduzir um pouco o gap com a OCDE, cuja IEM avança em mais de 3% ao ano);
- g) pessoal ocupado na IEM em 1988: 1,2 milhões;
- h) pessoal ocupado na IEM no horizonte 2000: entre 1,55 e 1,65 milhões, dependendo do aumento de produtividade;
- i) IEM/PI: evolução esperada até 30% no horizonte 2000;
- j) IEM/PIB em 2000: 10%;
- k) população no ano 2000: 178 milhões;
- l) consumo IEM/habitante no ano 2000: US\$ 525* ao valor FOB fábrica;
- m) parque provável de máquinas-ferramentas no horizonte 2000, em torno das 650.000 máquinas.

No decorrer dos próximos 15 anos, o Brasil precisará incrementar o nível de formação dos operários especializados, bem como a variedade de especializações, o mesmo ocorrendo para os técnicos que formam os quadros médios.

Dever-se-á, ainda, incrementar a variedade de cursos de pós-graduação, bem como cursos de reciclagem técnica destinados à usinica, à burótica, à miniaturização dos produtos EM,

*Dólares de 1985.

à eletromecânica de precisão e de alta precisão, ao management avançado e outros. Haverá também necessidade da formação ou reciclagem de consultores ad hoc no exterior, para assessorar as empresas nos pontos levantados anteriormente, que são avançados e complexos.

4.2 UM CENÁRIO POSSÍVEL E RECOMENDÁVEL PARA A IEM DO PARANÁ NO ANO 2000

A IEM do Paraná está-se formando com atraso, em relação aos principais centros industriais do País. Se, por um lado, isso pode significar uma menor experiência ou um menor acúmulo de know-how, por outro, permite algumas vantagens, tais como: parque produtivo mais atualizado, maior estabilidade de mão-de-obra, mais pontos de referência para escolher o espaço de cada empresa.

Porém, essas vantagens comportam um desafio, pois exigem que as novas iniciativas industriais se realizem num nível tecnológico superior ao regional e mesmo ao nacional, ou seja, que devem ser concebidas numa ótica-cenário desde sua instalação.

A eletromecânica de precisão e de alta precisão, incluída a microeletromecânica, aparecem, pois, como requisitos imprescindíveis dentro do cenário 2000 para a IEM do Paraná.

Um cenário para a IEM paranaense, compatível com o nacional, teria as seguintes características, a partir das quais se extrairia o programa de ação nas várias áreas:

- a) a IEM estadual passaria de 52.000 pessoas ocupadas atualmente (RAIS-1986) para cerca de 100.000 pessoas ocupadas;

- b) a meta da produtividade por pessoa ocupada, por ano, a ser alcançada até o ano 2000, poderia ser fixada em torno de US\$ 70.000 (dólares de 1985), ou seja, entre 10% e 20% acima da produtividade média da IEM nacional;
- c) o aumento da variedade de produtos elaborados, em tipos e modelos, seguiria duas direções: em relação ao já produzido no Brasil e em relação ao universo externo (OCDE, por exemplo). Sugerem-se elementos para mecatrônica, destinados tanto ao mercado interno quanto ao externo - ao menos ao latino-americano; componentes eletrônicos; peças para a micromecânica; conjuntos ou produtos que se enquadrem totalmente na mecânica de precisão e alta precisão (destinados aos vários setores industriais, tais como aparelhos de controle de grandezas físicas, aparelhos de medição e controle de processos);* aplicações correntes e sofisticadas de raios laser; aparelhos médicos e hospitalares de média e alta complexidade; engrenagens de alta e altíssima precisão de perfis correntes, corrigidos ou especiais; peças mecânicas de alta e altíssima precisão com geometria complexa, executadas em pequena ou média escala; componentes especializados para as indústrias têxtil e tipográfica (joint venture), etc.

Por outro lado, para que o Brasil tenha condições de produzir os bens listados no item 5.1, será necessária a exis-

*A Dlsen Tecnologia iniciou esta linha de produção através da produção do micrometro a laser e tem intenções de continuar lançando outros produtos na linha de aparelhos de medição.

tência de uma infra-estrutura tecnológica avançada, parte da qual não é disponível no País ou, quando o é, com deficiências técnicas e com prazos e preços elevados. Seria esta uma oportunidade para montar, no Paraná, um plano de incentivo para empresas enquadradas nas atividades de infra-estrutura de conteúdo tecnológico elevado, programa ainda não articulado no Brasil.

Trata-se de apoiar o desenvolvimento de pequenas empresas, de até 100 pessoas ocupadas, com alta percentagem de engenharia e altamente capitalizadas em equipamento direto e de controle de qualidade, nas atividades de infra-estrutura tecnológica e nas faixas de tolerância de precisão e alta precisão. Esses serviços deveriam ser instalados com o objetivo de atender às necessidades similares dos outros pólos da IEM no País. Esta é uma autêntica especialidade que pode alcançar perfeitamente uma dimensão nacional, e mesmo internacional, na qual o Brasil está tecnicamente deficitário.

Cabe lembrar que os novos meios de transmissão de dados praticamente eliminam as distâncias. As aplicações CAD/CAM entre empresas são possíveis atualmente, sendo este um recurso que o Paraná, ao se decidir realmente por se fixar nesse campo, poderá, inclusive, aproveitar a colaboração internacional, como, por exemplo, através do recebimento integral ou parcial do CAD de empresas do exterior com a execução interna e a exportação do CAM para empresas de infra-estrutura latino-americanas. Eventualmente, poderia até mesmo dar retornos de CAD aos próprios países de OCDE.

Para a realização de um programa dessa natureza - de alta intensidade tecnológica - serão necessárias várias provi-

dências, além das que já estão sendo efetuados no âmbito das instituições governamentais, citadas no item 3.2.

No campo dos recursos humanos, deverão ser ministrados:

- a) cursos especializados para operadores e preparadores de CN, CNC e DNC;
- b) cursos especializados para operadores e técnicos em CAD, CAM, CAD/CAM e FMS;
- c) cursos especializados para os quadros médios em projetos de eletromecânica de precisão e alta precisão, sejam esses relacionados com o produto ou com a infra-estrutura tecnológica;
- d) cursos de engenharia de produção e de projeto;
- e) cursos de reciclagem de técnicos e engenheiros;
- f) cursos de reciclagem e de formação para engenheiros sobre CN, CNC, DNC, CAD, CAM, CDN, CAD/CAM, FMS, CAI, TGAC, TQUC, TQC, MUM, MOST e outros. Cabe lembrar que o curso de pós-graduação em Informática Industrial do CEFET-PR, iniciado em 1988, está voltado para a formação de mão-de-obra altamente especializada nas áreas de CAD, robótica e telemática;
- g) cursos de reciclagem e formação sobre a evolução do management, que incluam capacitação sobre: COQ, PMQ, SIAD, gestão de documentos, análise do valor, EAC, SE e vários objetivos "zero", etc.

Deve-se promover a realização de um encontro para a discussão do cenário 2000 para a IEM paranaense, com a participação das escolas médias e superiores de órgãos do governo estadual, bancos de desenvolvimento e empresas da IEM.

Deve-se também realizar estudos de mercado específicos para a indústria, escolas médias e superiores. Os resultados desses estudos, juntamente com as conclusões da discussão do cenário 2000, permitirão definir, com maior exatidão, as áreas prioritárias para a aplicação dos recursos a serem alocados em ensino (médio, superior e especializado) e pesquisa e financiamentos de investimentos produtivos ligados à precisão.

Deve-se persistir na organização de reuniões do tipo Partenariat - trabalho que o BADEP e o CITPAR já iniciaram -, entre empresas do Paraná, outros investidores nacionais e empresas da OCDE, para acelerar a formação de joint venture, a transferência de Know-how e a aquisição de licenças de fabricação de produtos ligados à eletromecânica de precisão e alta precisão, indicados como viáveis pelos estudos de mercado.

A seleção de empresas externas deverá ser realizada através das câmaras ou sindicatos de fabricantes da França, RFA, Itália e outros países da CEE, bem como dos EUA, Canadá e Japão, ou seja, outros países da OCDE.

A implementação de todas essas ações deverá ficar sob a coordenação de um comitê, definido no âmbito das instituições estaduais, que dará continuidade ao desenvolvimento dos trabalhos para a consolidação do parque paranaense de IEM, especializado na prestação de serviços tecnológicos de infraestrutura.

A Secretaria de Estado do Planejamento e a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico, por intermédio do CONCITEC, deverão definir a constituição do comitê coordenador para a implementação do Programa Estadual em Mecânica de Precisão.

**ANEXO 1 - LISTA DE PRODUTOS QUE EXIGEM A
PARTICIPAÇÃO DA MICROMECAÂNICA**

Construções mecânicas

Balanças de laboratório sem registro
 Balanças de laboratório com registro
 Balanças industriais de alta precisão automáticas e semi-automáticas (exemplo: indústria farmacêutica)
 Balanças industriais de alta precisão para dosar, misturar, ensacar, etc., semi-automáticas e automáticas
 Componentes selecionados para máquinas ou aparatos de pesar
 Acessórios para máquinas gráficas
 Máquinas de escrever convencionais
 Máquinas de escrever elétricas
 Máquinas de escrever para usos especiais
 Máquinas de escrever eletro-eletrônicas de pequena memória
 Máquinas de escrever eletro-eletrônicas com memória superior a 2000 Kb
 Componentes e peças selecionadas para máquinas de escrever
 Calculadoras simples de bolso
 Calculadoras de bolso, técnico-científicas, sem impressão
 Calculadoras simples com impressão e totalizadoras
 Calculadoras técnico-científicas, com impressão
 Máquinas de faturar
 Máquinas heliográficas ou similares
 Máquinas de contabilidade
 Caixas de registro e controle
 Dictofones
 Máquinas de franquear
 Máquinas de classificar, contar e empacotar dinheiro
 Máquinas para controlar dinheiro
 Máquinas para votar e contar votos
 Outras máquinas de precisão para escritório
 Componentes selecionados de máquinas e aparatos para escritórios
 Componentes selecionados para máquinas têxteis
 Componentes selecionados para máquinas de costura, máquinas auxiliadoras e máquinas para a indústria de vestuário
 Componentes selecionados para as máquinas de calçado e couro
 Componentes selecionados para os aparatos de alarme antiincêndio
 Peças mecânicas: tomilhos de todos os tipos
 Peças mecânicas de tornearia de mandril móvel
 Peças mecânicas de tornearia, outras
 Peças retificadas
 Peças estampadas a frio
 Peças conformadas com calor
 Peças obtidas com metalurgia do pó
 Microtubos, tubos capilares
 Peças metálicas, outras
 Peças de plástico ou similares
 Peças não-metálicas preenchendo funções mecânicas
 Trefilados e laminados especiais
 Malhas metálicas superfinais
 Esferas
 Roletes, agulhas e similares
 Rolamentos de altíssima precisão e pequenos diâmetros (até diâmetro do eixo de 10 mm ou 15 mm para rolamento de agulhas)
 Componentes de microhidráulica

Componentes de micropneumática
 Componentes selecionados para circuitos de vácuo
 Componentes selecionados para circuitos de frio
 Componentes selecionados para circuitos de lubrificação, inclusive dosadores automáticos

Construções aeronáuticas

Instrumentos de bordo para aeronaves

Indústrias automobilísticas

Instrumentos para painéis de autoveículos e motocicletas
 Componentes eletrônicos selecionados (e ainda limitados) para autoveículos. Nova geração de componentes, tais como: injeção eletrônica, carburador com programador eletrônico, etc.

Indústrias elétricas

Instrumentos de medida das radiações atômicas
 Instrumentos de controle das radiações atômicas
 Outros instrumentos de medida para a técnica nucleônica (usinas atomoelétricas)
 Micromotores elétricos
 Motores passo a passo de baixíssima potência
 Microtransformadores
 Microestabilizadores
 Microinterruptores
 Contatores de alta precisão
 Microinterruptores e contadores
 Fios esmaltados e outros
 Microcabos
 Fieiras de altíssima precisão
 Microeletroerosão
 Microsoldadores
 Microdepósitos superficiais em gás neutro ou a vácuo
 Lâmpadas de incandescência
 Minilâmpadas
 Lâmpadas para aviões
 Lâmpadas especiais, outras
 Equipamentos para centrais telefônicas
 Aparatos de intercomunicação com fio de elevada proteção (minas, petróleo, etc.)
 Equipamentos para subestações telefônicas
 Aparatos registradores (telefônicos)
 Equipamento de telex
 Telefone com imagem
 Aparatos diversos de cinta perfurada
 Microtelefones
 Acessórios ou componentes para telefonia
 Equipamentos de transmissão pública para telefonia e telegrafia
 Equipamentos de transmissão pública de rádio-difusão
 Equipamento de transmissão pública de televisão
 Acessórios ou componentes para rádio
 Acessórios ou componentes para televisão
 Periféricos para televisão
 Equipamentos de radionavegação para tráfego marítimo (terra e bordo)

Equipamento de radionavegação para tráfego aéreo (terra e bordo)
 Equipamentos para estúdios de TV, câmeras de TV
 Aparatos de cronometriação elétrica
 Aparatos para marcar o ponto, com ligação direta ao computador central
 Aparatos de segurança (alarmes acústicos, luminosos, etc.)
 Toca-discos
 Toca-fitas
 Rádio-receptores profissionais
 Miniaturização e TV, rádio, toca-discos, toca-fitas, gravadores, etc.
 Acessórios selecionados para TV, rádio, toca-fitas, etc. miniaturizados ou não, profissionais ou não (exemplo: agulha de toca-discos, circuitos impressos, etc.)
 Aparelhos padrões para a medida da corrente, tensão, potência, fase e frequência
 Aparelhos de medição elétrica
 Aparelhos de medição elétrica e registro
 Aparelhos de medição elétrica, programação, comando e registro
 Aparelhos de medição de grandezas físicas não-elétricas: temperatura, caudal, velocidade, vazão, umidade, etc.
 Aparelhos como supra com registro
 Aparelhos como supra com registro, programação e comando
 Contadores elétricos, integradores
 Dispositivos de ensaio e de exames elétricos
 Microscópios eletrônicos
 Reguladores elétricos
 Relés
 Dispositivos elétricos de comando e controle, não considerados em outra parte
 Aparelhos para eletromedicina, raios X, etc. Estudar lista com hospitais e universidades. Trata-se de matéria muito especializada e com elevado grau de novidade
 Equipamentos elétricos selecionados para aviação e navegação espacial
 Microcomputadores
 Minicomputadores
 Impressoras para computadores
 Mesas ou equivalente para desenhar, CAD
 Plotters para computadores
 Memórias fixas
 Computadores de média gama
 Computadores de alta gama
 Periféricos de computadores, outros
 Computadores personificados para aplicações industriais. Ex.: CNC - CAD - CAM - controles de relés, de circuitos integrados, etc.
 Componentes mecânicos para computers e periféricos

Elementos Mecânicos, Elétricos e Eletrônicos para CNC em MF

Processamento em MF
 Régua graduada de medição linear (Inductosyn)
 Captadores de posição linear
 Conversor analógico-numérico
 Motor elétrico passo a passo

Motor hidráulico passo a passo
 Fusos com rosca para esferas
 "Resolver and synchro"
 Simuladores
 Regulares ópticos de alta precisão para precalibragem de ferramentas
 elementos eletro-eletrônicos selecionados para robots
 Programadores de robots
 Simuladores e sincronizadores de movimnto de robots
 Mecânica selecionada para mini-robots

Mecânica de precisão, óptica e relojoaria

Armações para óculos
 Microscópios
 Micrótomos
 Binóculos
 material selecionado para telescópios e astronomia (instrumentos)
 Instrumentos de geodésia
 Instrumentos de oftalmologia
 Instrumentos de fotogrametria
 Refractômetros
 Instrumentos de interferência
 Espectroscópios, espectrógrafos
 Fotômetros
 Aparatos para trabalhos de óptica fina
 Aparatos e instrumentos ópticos de prova e de medição
 Outros aparatos e instrumentos ópticos
 Câmaras fotográficas de precisão, qualidade e/ou velocidade de abertura elevada
 Exposímetros
 Telemetros
 Acessórios para fotografia
 Diascópios, episcópios, epidiascópios
 Aparatos de reprodução e revelado
 Câmaras cinematográficas de 8 e 16mm
 Câmaras cinematográficas de 35mm
 Projetores cinematográficos
 Acessórios para cinematografia
 Aparatos para micrografia
 Bússolas
 Compassos giroscópios para barcos e aeronaves
 Outros instrumentos náuticos
 Instrumentos oceanográficos, hidrológicos e hidrométricos
 Instrumentos meteorológicos
 Compassos e outras peças metálicas para o desenho
 Canetas e similares
 Equipamento de desenho de alta precisão
 Instrumentos cartográficos
 Instrumentos de matemática (planímetros, integradores, coordenatógrafos)
 Balanças para análises e de precisão (microbalanças)
 Aparatos de geofísica
 Aparatos de ensaios mecânicos de materiais metálicos
 Aparatos de ensaio para materiais não-metálicos
 Aparatos de ensaio e medição para gasosos (ex.: medidores de umidade, etc.)

Aparatos de medida e registro das vibrações - sismógrafos
 Conta-giros, tacômetros, tacógrafos, teletacômetros, regis-
 tradores de produção, de tempo e similares
 Manômetros de todas as pressões, manômetros de precisão, va-
 cuômetros, manômetros diferenciais etc., com ou sem registro
 e comando
 Instrumentos para a medição, o controle e o registro, com o
 comando ou telecomando das temperaturas
 Contadores de precisão e pequenas quantidades de fluidos
 Contadores de outros tipos (ex.: taxímetros, paquímetros,
 etc.)
 Instrumentos mecânicos de medição linear e angular, de pre-
 cisão (Palmer's, comparadores, etc.)
 Instrumentos não-mecânicos de medição linear e angular, in-
 clusive com laser
 Máquina de medir tridimensional, com ou sem registro, todos
 os tipos
 Outros aparatos e/ou instrumento de medida e controle, com
 comando e/ou telecomando
 Relógios de pulso
 Despertadores
 Relógios para uso industrial, cronômetros e cronógrafos
 Pêndulos
 Mecanismos de relojoaria para instrumentos ou aplicações in-
 dustriais, com ou sem registro
 Peças de precisão para relojoaria

Aparelhos e Instrumentos Médico-Hospitalares

Endoscópios em geral
 Endoscópios com fotografia e câmara
 Acessórios de endoscopia
 Sistemas ópticos para endoscopia, trancoscopia, etc.
 Condutores flexíveis de luz fria
 Vaporizador modular, respirador, minirrespirador, etc.
 Aparatos e instrumentos para anestesia
 Pinças de todos os tipos
 Bisturi
 Bisturi eletrocirúrgico
 Agulhas para seringas
 Seringas metálicas
 Injetor a jato sem agulha
 Tesouras
 Agulhas Atraumatic para suturar
 Instrumentos e aparatos cirúrgicos, outros
 Instrumentos para neurocirurgia
 Medidores de pressão (Esfignomanômetro)
 Medidores de pressão intercranial
 Marca-passo cardíaco
 Eletroencefalógrafo
 Colcoscópio
 Ecocardiógrafos, eletrocardiógrafos, etc.
 Ecógrafos, outros
 Aparelho prova de esforços
 Bombas para fins médicos
 Compressores e bombas de vácuo para fins médicos
 Instrumentos e aparatos para urologia
 Instrumentos e aparatos para otorrinolaringologia

Instrumentos e aparatos auriculares

Otoscópio

Aparatos auditivos

Aparato para provas visuais

Retinógrafo

Nistagnógrafos

Aparatos e instrumentos para diagnóstico cardiovascular

Registradores centrais de pulso e pressão e similares

Eletrocardiógrafos

Miógrafos

Oxilógrafos

Aparatos diatérmicos

Aparatos de cirurgia de onda ultracurta

Galvanocauterizadores

Instrumentos e aparatos para a lasercirurgia

Instrumentos e aparatos para a criocirurgia

Tubos e válvulas de raios X

Aparatos de irradiações, lâmpadas de irradiação

Tomógrafos computarizados

Acessórios para radiodiagnósticos

Aparatos e instrumentos para terapia de rádio e isótopos

Aparatos de medicina nuclear

Centrífugas de laboratório

Aparelhos de destilação

Ultrafiltros

Sacarímetros

Aparelhos para análise de sangue com registro

Instrumentos e aparatos para laboratórios bacteriológicos, serológicos e histológicos

Filtros bacteriológicos

Instalações para limpar instrumentos cirúrgicos por ultrassom

Termômetros médicos

Comando da cadeira odontológica (caixa de controle dos movimentos)

Instrumentos elétricos, pneumáticos e outros para odontologia

Instrumentos manuais, não-motorizados para odontologia

Ferramentas de consumo e intercambiáveis para odontologia (fresas, brocas, etc.)

Ferramentas de precisão

Ferramentas diamantadas de pequena dimensão

Brocas até diâmetros de 3mm e ferramentas rotativas/similares

Ferramentas para roscar pequenos diamantes

Fresas de todos os tipos para micromecânica

Outras ferramentas de corte para micromecânica

Limas extra-finas

Matrizes para estampagem a frio extrapreciso

Matrizes múltiplas, em linha para peças de pequena dimensão

Matrizes outras para plástico, metalurgia do pó, estampagem a frio e extrusão a frio

Ferramentas de todos os tipos, para trabalhos a frio e quente, elaboradas em metal duro, vidia - pelas de pequena dimensão

Calibres fixos especiais de altíssima precisão - calibres padrões

Blocos padrões

Aparelhos e instrumentos de medição para engrenagens de classe BS AI

Ferramentas especializadas manuais para trabalhos de montagem, manutenção de micromecânica (ex.: relojoeiros, bijuterias, etc.)

ANEXO 2 - FORMULÁRIO ADOADO

PESQUISA SOBRE OS PRODUTOS ELETRO-MECÂNICOS DE PRECISÃO E ALTA PRECISÃO

1. DADOS GERAIS

| | |
|-----------------------|------------------|
| INOME_____ | SETOR INDUSTRIAL |
| ENDEREÇO_____ | CIU |
| CIDADE_____ | |
| IFONE_____ | |
| ICONTATO_____ | IBGE |
| IANO DE FUNDAÇÃO_____ | |

2. CONTROLE DO CAPITAL

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| 100% NACIONAL () | MAIORIA NACIONAL () |
| ESTADO DE ORIGEM_____ | SÓCIOS_____ |
| 100% ESTRANGEIRO () | MAIORIA ESTRANGEIRO () |
| PAÍS DE ORIGEM_____ | SÓCIOS_____ |

3. HISTÓRICO DO ESTABELECIMENTO

| |
|--------------------------------------|
| MOTIVOS DE SUA LOCALIZAÇÃO NO PARANÁ |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

4. PRINCIPAIS PRODUTOS: GRAU E QUANTIDADE DE PRECISÃO E DIMENSÃO

| | DENOMINAÇÃO | GRAU DE PRECISÃO (MM) | | | |
|---|-------------|-----------------------|-------|------|--------|
| | | > CENT. | CENT. | MIL. | < MIL. |
| 1 | | * | | | |
| | | ** | | | |
| 2 | | * | | | |
| | | ** | | | |
| 3 | | * | | | |
| | | ** | | | |
| 4 | | * | | | |
| | | ** | | | |
| 5 | | * | | | |
| | | ** | | | |

* MP - 5MM F - 5MM A 50 MM M - 50MM A 200MM G - 200MM A 1000MM SG - 1000MM
 ** MM - MUITÍSSIMO M - MUITO R - REGULAR P - POUCO PP - POUQUÍSSIMO

5. CAMPO DE TOLERÂNCIA

| | PRODUÇÃO PRÓPRIA | INFRA-ESTRUTURA TECNOLÓGICA | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------|-----------------------------|-----|---------|-----|-----------------------|-----|---------|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | SEMI-ELABORADOS | | | | SERVIÇOS TECNOLÓGICOS | | | | PEÇAS ENCOMEN- DADAS A TER- CEIROS | | | | | | | |
| | | INTERNA | | EXTERNA | | INTERNA | | EXTERNA | | | | | | | | | |
| ISO | (4) | (5) | (6) | (7) | (4) | (5) | (6) | (7) | (4) | (5) | (6) | (7) | (4) | (5) | (6) | (7) | |
| * | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ** | | | | | | | | | | | | | | | | | |

OBS: ISO 4 - 5 - 6 - ALTA PRECISÃO
 7 - PRECISÃO
 8 - 9 - PRECISÃO REGULAR E BAIXA

* RESPOSTA - F - FÁCIL (OBTIDA FACILMENTE)
 R - REGULARMENTE/NORMALMENTE
 D - DIFÍCIL EXECUÇÃO
 I - IMPOSSÍVEL, PORÉM NECESSÁRIO

** MM - MUITÍSSIMO M - MUITO R - REGULAR P - POUCO PP - POUQUÍSSIMO

6. INFRA-ESTRUTURA TECNOLÓGICA

| | INT. | EXT. | M.O. |
|---|------|------|------|
| 16-A. SEMI-ELABORADOS | | | |
| 1. Metalurgia do pó | | | |
| 2. Fundição (processo cera perdida/fundição de alta precisão e similares) | | | |
| 3. Fundição a pressão, centrífuga e similares | | | |
| 4. Outros processos de fundição | | | |
| 5. Extrusão a frio, forja a frio, trefilação de precisão em $\phi < 1 \text{ mm}$ e similares | | | |
| 6. Extrusão a quente | | | |
| 7. Outros processos de conformação a quente | | | |
| 8. Uso de materiais específicos a eletrônica, fônica, etc., metálicos | | | |
| 9. Uso de materiais específicos à eletrônica, telecomunicações, etc., não metálicos | | | |
| 10. Materiais sob encomenda | | | |
| OBS.: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

(continua)

(continuação)

| 16-B. SERVIÇOS TECNOLÓGICOS | INT. | EXT. | H.O |
|--|------|------|-----|
| 1. Tratamentos térmicos | | | |
| 2. Depósitos metálicos outros que galvanoplastia | | | |
| 3. Fabricação e manutenção de ferramentas para micromecânica | | | |
| 4. Matrizes para estampagem e embutido a frio - microestampa para gravar, etc. | | | |
| 5. Moldes, coquilhas, etc. para formar os metais a quente (pressão, forja, etc.) | | | |
| 6. Moldes para plástico e outros não ferrosos | | | |
| 7. Moldes para forja a frio | | | |
| 8. Moldes para cerâmica e outros de (4) | | | |
| 9. "Jigs", gabaritos, montagens de máquinas, equipamentos para linhas de montagem de outros equipamentos indiretos de produção | | | |
| OBS.: (FORNECEDORES, SERVIÇOS PRESTADOS A TERCEIROS, ETC.) | | | |
| ----- | | | |
| ----- | | | |
| ----- | | | |
| PEÇAS DE PRECISÃO ENCOMENDADAS A TERCEIROS | | | |
| 10. ----- | | | |
| 11. ----- | | | |
| 12. ----- | | | |
| 13. ----- | | | |
| (FORNECEDORES) | | | |
| ----- | | | |
| ----- | | | |
| ----- | | | |

7. PRINCIPAIS CLIENTES E DESTINO SETORIAL E ESPACIAL (ESTADO) DOS PRODUTOS

| | PRINCIPAIS CLIENTES | SETORES | ESTADOS |
|---|---------------------|---------|---------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

8. PRINCIPAIS CONCORRENTES

| | PRINCIPAIS CONCORRENTES |
|---|-------------------------|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |

9. PESSOAL OCUPADO

| | PESSOAS | | Nº HORAS/ANO |
|---|---------|---|--------------|
| | Nº | X | |
| TOTAL | | | |
| 1) DIRETOS (PRODUÇÃO) | | | |
| 2) INDIRETOS | | | |
| .FERRAMENTARIA | | | |
| .ESCRITÓRIO TÉCNICO DE PROJETO | | | |
| TÉCNICOS LIGADOS AO PROJETO DOS PRODUTOS DA QUESTÃO 4 | | | |

10. FATURAMENTO EM US\$ EM 1988 E PRODUTIVIDADE

| | | |
|--|-------------------------|--|
| | | |
| | .FATURAMENTO | |
| | .VALOR AGREGADO | |
| | .VALOR DAS COMPRAS | |
| | .VARIACÃO DO ESTOQUE | |
| | .PRODUTIVIDADE (FAT/PO) | |
| | .PRODUTIVIDADE (VA/PO) | |
| | | |

11. KNOW-HOW

| | | | | | | | |
|--|--------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | PRODUTOS | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | |
| | KNOW-HOW PRÓPRIO | | | | | | |
| | KNOW-HOW DA MATRIZ ESTRANGEIRA | | | | | | |
| | LICENÇAS | | | | | | |
| | COMPRA DE DESENHOS | | | | | | |
| | CONSULTORIA EXTERNA | | | | | | |
| | OUTROS | | | | | | |

OBS.: (DIFICULDADES)

12. LABORATÓRIO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

| | PRODUTOS | | | | |
|----------------------------------|----------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| LABORATÓRIO INTERNO | | | | | |
| LABORATÓRIO EXTERNO, NACIONAL | | | | | |
| LABORATÓRIO EXTERNO, ESTRANGEIRO | | | | | |

OBS.: (DIFICULDADES, LABORATÓRIOS, ETC.)

13. VELOCIDADE DE EVOLUÇÃO DOS PRODUTOS

| QUANTOS ANOS DECORREM PARA SUA RENOVACÃO TOTAL OU QUASE TOTAL | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| BRASIL | | | | | |
| EXTERIOR | | | | | |

14. CONTROLE DE QUALIDADE E MEDIÇÃO

A.

| | INSTRUMENTOS | MAO DE OBRA | |
|---------------------------------|--------------|-------------|--------|
| | | QUALIDADE | NÚMERO |
| LABORATORIO DE METROLOGIA | | | |
| OUTROS CONTROLES DE QUALIDADE | | | |
| METROLOGIA NO CURSO DA PRODUÇÃO | | | |

O - OTIMO B - BOM R - REGULAR S - SUFICIENTE IN - INSUFICIENTE

OBS.: (SISTEMA UTILIZADO, DIFICULDADES, EQUIPAMENTOS DOS LABORATÓRIOS)

B.

| | a/ | b/ |
|---|----|----|
| 1. Controles de qualidade destrutivos e não-destrutivos, sobre a produção própria | | |
| 2. Controles de qualidade destrutivos e não-destrutivos, da produção de terceiros | | |
| 3. Controles de qualidade dinâmica ou funcionais | | |
| 4. Microscópio da oficina | | |
| 5. Características específicas das instalações, com controle de: | | |
| . temperatura | | |
| . umidade | | |
| . vibrações | | |
| . bactérias | | |
| . poluição de 2) a 6), ver c/ | | |

(continua)

(continuação)

ICI:

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |

NOTA: a/ = responder com X se usa, deixar em branco quando não usa
b/ = a formação profissional, para o uso do equipamento é:
S=suficiente I=insuficiente N= nula
c/= cver fator 072(E.55), pag.144 do TOMO III do SEACT

C.

USA LABORATÓRIOS EXTERNOS FREQUENTEMENTE

 SIM NÃO

D.

PRESTA SERVIÇOS DE LABORATÓRIO PARA TERCEIROS

 SIM NÃO

(continuação)

| | | | |
|--|--|--|--|
| 16. Rosqueadeiras por deformação | | | |
| 17. Centros de usinagem de todos os tipos e ponteadeiras | | | |
| 18. Máquinas para engrenagens, corte | | | |
| 19. Máquinas para engrenagens, acabamento, excl. retificadoras | | | |
| 20. Máquinas concebidas e/ou construídas pelo utilizador | | | |
| 21. Outras máquinas de usinagem por remoção de cavaco | | | |
| OBS.: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 15-C. MÁQUINAS DE USINAGEM POR ABRASÃO | | | |
| 22. Retificadoras cilíndricas | | | |
| 23. Retificadoras planas | | | |
| 24. Retificadoras de ferramentaria | | | |
| 25. Retificadoras de perfis | | | |
| 26. Retificadoras de coordenadas | | | |
| 27. Retificadoras especiais | | | |
| 28. Retificadoras de engrenagens | | | |
| 29. Outras retificadoras | | | |
| 30. Honing, lapping, polimento | | | |
| OBS.: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

(continua)

(continuação)

| | | | |
|---|--|--|--|
| 15-D. MÁQUINAS DE USINAGEM POR ELETRICIDADE | | | |
| 131. Eletroerosão de coordenadas | | | |
| 132. Eletroerosão a fio | | | |
| 133. Outras máquinas de usinagem elétrica | | | |
| OBS.: | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 15-E. MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DIVERSOS | | | |
| 134. Máquinas ou postos específicos para eletrônica | | | |
| 135. Máquinas ou postos específicos para óptica | | | |
| 136. Máquinas ou postos específicos para fotônica, laser, etc. | | | |
| 137. Máquinas para micro-soldagem | | | |
| 138. Máquinas para colagem e micro-soldagem | | | |
| 139. Bobinadoras e micro-bobinadoras | | | |
| 140. Prensas para plástico e micro-prensas | | | |
| 141. Equipamentos de vibração | | | |
| 142. Utilização de robôs para solda de precisão | | | |
| 143. Utilização de robôs para montagem de precisão | | | |
| 144. Máquinas para montagem e de acoplamentos de precisão | | | |
| 145. Tratamentos térmicos ligados às peças de precisão e alta precisão | | | |
| 146. Decapagem, limpeza, etc. ligados às peças de precisão e alta precisão | | | |
| 147. Tratamentos de superfície ligados às peças de precisão e alta precisão | | | |
| 148. Banhos de proteção e/ou pintura ou outros similares relacionados | | | |
| 149. Fornos e secadores | | | |

(continua)

ANEXO 3 - EMPRESAS ENTREVISTADAS

Ferramentarias

Du Pont (atualmente Metal Leve) - Piraquara

- . Estampos de corte rápido para chapas e matrizes

Estampar - Londrina

- . Ferramentas de estampagem de corte

Exatta - Ind. e Com. de Artefatos de Precisão Ltda - Curitiba

- . Dispositivos de Precisão: morsas, perfiladores de rebolo, mesa de seno, cabeçote mandrilador, aparelho divisor
- . Usinagem para terceiros

Ferramentas Precisa Ltda. - Curitiba

- . Hastes para insertos

Giacomini Ind. e Com. de Matrizes Ltda. - Londrina

- . Estampas e moldes para injeção de plástico

Mach-Tools - Ferramentas para Máquinas de Usinagem Ltda. - Curitiba

- . Ferramentas rotativas, bastões alargadores e outras ferramentas

Matrisul - Ferramentas de Precisão Ltda. - Araucária

- . Serviços em eletroerosão a fio

Microns Indústria Mecânica Ltda. - Piraquara

- . Peças sobressalentes para máquinas das indústrias químicas e petroquímicas

NC - Indústria de Matrizes Ltda. - Quatro Barras

- . Moldes de injeção termoplásticos, termofísicos e de alumínio, moldes de vacuum-forming, ferramentas de corte e repuxe, dispositivos e máquinas especiais

Ferramentarias Internas das Empresas

América Indústria e Comércio de Peças - Curitiba

- . Usinagem para terceiros, cabeçotes rosqueados para furadeiras, mandril para furadeira

Benerti Indústria Mecânica Ltda. - Curitiba

- . Usinagem de peças médias

Brasholanda S.A - Pinhais

- . Envases plásticos (Depto. de Ferramentaria)

CAMFER Ind. e Com. de Ferramentas Ltda. - Curitiba

- . Peças usinadas para terceiros

Comércio e Usinagem Pries Ltda. - Curitiba

- . Usinagem de rodas dentadas para terceiros

DMZ - Microusinagem Ltda. - Curitiba

- . Usinagem de conexões de sistemas hidráulicos e pneumáticos para freios e de peças técnicas (buchas, pinos, parafusos, etc.)

Empresas prestadoras de Serviços de Usinagem para Terceiros

Equitel S/A - Curitiba

- . Centrais telefônicas, sistemas de transmissão para microondas, terminais telefônicos (Depto. de Ferramentaria)

H. Matoso - Curitiba

- . Usinagem para terceiros

Húbner Ind. Mecânica Ltda. - Curitiba

- . Serviços de usinagem em peças de aço, inox, alumínio

Ibratec - Ind. e Com. Ltda. - Curitiba

- . Tornearia de peças para automóveis

Indústria Mecânica Crosspoint Ltda. - São José dos Pinhais

- . Serviços de usinagem para terceiros; serviços de tratamento térmico e de solda

MetalKraft Indústria Mecânica Ltda. - Piraquara

- . Usinagem de peças metálicas para terceiros

Normatic - São José dos Pinhais

- . Serviços de usinagem para terceiros; fabricação de calibre sob encomenda; fabricação de dispositivos, moldes e estampos (tratamento térmico em fase de implantação)

Plastipar Ind. e Com. Ltda. - Curitiba

- . Ferragens para móveis (Depto. de Ferramentaria)

UNAP - Usinagem Nacional de Auto-Peças Ind. E Com. Ltda. -

Araucária

- . Usinagem para terceiros

Usinagem Brás-Ind. Mecânica Ltda. - Curitiba

- . Usinagem de peças, fabricação de matrizes e moldes

Empresas Produtoras de Componentes

Intermotor - Indústria de Motores Ltda. - São José dos Pinhais

- . Motores estacionários dois tempos para mini-veículos, para bombas e polpas

Mabrom - Maringá Bronzinas e metais Ltda. - Maringá

- . Bronzinas semi-acabadas e buchas

Metalúrgica Lufer Ind. e Com. Ltda. - São José dos Pinhais

- . Pinos, buchas, hastes, eixos, engrenagens, carrier pinhão, etc.

- . Tratamento térmico

Metalúrgica Santa Cecília - Ponta Grossa

- . Mancais de deslizamento para motores, bombas e compressores; bronzinas

Nippondenso Comp. Ltda. - Curitiba

- . Compressor para ar condicionado; moto bomba (lavadora)

Omark Industrial Ltda. - Curitiba

- . Correntes para moto-serras e para bicicletas

Robert Bosch Ltda. - Curitiba

- . Bomba injetora, bomba alimentadora, filtros, bicos injetores, válvulas e elementos

Rolmaster - Técnica Industrial de Cilindros Ltda. - Curitiba

- . Cilindros para impressoras e para onduladeiras, serviços de cromo duro lapidado e fosco, recuperação dimensional e aplicações especiais de investimentos

Statomat - Máquinas Especiais Ltda. - Piraquara

- . Estatores, estampos progressivos de corte

Empresas Produtoras de Bens Finais

ABS - Ind. de Bombas Centrífugas Ltda. - Curitiba

- . Bombas submersíveis, motores elétricos submersíveis

EVLAB - Ind. e Com. de Produtos para Laboratórios Ltda. - Londrina

- . Centrífugas, equipamentos de testes para laboratórios

Kamyr do Brasil - CIC - Curitiba

- . Equipamentos para fabricação de celulose, sistemas de propulsão para corvetas da marinha

Milan - Equipamentos Científicos Ltda.

- . Microbombas peristálticas e outros equipamentos para controle de qualidade industrial, laboratorial e de meio ambiente

New Holland - máquinas Agrícolas Ltda. - Curitiba

- . Colheitadeiras agrícolas

Olsen Tecnologia - Curitiba

- . Micrometro a laser

Pfaff - Máquinas Industriais - Curitiba

- . Máquinas de costura industrial

Sund.Emba BHS-Ind. de Máquinas S/A. - Curitiba

- . Rolos corrugadores, impressoras flexográficas, onduladeiras e refinadores para indústrias de papel e celulose

Volvo do Brasil-Motores e Veículos S/A. - Curitiba

- . Caminhões e ônibus; usinagem do bloco do motor; suporte da bomba injetora; capa do mancal do virabrequim

GLOSSÁRIO

- Blocos padrões** - blocos de metal utilizados para aferição de equipamentos e sistemas de medição dimensional, que servem como referência de medida confiável.
- Eletroerosão a fio** - equipamento comandado por computador que, através de um fio carregado de eletricidade, corta um bloco de metal, dando formato a peças de geometria complexa. É um equipamento de alto valor unitário, importado, muito utilizado para a confecção de estampos.
- Estampagem** - processo de conformação através de prensagem (ver estampos).
- Estampos** - ferramenta construída através de técnicas de usinagem e precisão, para ser acoplada a uma prensa. É constituída de macho e fêmea, chamados punção e matriz, que devem se encaixar quando golpeados pela prensa, fazendo furos, dobras, cortes e reentrâncias em uma chapa.
- Extrusão** - passagem forçada de um metal ou de um plástico através de um orifício, visando conseguir uma forma alongada ou filamentosa.
- Fundição a cera perdida** - processo de fundição para obtenção de peças precisas com geometria com-

plexa - que se utiliza de modelos em cera. Esses modelos feitos manualmente com o formato da peça desejada são envolvidos pelo molde de areia e desaparecem no processo de fundição quando em contato com o metal quente.

Gabaritos - dispositivos utilizados para auxiliar no posicionamento em processos de soldagem, furação e outros.

Galvanoplastia - processo eletroquímico de proteção de superfícies metálicas através da deposição de zinco.

Laser - fonte de luz monocromática, muito intensa, coerente e colimada, cuja radiação é emitida por estímulo de um campo externo, que pode ser um cristal (granada de alumínio e étrio) ou um gás (neônio ou mistura de hélio e neônio), com aplicações variadas na indústria e na medicina.

Metalurgia do pó - processo utilizado para obtenção de peças cerâmicas ou metálicas com alto grau de dureza, através da compactação de pó a altas temperaturas (sinterização) em moldes apropriados. A confecção dos moldes exige alta precisão, pois as peças obtidas por este processo não podem passar por outros processos de acabamento em função da dureza.

Microgalvanoplastia - ver galvanoplastia.

- Micrômetro** - aparelho destinado a fazer medições com precisão de microns.
- Micrometro ou microns** - milésima parte do milímetro.
- Most** - procedimento que evoca a standardização das operações para compensar a variedade dos produtos.
- Methodology for Unwarred Machine Shop (MUM)** - programa aplicado às produções automáticas de séries pequenas e médias, na indústria mecânica leve.
- Tolerância de trabalho** - margem de erro tolerada na dimensão de uma peça a ser fabricada. Esta margem é especificada no projeto de fabricação do produto, que discrimina o quanto poderá variar, em valor absoluto, para mais e/ou para menos, cada dimensão da peça.
- Tratamento térmico** - tratamentos necessários para ajustar as características mecânicas, tais como dureza e homogeneização granular dos materiais, através de processos de aquecimento e resfriamento devidamente controlados, por exemplo: tempera, cementação, recozimento, revenimento. Estes tratamentos melhoram a usinabilidade e a resistência mecânica das peças metálicas.
- Usinagem** - operação pela qual dá-se forma à matéria-prima através da retirada de matéria. Esta pode ocorrer por remoção de cavacos (aplainamento, fresamento, torneamento, furação, etc.), por abrasão (bruni-

mento, lapidação, polimento, etc.) ou eletro e/ou química, na qual, diferentemente das anteriores, não há contato entre a ferramenta e a peça a ser usinada (eletroerosão, feixe de elétrons, remoção fotoquímica, etc.).

Objetivo Zero - objetivo de uma empresa em atingir zero defeitos, zero estoques, zero prazo, zero papel, zero paradas, zero acidentes, zero conflitos, zero insegurança, zero calorias/frigorias (domínio da energia) e zero germes.

Sistema Expert (SE) - sistemas informatizados que possuem "competências" comparáveis às de um consultor.

Total Quality Control (TQC) - filosofia de autocontrole de qualidade em oposição ao conceito de controle no final da produção.

NOTAS DE REFERÊNCIA

¹GONÇALVES, Walter V. Formação técnica e profissional de nível técnico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1, 1988. São Paulo. Coletânea de palestras. 2.ed. São Paulo : ABIMAQ : SINDIMAQ, 1988.

²GONÇALVES, p.69-70.

³GONÇALVES, p.69.

⁴VIDOSSICH, Franco. Cenário 2000 para a indústria eletro-mecânica brasileira. s.l. : ABIMAQ, s.d.

⁵FUNDAÇÃO CENTRO REGIONAL DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. Mecânica de precisão no Brasil : situação e diretrizes de desenvolvimento. s.l., 1988. Convênio MCT, CERTI. p.48.

⁶FUNDAÇÃO CENTRO..., p.50.

⁷FUNDAÇÃO CENTRO..., p.80.

⁸FUNDAÇÃO CENTRO..., p.3.

⁹SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1, 1988. São Paulo. Coletânea de palestras. 2.ed. São Paulo : ABIMAQ : SINDIMAQ, 1988. p.11.

¹⁰VIDOSSICH, Franco. Como planejar a mecânica de precisão. Brasília : Ministério da Ciência e Tecnologia, 1988. (Coleção Brasilciência, 4).

¹¹Ver SISTEMA DE INFORMAÇÕES CADASTRAIS da Coordenadoria de Desenvolvimento Industrial e Comercial da Secretaria de Estado da Indústria e Comércio, 1988.

¹²VIDOSSICH, Franco. El índice de complejidad de los bienes de capital : manual de utilización. s.l. : UNIDO, 1980. 194p.

¹³..... Cenário 2000 para a indústria eletro-mecânica brasileira. s.l.: ABIMAQ, s.d.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BRASIL. Presidência da República. Secretaria Especial de Informática. Relatório da Comissão Especial nº 2 : mecânica fina. s.l., 1981.
- 2 COLENSI JUNIOR, Alfredo. Formação técnica e profissional de nível superior. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1, 1988. São Paulo. Coletânea de palestras. 2.ed. São Paulo : ABIMAQ : SINDIMAQ, 1988.
- 3 DI GIACOMO, Benedito. Aspectos metroológicos em engenharia de precisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1, 1988. São Paulo. Coletânea de palestras. 2.ed. São Paulo : ABIMAQ : SINDIMAQ, 1988.
- 4 FUNDAÇÃO CENTRO REGIONAL DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. Mecânica de precisão no Brasil : situação e diretrizes de desenvolvimento. s.l., 1988. Convênio MCT, CERTI.
- 5 GONÇALVES, Walter V. Formação técnica e profissional de nível técnico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1, 1988. São Paulo. Coletânea de palestras. 2.ed. São Paulo : ABIMAQ : SINDIMAQ, 1988.
- 6 IPARDES - FUNDAÇÃO ÉDISON VIEIRA. Novos materiais industriais : subsídios para um programa paranaense. Curitiba, 1988. 126p. Convênio IPARDES, MCT.
- 7 IPARDES - FUNDAÇÃO ÉDISON VIEIRA. O setor eletrônico no Paraná. Curitiba, 1988. 62p.
- 8 SEMINÁRIO PARA O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO - DIRETRIZES PARA UM PROGRAMA DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1987. Rio de Janeiro. Mecânica de precisão. s.l. : FINEP, s.d.
- 9 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO, 1, 1988. São Paulo. Coletânea de palestras. 2.ed. São Paulo : ABIMAQ : SINDIMAQ, 1988.
- 10 VIDOSSICH, Franco. Cenário 2000 para a indústria eletro-mecânica brasileira. s.l. : ABIMAQ, s.d.
- 11 VIDOSSICH, Franco. Como planejar a mecânica de precisão. Brasília : Ministério da Ciência e Tecnologia, 1988. (Coleção Brasilciência, 4).
- 12 VIDOSSICH, Franco. El índice de complejidad de los bienes de capital : manual de utilización. s.l. : UNIDO, 1980. 194p.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral

IPARDES
fundação edison veira

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL

RUA JAIME REIS, 331 - FONE (041) 252-3714
CEP 80510 CURITIBA - PARANÁ