

NOVOS MATERIAIS INDUSTRIAIS

subsídios
para um
programa
paranaense

NOVOS MATERIAIS INDUSTRIAIS

**subsídios
para um
programa
paranaense**

**CONVÊNIO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E
TECNOLOGIA - MCT**

**CURITIBA
MAIO/1988**

159n IPARDES-FUNDAÇÃO EDISON VIEIRA.

Novos materiais industriais; subsídios para
um programa paranaense. Curitiba, 1988.

126p.

Convênio IPARDES/NCT

1. Indústria-Paraná. 2. Novos materiais-Paraná.
3. Economia industrial-Paraná. I. Título.

CDU 338-45:6(816.2)

GOVERNO DO ESTADO

ALVARO DIAS - Governador

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL

FRANCISCO BORJA BAPTISTA DE MAGALHÃES FILHO - Secretário

ROMAR TEIXEIRA NOGUEIRA - Diretor Geral

IPARDES-FUNDAÇÃO EDISON VIEIRA

CARLOS ARTUR KRÜGER PASSOS - Diretor-Presidente

NEI CELSO FATUCH - Secretário Geral

CARLOS MANUEL V. A. SANTOS - Coordenador de Pesquisa

**MARCO ANTONIO PINHEIRO - Coordenador do Centro Estadual de
Estatística**

**EUCLIDES MARCHI - Coordenador do Centro de Treinamento para
o Desenvolvimento**

EQUIPE TÉCNICA

Cirilo Schenkel (economista) - Coordenador

Edir Edemir Arioli (geólogo)

Egon Antonio Torres Berg - Consultor

APOIO TÉCNICO OPERACIONAL

Maria Dirce M. de Souza (normalização bibliográfica)

**Letícia T. C. Konarski (editoração), Carlos Dala Stella
(revisão), Ana Batista Martins (operação e processamento de
texto), Stella Maria Gazziero (projeto gráfico), Iara Re-
gina Teixeira (capa), João Carlos P. Franco (reprodução
gráfica)**

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS.....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xii
APRESENTAÇÃO.....	xiii
INTRODUÇÃO.....	1
1 MERCADO MUNDIAL E PESQUISA DE NOVOS MATERIAIS.....	7
1.1 CERÂMICAS AVANÇADAS.....	8
1.2 POLÍMEROS.....	20
1.3 COMPOSTOS.....	25
1.4 LIGAS METÁLICAS.....	27
1.5 SILÍCIO.....	33
2 PANORAMA BRASILEIRO EM NOVOS MATERIAIS.....	39
2.1 CERÂMICAS AVANÇADAS.....	42
2.2 POLÍMEROS.....	49
2.3 MATERIAIS METÁLICOS.....	55
2.4 SILÍCIO.....	57
3 O PARANÁ E OS NOVOS MATERIAIS.....	61
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS.....	63
3.2 PERFIL DA INDÚSTRIA PARANAENSE.....	69
3.3 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS.....	70
3.3.1 Universidade Federal do Paraná - UFPR.....	75
3.3.2 Laboratório Central de Eletrotécnica e Ele- trônica - LAC.....	81
3.3.3 Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR.....	89

3.3.4	Fundação Universidade Estadual de Maringá - FUEM.....	90
3.3.5	Fundação Universidade Federal de Londrina - FUEL.....	96
4	PROPOSTA DE AÇÃO E INVESTIMENTOS PARA UM PRO- GRAMA PARANAENSE DE NOVOS MATERIAIS.....	99
4.1	CENTRO DE PESQUISAS EM MATERIAIS - CENAT.....	104
4.2	ENTIDADES PARTICIPANTES DO PROGRAMA.....	109
4.3	PREVISÃO DE INVESTIMENTOS.....	111
4.3.1	Pré-Orçamento.....	111
4.3.2	Fontes e Recursos Financeiros.....	114
	ANEXO - RELAÇÃO PRELIMINAR DE EQUIPAMENTOS.....	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

LISTA DE TABELAS

1	Estimativas de Mercado do Japão, dos Estados Unidos e do Mundo para as Cerâmicas Avançadas, entre 1982 e 2000.....	12
2	Taxas de Crescimento Anual, Segundo Setores das Cerâmicas Avançadas - 1985 e 1985-2000.....	14
3	Mercados Mundiais para os Supercondutores - 1987-2002.....	19
4	Situação da P&D em Ciência e Engenharia dos Materiais, nas Instituições Paranaenses - 1988.....	71

LISTA DE QUADROS

1	Comparação entre Cerâmica Tradicional e Avançada.....	9
2	Aplicações Industriais das Ligas Metálicas de Alta Pureza, por Setores de Consumo Potencial - 1987.....	29
3	Instituições Brasileiras Dedicadas à Pesquisa e Desenvolvimento de Cerâmicas Avançadas - 1988.....	48
4	Plásticos de Engenharia no Brasil - 1987.....	51
5	Plásticos Avançados de Engenharia no Brasil - 1987.....	52
6	Compostos/Ligas Poliméricas no Brasil - 1987.....	53
7	Setores Consumidores dos Polímeros Segundo suas Funções.....	54
8	Indústria de Materiais Metálicos no Brasil - 1987.....	57
9	Pesquisa e Desenvolvimento em Metais do Brasil - 1987.....	58
10	Insumos da Cerâmica Avançada, suas Matérias-Primas e Disponibilidades no Paraná - 1987.....	66
11	Setores dos Novos Materiais, no Paraná - 1988.....	100

LISTA DE GRÁFICOS

1	Segmentação do Mercado Mundial de Compósitos com Matrizes Poliméricas - 1984-85.....	24
2	Investimentos Governamentais em P&D - 1964-79.....	62

LISTA DE FIGURAS

1	Funções, Propriedades e Aplicações das Cerâmicas de Alta Tecnologia.....	10
2	Curva de Crescimento Projetada para o Mercado Mundial de Novos Materiais, para o Período 1985-2015.....	15
3	Esquema Básico da Metalurgia do Pó.....	32
4	Matriz Insumo - Produto do Quartzo.....	34
5	Fluxograma da Geração e Aplicação da Cerâmica Avançada.....	65
6	Esquema Básico do Processo de Inovação Tecnológica no Programa Paranaense de Novos Materiais.....	105

LISTA DE SIGLAS

- ABC - Associação Brasileira de Cerâmica
- ASTM - American Society of Trade Marks
- BADEP - Banco de Desenvolvimento do Paraná
- BNDE - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- BRDE - Banco Regional de Desenvolvimento Econômico
- CAD - Computer Aided Design
- CAM - Computer Aided Manufacturing
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal a Nível Superior
- CEN - Ciência e Engenharia dos Materiais
- CENAT - Centro de Pesquisa em Materiais
- C&T - Ciência e Tecnologia
- CITPAR - Centro de Integração de Tecnologia do Paraná
- CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear
- CNPq - Conselho Nacional de Pesquisas
- CONCITEC - Conselho Estadual de Ciência e Tecnologia
- CONSIDER - Conselho Nacional de Não-Ferrosos e de Siderurgia
- COPEL - Companhia Paranaense de Energia
- COPPE/UFRJ - Coordenadoria dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
- COSIPA - Companhia Siderúrgica Paulista
- CPqD - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento
- CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
- CTA - Centro Técnico Aeroespacial
- CTI/TECPAR - Centro de Tecnologia Industrial do Instituto de Tecnologia do Paraná
- DENA/UFSCar - Departamento de Materiais da Universidade Federal de São Carlos

DFI/FUEN - Departamento de Física da Fundação Universidade Estadual de Maringá

DPEN/UFPR - Departamento de Eletrotécnica da Universidade Federal do Paraná

DPEO/UFPR - Departamento de Eletrônica da Universidade Federal do Paraná

DPFQ/UFPR - Departamento Físico-Químico da Universidade Federal do Paraná

EMBRAER - Empresa Brasileira Aeronáutica

ENEA - European Nuclear Energy Agency

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FIPEC - Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica

FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FUEL - Fundação Universidade Federal de Londrina

FUEN - Fundação Universidade Estadual de Maringá

FUEPG - Fundação Universidade Estadual de Ponta Grossa

FUNCITEC - Fundo Estadual de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná

FUNTEC - Programa de Desenvolvimento Tecnológico

GCOI - Grupo Coordenador de Operações Integradas

GORXI/UFPR - Grupo de óptica de Raios X e Instrumentação da Universidade Federal do Paraná

IMA/UFRJ - Instituto de Macromolécula da Universidade Federal do Rio de Janeiro

INE - Instituto Militar de Engenharia

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais

INEPAR S/A - INEPAR S/A Indústria e Construções

IPD - Information Products Department

IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

JICA - Japan International Cooperation Agency

JTECH - Japanese Technology Evaluation Program

LAC/COPEL - Laboratório Central de Eletrotécnica e Eletrônica da Companhia Paranaense de Energia Elétrica

MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia

MEC - Ministério de Educação e Cultura

MIC - Ministério da Indústria e Comércio

MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A.

MIT - Massachusetts Institute of Technology

NSF - National Science Foundation

OJCF - Organização Japonesa de Cerâmica Fina

PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PADTEN - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Empresa Nacional

P&D - Produção e Desenvolvimento

PETROBRAS - Petróleo Brasileira S.A

PETROQUISA - Petrobrás Química S.A

PNCT - Programa Nacional de Ciência e Tecnologia

PROTEC - Programa de Apoio, Criação e Atração de Empresas de Base Tecnologia e/ou Tecnologia de Ponta

SBF - Sociedade Brasileira de Física

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

SEED/PR - Secretaria de Estado de Educação do Paraná

SEET - Secretaria Especial de Ensino Superior, Ciência e Tecnologia

SEIC - Secretaria de Estado da Indústria e do Comércio

SESU - Secretaria do Ensino Superior

STI - Secretaria de Tecnologia Industrial

TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná

TELEBRAS - Telecomunicações Brasileiras S.A

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

UNIDO - United Nations Industry Development

USACA - United States Advanced Ceramics Association

USIMINAS - Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A

LISTA DE SÍMBOLOS QUÍMICOS

ELEMENTOS

Al - alumínio
B - boro
Br - bromo
C - carbono
Ce - cério
Cr - cromo
Cu - cobre
Fe - ferro
Ga - gálio
Gd - gadolínio
La - lantânio
Li - lítio
Mg - magnésio
Mo - molibdênio
Nb - nióbio
Ni - níquel
Pb - chumbo
Pr - praseodímio
Si - silício
Sn - estanho
Ta - tântalo
Ti - titânio
Zn - zinco
V - vanádio
Zr - zircônio
W - tungstênio

COMPOSTOS

Al_2O_3 - alumina
InP - fosfeto de índio
SiC - carbeto de silício
 Si_3N_4 - nitreto de silício
 SiO_2 - sílica
 TiO_2 - titânia
 ZnO_2 - zircônia

APRESENTAÇÃO

O Plano de Governo, em execução no Estado do Paraná, reconhece que o setor produtivo da economia paranaense enfrenta hoje um duplo desafio: manter o atual parque industrial e criar novas condições de expansão, em níveis de competitividade segundo os padrões internacionais. Visando o avanço na direção dos setores da tecnologia de ponta, o Governo Estadual assumiu o compromisso de implementar programas especiais de pesquisa, desenvolvimento e produção de novos materiais, entre outros, com a participação das instituições de pesquisa e empresas atuantes no Paraná.

O presente relatório, elaborado pelo IPARDES, pretende subsidiar a implementação do Programa Paranaense de Novos Materiais. As propostas aqui contidas representam a implementação pretendida pelo Governo para o desenvolvimento dos setores produtivos ligados aos novos materiais industriais. Além disto, elas se coadunam com as diretrizes estabelecidas pelo PROTEC, aprovado pelo CONCITEC e implantado pelo Decreto Estadual nº 2783 de 03.05.88.

Inserindo-se, ainda, nas prioridades do MCT, este Programa mereceu daquele Ministério o reconhecimento oficial e o apoio financeiro, através de convênio estabelecido com o IPARDES.

Espera-se, portanto, que o conjunto de propostas ora apresentadas contribua efetivamente para o desenvolvimento da ciência e engenharia de materiais no Paraná, em benefício da modernização e expansão da economia industrial do Estado.

INTRODUÇÃO

Já se admite a nível mundial que, desde os anos 70, o ciclo tecnológico da indústria metal-mecânica esteja mostrando sinais de saturação, após uma fase de expansão, ou crescimento exponencial, que se desenvolveu a partir da Segunda Guerra Mundial. A depressão económica mundial marca também o início de um novo ciclo, cujas características essenciais são:

- a) reduzidas taxas de utilização de matérias-primas, energia e mão-de-obra;
- b) altos conteúdos de tecnologia e capital aplicados à produção industrial;
- c) baixos impactos negativos dos processos de produção e uso dos produtos sobre o meio ambiente;
- d) curto período de duplicação, no processo de crescimento, estimado hoje em torno de cinco anos, contra os dez anos que caracterizaram o ciclo da metal-mecânica.

A última característica tem implicações importantes, pois enquanto o ciclo findo ocupou três décadas em sua fase de expansão, aproximadamente entre 1945 e 1975, o novo ciclo mostra-se capaz de cumprir a mesma fase na metade do tempo, entre 1995 e 2010, segundo as estimativas correntes.

A origem tecnológica deste novo ciclo talvez possa ser detectada no momento em que, a certa altura deste século, o homem passou a criar materiais aptos a desempenharem funções críticas para o desenvolvimento industrial. Até então, ele procurava aplicações para os materiais existentes na natureza ou descobertos empiricamente. Este momento histórico, situado em meados deste século, é marcado pelo nascimento da ciência e engenharia dos materiais, responsável pela

reação em cadeia do espectro quase inesgotável de ligas, materiais cerâmicos, polímeros e compósitos, que ocupam em crescimento geométrico, na indústria moderna, os lugares dos materiais tradicionais. O Japão tem sido o principal responsável pelas maiores taxas de crescimento deste ciclo. Premido por sua carência em recursos naturais e favorecido por seu alto poder de difusão de inovações na indústria instalada, esse país tem adquirido mais rapidamente do que qualquer outro características de uma sociedade de alta tecnologia, exportando ao resto do mundo o seu padrão industrial.

Pode-se observar que o novo ciclo tecnológico está sendo alimentado essencialmente pela necessidade de se otimizar os processos de coleta, armazenagem e tratamento de informações. Dentro do sistema ternário MATÉRIA-PRIMA - ENERGIA - INFORMAÇÃO, que identifica a tecnologia de produção, cresce cada vez mais a importância da informação como insumo e produto tecnológico. Assim, em torno e em função da informática, geram-se hoje inovações que visam potencializar e, ao mesmo tempo, explorar a sua já elevada capacidade operacional. Aumentam exponencialmente a velocidade, a precisão e a capacidade global do tratamento de dados, conduzindo ao refinamento da tecnologia, à geração de produtos funcionalmente mais eficientes e à aceleração do ritmo do crescimento industrial. A forte interdependência tecnológica entre informática, novos materiais, biotecnologia, eletrônica e mecânica de precisão retrata à perfeição este novo ciclo. Por isto mesmo, talvez, Queiroz e colaboradores prefiram chamá-lo de ciclo da tecnologia. Este nome parece mais representativo da natureza das mudanças que ocorrem na indústria como um todo.

Alguns exemplos podem ilustrar o potencial de crescimento dessas tecnologias integradas. O avião ARX foi projetado e construído em quatro anos, com emprego de sistemas CAD e CAM. Pelos meios convencionais de cálculo e prancheta, este projeto não teria sido cumprido

em menos de dez anos. A indústria automobilística tem condições, hoje, de conceber e colocar em linha de produção qualquer carro de projeto revolucionário em menos de um ano. Pelos mesmos sistemas, plantas inteiras da indústria petroquímica são projetadas em alguns meses.

Um dos fatores fundamentais que condicionaram a deflagração dessas mudanças relaciona-se à necessidade de alterar a base energética aplicada à produção industrial. Quatro tipos de problemas principais foram apontados pela ENEA, (1984) como responsáveis por esta modificação:

- a) resistência dos materiais à alta temperatura, da qual dependem diretamente a eficiência das máquinas térmicas e o comportamento de equipamentos que operem a temperaturas elevadas;
- b) densidade dos materiais, cuja redução aumenta a eficiência de trabalho das máquinas, equipamentos e peças móveis;
- c) atrito, desgaste e dureza dos materiais, que condicionam a eficiência e/ou produtividade de máquinas e equipamentos;
- d) corrosão, que reduz a durabilidade de materiais e acarreta mais gastos de energia pela substituição prematura de peças e equipamentos.

Na busca de solução para esses problemas, novos materiais têm sido continuamente pesquisados e desenvolvidos. Mesmo aqueles que, em sua produção primária, incorporam uma base energética superior à dos que eles substituem podem contribuir significativamente quando o balanço final resultar em economia. Assim, polímeros condutores, supercondutores, células combustíveis e fotovoltaicas, etc. podem representar a contribuição dos novos materiais à solução do problema energético nas próximas décadas.

Os novos materiais constituem, por tudo isso, o segmento da indústria mundial que contém o maior potencial de desenvolvimento, em

substituição direta a vários outros, principalmente às ligas metálicas tradicionais. A sua importância não se limita a este papel, entretanto, uma vez que os novos materiais viabilizam também novas soluções tecnológicas. Pertencem a este grupo as cerâmicas avançadas, os polímeros, as fibras óticas, o silício eletrônico e as ligas metálicas de alta pureza.

A indústria que se desenvolve em torno deles distingue-se da metal-mecânica, particularmente, pelas seguintes características:

- a) plantas flexíveis, tanto em processos quanto em dimensões;
- b) aplicação otimizada de materiais, energia e recursos;
- c) geração de produtos com pequenos volumes e altos valores agregados;
- d) capacidade para operar com vários tipos de materiais;
- e) associações com produtores de materiais tradicionais concorrentes;
- f) adaptação a novas tecnologias de produção e comercialização;
- g) crescente transformação dos perfis de produção das empresas ligadas à alta tecnologia;
- h) alto conteúdo em informação;
- i) tendência a operar em escala internacional.

A real importância dos novos materiais e das novas tecnologias está na sua capacidade de afetar profundamente o balanço da competitividade industrial. No ciclo anterior, a ênfase da competitividade estava na matéria-prima abundante e mão-de-obra barata. Para o novo ciclo, o padrão tecnológico de produção, a qualidade e as novas especificações dos produtos deverão assumir maior importância.

Ao se considerar o novo ciclo tecnológico, entretanto, não se pode ignorar que a saturação do mercado consumidor dos metais tradicionais foi antecipada pela frustração do crescimento dos países subde-

envolvidos. Enquanto as nações industrializadas preencheram suas necessidades de crescimento acelerado, cumprindo seus respectivos ciclos econômicos satisfatoriamente, o Terceiro Mundo permaneceu à margem dos benefícios desta expansão.

É oportuno reconhecer, finalmente, que a verdadeira onda que cresce em torno dos novos materiais vem demonstrar a importância fundamental da CEN para o crescimento industrial contemporâneo. Este campo do conhecimento e da tecnologia merece, portanto, priorização de investimentos, quando da formulação das políticas de desenvolvimento econômico regional. As propostas contidas no presente documento visam preencher essa necessidade prioritária.

Procurou-se, nos três primeiros itens, abordar a situação dos novos materiais a nível mundial, nacional e estadual. No quarto são apresentadas as diretrizes básicas e as propostas de ação, bem como uma previsão dos investimentos, a serem implementadas para que um futuro programa de novos materiais seja bem sucedido.

1 MERCADO MUNDIAL E PESQUISA DE NOVOS MATERIAIS

Neste item, será apresentado um levantamento da situação mundial das cerâmicas avançadas, polímeros, compósitos, ligas metálicas e silício.

Algumas ressalvas devem ser antecipadas aos números apresentados abaixo, extraídos de levantamentos estatísticos e projeções técnicas. Como se trata de dados referentes a tecnologias em desenvolvimento, eles ainda são precários, discrepantes e sem controle sobre a qualidade dos dados primários e dos critérios de análise aplicados. Os resultados obtidos, portanto, devem ser vistos e utilizados como aproximações, mais indicativas de tendências do que balizadoras de previsões de crescimento.

Várias fontes possíveis de discrepância podem ser identificadas nas diferentes estatísticas publicadas. Merecem destaque as seguintes:

- a) sonegação e/ou manipulação de dados pelas fontes primárias, devido a interesses de estratégia comercial;
- b) alta variabilidade de comportamento de mercados nascentes, ainda indefinidos, com reflexos decisivos sobre as projeções para o futuro;
- c) diferentes critérios de agrupamento dos materiais e usos;
- d) emprego de diferentes critérios de análise estatística e previsão tecnológica.

Além disso, considerando que os dados correspondem a dimensões de um ciclo econômico nascente, de pouca utilidade são as referências ao ciclo anterior. As substituições não se darão diretamente - tonelada de aço por tonelada de cerâmica ou polímero -, mas sim através de

inovações funcionais, de modo a invalidar as projeções convencionais, feitas dentro de um mesmo ciclo.

Conseqüentemente, as avaliações devem ser basicamente qualitativas, visando acima de tudo identificar as prioridades de investimento em projetos de P&D de novos materiais. Os valores apresentados, portanto, não têm outro objetivo além deste.

1.1 CERÂMICAS AVANÇADAS

Os materiais cerâmicos, ou cerâmicas, compreendem tanto os materiais inorgânicos, não-metálicos, de emprego em engenharia, como os produtos químicos inorgânicos (excetuados os metais e suas ligas), utilizáveis geralmente após tratamento em temperaturas elevadas.

A indústria cerâmica, uma das mais antigas atividades humanas, apresentou uma considerável evolução nos últimos vinte anos. Essa evolução foi tão acentuada que já é possível caracterizar o tipo de material cerâmico fabricado em função de seu conteúdo tecnológico. Assim, os materiais cerâmicos estão sendo separados em duas categorias, ou seja, aqueles pertencentes à cerâmica tradicional e os pertencentes à cerâmica avançada.

As cerâmicas tradicionais são geralmente fabricadas com matérias-primas naturais e conformadas por processos convencionais, tais como colagem, extrusão, torneamento, prensagem, etc. Os seus produtos derivam da indústria dos silicatos, uma vez que os insumos aplicados são argilas, cimento e vidros de silicatos.

A cerâmica avançada, por sua vez, compreende os produtos cerâmicos obtidos a partir de matérias-primas de elevado grau de pureza - geradas através de processos da química fina - e conformados e manufaturados sob condições rigorosas de controle, para que possam apresentar elevado desempenho. A sua nomenclatura é ainda discutida e

recebe em diferentes países distintas designações. Os seguintes sinónimos têm sido aplicados:

Cerâmica Especial - Special Ceramics, na Inglaterra;

Cerâmica Fina - Fine Ceramics, no Japão;

Cerâmica de Alta Tecnologia - High Tech Ceramics, na Alemanha e Itália;

Cerâmica Avançada - Advanced Ceramics, nos Estados Unidos.

As cerâmicas avançadas (nomenclatura adotada oficialmente pela ABC) compreendem peças fabricadas com óxidos, nitretos, carbetos e outros compostos químicos purificados. O quadro 1 compara entre as cerâmicas tradicionais e avançadas, em termos de processamento e produtos obtidos; a figura 1 apresenta as funções, propriedades e aplicações destes materiais.

QUADRO 1 - COMPARAÇÃO ENTRE CERÂMICA TRADICIONAL E AVANÇADA

PARAMETRO	CERÂMICA	
	Tradicional	Avançada
Materias-primas	Argila, areia, feldspato, etc.	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , SiC, Si ₃ N ₄ , TiO ₂ , etc.
Conformação	Torneamento Extrusão Prensagem	Plasma Colagem de fita Injeção Prensagem a quente
Sinterização	Forno a combustível Temperaturas de 900 a 1.500 C	Forno elétrico Temperaturas de até 2.500 C
Estrutura	Altamente vítrea	Altamente cristalina
Produtos	Louças, tijolos, pisos, refratários, isolantes elétricos, etc.	Próteses humanas, pás de turbina, ferramentas de corte, componentes eletrônicos, supercondutores

Estas cerâmicas são consideradas adequadoras de tecnologia, ou seja, um material funcional, essencial para certos dispositivos ou sistemas. Além disso, constituem-se no produto que apresenta o maior efeito multiplicador, em termos industriais, correspondente a uma relação de 1 para 11. Isto é, cada material cerâmico produzido tem a capacidade virtual de gerar, em média, 11 produtos finais. Na maior parte dos dispositivos de alta temperatura, os materiais de alto desempenho representam menos de 10% do custo total dos insumos, mas são absolutamente essenciais e freqüentemente determinam o alto custo do produto final, pela sofisticada tecnológica necessária.

Em 1985, as vendas mundiais de cerâmicas avançadas foram avaliadas por Sen em US\$ 5,2 bilhões, dos quais US\$ 4,1 bilhões, equivalentes a 79%, tiveram aplicações na indústria eletroeletrônica e US\$ 1,1 bilhão, ou 21%, tiveram usos estruturais. Esses números aproximam-se muito do IPD que estimou o mercado mundial, no mesmo ano, em US\$ 5,4 bilhões.

Quanto ao perfil dos investimentos, as estatísticas de Jetro, de 1986, divergem bastante dos números norte-americanos, como demonstra a tabela 1.

Japão e Estados Unidos são os dois maiores mercados, com valores respectivos de US\$ 509 milhões e US\$ 365 milhões, em 1982. A situação da Europa é mais modesta, com mercados nacionais somados mantendo-se abaixo da metade dos valores dos dois líderes em produção e consumo. Não se dispõem de dados precisos sobre os mercados de outros países, além de Japão e Estados Unidos, o que dificulta particularmente a descrição do panorama mundial como um todo. De qualquer maneira, é patente que esses dois países lideram hoje a produção e o consumo de cerâmicas avançadas, e é admissível que essa liderança continue no futuro.

TABELA 1 - ESTIMATIVAS DE MERCADOS DO JAPÃO, DOS ESTADOS UNIDOS E DO MUNDO PARA AS CERÂMICAS AVANÇADAS, ENTRE 1982 E 2000

(US\$ bilhões)

ANO	JAPÃO	USA	MUNDO
1982	0,509(10) 1,4(1,2)	0,365(10)	-
1984	-	2,6(1)	-
1985	4,2(2) 5,4(9)	3,5(9)	5,2(3)
1990	5,0(4) 6,0(5) 6,5(7)	2,5(6) 5,0(1) 4,9(7)	- - 12,0(7)
1995	9,0(7)	8,0(7)	17,0(7)
2000	8,0(8)	5,9(6) 15,0(1)	40-60(1)

FONTE: (1) Charles River Assoc., USA; (2) Jetro, Japão; (3) Sen, USA; (4) Credit Bank of Japan; (5) NCR, USA; (6) Skalnny, USA; (7) Watchman, USA; (8) MITI, Japão; (9) Information Products Department; (10) Black, USA

Para fins de comparação, tome-se o mercado mundial de aço bruto, cujos valores foram, em 1985, equivalentes a US\$ 54,8 bilhões no Japão, de US\$ 41,8 bilhões nos Estados Unidos e de US\$ 375,8 bilhões no mundo todo. Só no Brasil, o mercado de aço bruto correspondeu a US\$ 10,4 bilhões, no mesmo ano, tomando-se como referência o preço norte-americano, igual a US\$ 522/t, naquele ano.

O verdadeiro potencial econômico das cerâmicas avançadas pode ser melhor avaliado, entretanto, quando se compara o seu valor agregado ao das cerâmicas tradicionais. O metro quadrado de piso cerâmico, correspondente em média a 16 kg, é vendido no mercado internacional a US\$ 5,5. O mesmo valor pode ser obtido com a venda de um único sensor de zircônia, que pesa apenas três gramas. A valorização equivale a aproximadamente cinco mil vezes, portanto.

A indústria automobilística é vista hoje como um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento futuro das cerâmicas avançadas. A mera introdução de uma turbina cerâmica nos motores automotivos, por exemplo, já representaria um aumento considerável no seu mercado mundial. Além disso, esta indústria dispõe de economia de escala amadurecida em todas as suas etapas, da produção à comercialização, e detém alta capacidade de inovação. As cerâmicas de alta tecnologia são responsáveis, nos Estados Unidos, pela substituição de 90 a 100% de cobalto, cromo, nióbio, paládio, tântalo, manganês e platina. Trata-se de metais de alto desempenho e funções nobres na indústria, principalmente nos setores eletroeletrônico, automobilístico e médico-hospitalar.

O alto custo atual da cerâmicas avançadas exige, entretanto, que o seu uso se limite a indústrias de alto conteúdo tecnológico e à produção de componentes cujo valor não incida notavelmente no custo global do produto acabado. A solução do problema de custo de produção depende de determinadas inovações, as quais poderão permitir em futuro próximo a sua competitividade em relação aos metais. Os itens de custo críticos estão ligados a três dificuldades principais de fabricação:

- a) tratamento a altas temperaturas; que implica elevado consumo de energia por unidade de produto;
- b) controle de qualidade; que não permite o emprego generalizado de métodos não-destrutivos e envolve índices de rejeição da ordem de 40%, contribuindo conseqüentemente com até 50% do custo final de fabricação;
- c) produção individualizada, peça por peça; que impede a adoção de economia de escala na maior parte do setor.

Devezas estima que a fase de crescimento exponencial do setor desenvolver-se-á entre 1985 e 2.000, com um período de duplicação equivalente a cinco anos. As taxas anuais de crescimento deverão

variar entre 15 e 18%. A sua fase de saturação poderá ser atingida a partir de 2.010, com valores globais de mercado aproximando-se de US\$ 60 bilhões. A Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos previu, em 1986, que o mercado de cerâmicas avançadas seria da ordem de US\$ 13 a 18 bilhões no ano 2.000. Se forem incluídos os compósitos e as coberturas cerâmicas, as previsões passam ao intervalo de US\$ 18 a 33 bilhões, só para aquele país. Para o Japão, a OJCF apresentou no Congresso Mundial de Cerâmica, em Milão, em junho de 1986, a previsão de um mercado de US\$ 7,5 bilhões somente para usos óticos e térmicos, no ano 2.000. Para o mercado mundial, no mesmo ano, a sua previsão atinge US\$ 187 bilhões.

Esses números demonstram a discrepância existente entre as diversas avaliações, e portanto justificam as ressalvas feitas anteriormente. As taxas estimadas para os vários setores das cerâmicas avançadas (tabela 2) admitem, segundo vários autores, o maior potencial de crescimento entre todos os segmentos de novos materiais. A figura 2, por sua vez, ilustra a curva logística projetada para as cerâmicas avançadas, adotando as previsões de Devezas (1985), do IPD (1986) e de Zanotto (1987).

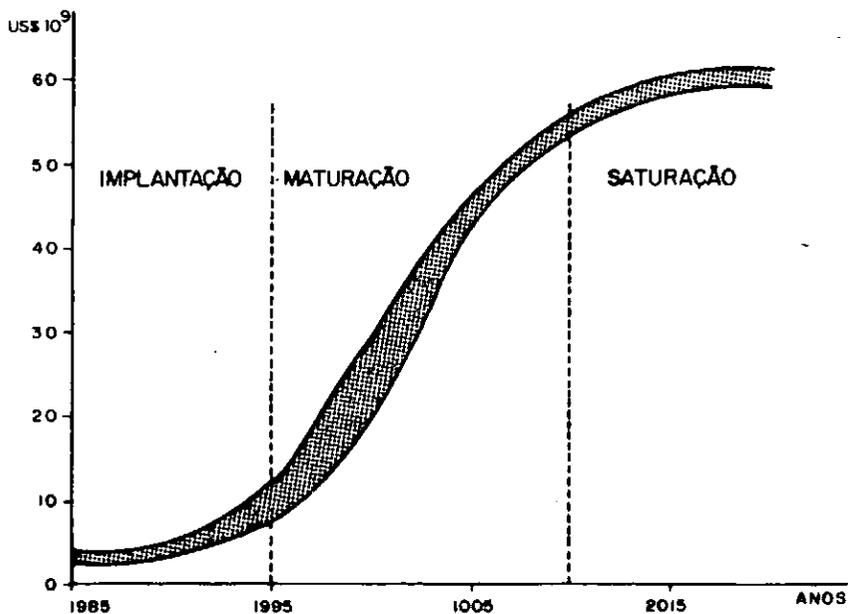
TABELA 2 - TAXAS DE CRESCIMENTO ANUAL, SEGUNDO SETORES DAS CERAMICAS AVANÇADAS - 1985 E 1985-2000 (% a.a)

SETOR	TAXA DE CRESCIMENTO	
	1985	1985-2000
Sensores	28	n.d.
Estruturais	20-25	n.d.
Eletrônicas	10-14	10-12
Pos-cerâmicos*	16	n.d.
Média Geral	-	15-18

FUNTE UNIDO - Advances in Materials Technology, Monitor - n. 4, maio/1985. BLACK, J. R. F. - An Economic and Technical Assessment of Advanced Ceramics Materials - American Ceramics Society Bulletin, n. 44, p.39, 1985

*Alumina, zircônia, nitretos de boro e silício

FIGURA 2 - CURVA DE CRESCIMENTO PROJETADA PARA O MERCADO MUNDIAL DE NOVOS MATERIAIS, PARA O PERÍODO 1985 - 2015



**FONTES: T. DEVEZAS, 1985; INFORMATION PRODUCTS DEPARTMENT, 1986
E. D. ZANOTO, 1987**

Segundo Bonfiglioli (1987), as estratégias empresariais adequadas a este setor da indústria deverão assumir as seguintes linhas mestras:

- a) domínio da tecnologia de vendas para grandes mercados, o que exigirá atuação da indústria em estreita conexão com organizações que detenham sistemas eficientes de distribuição;
- b) diversificação, ou capacidade de operar sobre uma vasta gama de materiais, processos e produtos;
- c) associação empresarial entre produtores de cerâmicas avançadas e de materiais tradicionais, que elas substituirão, particularmente metálicos;
- d) investimentos a longo prazo, exigidos pela alta capacidade de operar com P&D, cujas metas são necessariamente estratégicas;
- e) internacionalização, ou capacidade de operar em função do mercado mundial.

Ao se admitir como correta esta descrição de estratégias, apresenta-se um enorme desafio às pequenas empresas que desenvolvem hoje cerâmicas avançadas, uma vez que cada um desses itens adapta-se mais facilmente à forma de atuação das grandes corporações, principalmente transnacionais.

Segundo dados disponíveis, os investimentos em P&D, referem-se apenas a Japão e Estados Unidos. O primeiro através de estreita colaboração entre governo e indústria, destaca-se como o maior aplicador de recursos em P&D de cerâmicas avançadas. Em 1982, somavam dois mil os cientistas e engenheiros alocados em projetos do setor, metade dos quais envolvidos na pesquisa de materiais cerâmicos estruturais. Segundo Brock (1985), os investimentos japoneses superam os norte-americanos, exceto na área dos dispositivos óticos integrados.

Os investimentos norte-americanos somaram entre US\$ 57 e 68 milhões, em 1984. Enquanto as peças cerâmicas para motores de combustão interna mereceram a maior parte dos recursos, de US\$ 35 a 40 milhões, foram aplicados na P&D de cerâmicas eletrônicas, principalmente capacitores, de US\$ 10 a 15 milhões. Os europeus têm investido mais do que os norte-americanos na tecnologia de cerâmicas aplicáveis às ferramentas de corte, expressando assim, uma evidente integração entre tecnologia de ponta e indústria estabelecida. Destacam-se, na Europa, Alemanha Ocidental, França e Inglaterra. Nos Estados Unidos, despontam como grandes investidores empresas como General Motors, Ford, General Electric, Bell Laboratories, IBM, Honeywell, Westinghouse, Dow, Dupont, Douglas, Johnson & Johnson, Hughes Aircraft, Alcoa, Alcan, Corning e 3M. A entrada dessas corporações no campo das cerâmicas avançadas tem se dado através de:

- a) criação de laboratórios internos de P&D;
- b) aquisição de tecnologia;
- c) joint-ventures de grupos com capital de risco;
- d) absorção de pequenas firmas pioneiras.

O Ministério Federal para Pesquisa e Tecnologia da República Federal da Alemanha instituiu um projeto que prevê investimentos de US\$ 134 milhões para desenvolvimento de cerâmica estrutural de alto desempenho, para o período de 1985 a 1994. O Programa Eureka, lançado em 1985, envolve 20 países europeus num esforço conjunto e coordenado para a pesquisa de tecnologias avançadas. O seu objetivo principal é racionalizar os gastos com P&D, evitando superposição de projetos nos vários países. Em 1987, foram aprovados 59 projetos, de um total de 165 propostos até o ano anterior. O orçamento global do programa é de US\$ 4 bilhões. Em 1979, a Alemanha firmou com os Estados Unidos o International Energy Agency Implementing Agreement, para pesquisa de

materiais a serem empregados em equipamentos automotivos de alta temperatura.

Várias instituições foram criadas nos EUA e Canadá nos últimos anos, visando atender os interesses do setor. O Canadian University - Industry Council on Advanced Ceramics foi fundado em fevereiro de 1987, constituído por cinco membros da universidade e 30 das empresas canadenses. Nos Estados Unidos, foi fundada a USACA; e a ASTM, constituiu, no ano passado, o Advanced Ceramics Committee, para estabelecer normas e especificações técnicas para as cerâmicas avançadas.

Os compostos supercondutores têm gerado bastante alvoroço na imprensa mundial e talvez constituam hoje o segmento mais conhecido do grande público, dentro das cerâmicas avançadas. Contribuíram para isto não apenas o Prêmio Nobel, conferido em 1987 aos dois pesquisadores da IBM suíça - por avanços na aplicabilidade dos supercondutores -, mas principalmente os maravilhosos usos anunciados, tais como a transmissão de energia por longas distâncias, sem perda de carga, trens rodando sobre campos magnéticos a velocidades incríveis, revolucionários supercomputadores e supermagnetos, carros movidos a motores magnéticos diminutos, e assim por diante.

Descontada a possível supervalorização que se esteja fazendo quanto à disseminação desses produtos, a verdade é que eles constituem um marco histórico, na Ciência e Engenharia de Materiais. Pelo menos mil empresas do mundo industrializado dedicam-se freneticamente, hoje, a viabilizar a produção de fórmulas supercondutoras a temperaturas próximas da ambiente, na disputa de colocar imediatamente no mercado os seus produtos comerciais. A tabela 3 sintetiza a avaliação dos mercados setoriais, realizada pela High-Tech Materials Alert, em 1987. Para um mercado total equivalente a US\$ 586 milhões, em 1992 (considerando o futuro próximo), as aplicações em diagnóstico médico, ff-

sica de alta energia e circuitos integrados, representarão os setores mais importantes, que somarão US\$ 525 milhões, ou cerca de 90% do global.

TABELA 3 - MERCADOS MUNDIAIS PARA OS SUPERCONDUTORES - 1987-2002
(Em milhões de dolares)

APLICACAO SETORIAL	1987	1992	1997	2002
Circuitos integrados	25	75	225	400
Instrumentos e sensores de laboratorio	5	25	125	200
Diagnostico medico	150	300	500	750
Fisica de alta energia	25	150	150	200
Energia eletrica	5	10	20	40
Transporte	0	1	5	10
Separacao magnetica	5	25	60	175
TOTAL	215	586	1.085	1.775

FONTE: High-Tech Materials Alert, setembro de 1987

Observe-se que os setores correntemente tidos como promissores, particularmente transmissão de energia elétrica e transportes, não deverão assumir peso substancial no mercado mundial, segundo esta avaliação. Somados, estes dois setores não atingem metade do valor da aplicação em tratamento de minérios (separação magnética), que é simplesmente ignorado nas projeções divulgadas no País.

Os investimentos em P&D de supercondutores somaram, nos Estados Unidos, cerca de US\$ 20 milhões, em 1987, incluindo-se as verbas oficiais e das empresas privadas. Em avaliação publicada na revista *High Technology Business*, em setembro de 1987, Kent Bowen, professor de Ciência dos Materiais do MIT, coloca o Japão como possuidor de uma capacidade de mobilização de esforços de P&D e comercialização incomparável, em relação ao resto do mundo, no que diz respeito aos produtos de alta tecnologia. Os japoneses já estão aptos a aplicar os produtos de alta tecnologia não apenas nas indústrias de ponta, mas também em artigos de consumo e indústrias de base, dissemi-

nando os resultados da pesquisa tecnológica avançada e viabilizando a sua absorção pelo mercado. Esta capacidade deriva basicamente do grande envolvimento da própria indústria com as pesquisas de ponta. somente a Sumitomo Electric, por exemplo, já patenteou mais de 400 instrumentos, processos e compostos supercondutores. Atualmente, mais de 100 empresas japonesas aplicam seus esforços em P&D de supercondutores, em estreita colaboração com cerca de 20 laboratórios governamentais de tecnologia. Nos Estados Unidos, em contraste, poucas companhias têm-se envolvido concretamente com esta área, entre elas IBM, AT & T, Du Pont e GE. No Japão, são importantes investidoras: Hitachi, Toshiba, Sumitomo Electric, Mitsubishi Electric, Furukawa, Fujikura, NEC, NTT, Sanyo, Sony e TDK.

1.2 POLÍMEROS

Polímeros são macromoléculas (compostos de elevado peso molecular), cuja estrutura química se obtém pela combinação de unidades simples, chamadas monômeros. Os plásticos são polímeros sintéticos que, por meio de tratamento térmico, extrusão, moldagem, etc. podem ser transformados em peças e dispositivos. A sua estrutura química e o processo de síntese utilizado determinam, basicamente, as suas propriedades mecânicas, térmicas, óticas, elétricas e outras.

A P&D de polímeros pode visar tanto o aperfeiçoamento das propriedades tecnológicas de polímeros conhecidos quanto o desenvolvimento de novas moléculas, para atendimento de necessidades específicas da indústria. Os investimentos nesta área têm se concentrado, desde a última década, na primeira alternativa, uma vez que ela apresenta resultados em prazos menores. A interdependência tecnológica entre polímeros, cerâmicas avançadas e ligas metálicas expressa-se também em forma de concorrência. Ocupa determinada lacuna funcional o material que se tornar viável, técnica e economicamente, antes dos demais. Esta

concorrência contribui intensivamente para o incremento das inovações na Engenharia dos Materiais.

A tecnologia industrial dos polímeros é dominada há mais de 30 anos e ocupa lugar de primeira linha, nos setores produtivos de todos os continentes. Os plásticos convencionais (nylon, polipropileno, polietileno, cloreto de polivinila, poliestireno e poliuretanos, principalmente) contribuem há décadas para o aperfeiçoamento e barateamento da maioria dos artigos de consumo do mundo todo. Os denominados novos polímeros têm empregos mais nobres, seus custos de produção ainda são relativamente altos e, conseqüentemente, seus preços de mercado impedem a sua difusão sob a forma de produtos de consumo extensivo. A classificação desses materiais, proposta por Queiroz e colaboradores,⁴ é a seguinte:

Polímeros especiais:

a) de engenharia de uso extensivo;

b) avançados;

c) combinados:

i) ligas poliméricas;

ii) plásticos reforçados;

iii) compósitos.

d) com novas propriedades:

i) reativos;

ii) condutores;

iii) para membranas;

iv) biocompatíveis.

Assim como as cerâmicas avançadas estão para o setor cerâmico, os polímeros especiais estão para os plásticos, resultando fun-

⁴UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Política Científica e Tecnológica. Novos Materiais; subsídios para uma estratégia de desenvolvimento científico e tecnológico. Campinas, 1987. 117p. Datilografado.

damentalmente das pesquisas desenvolvidas para os fins de redução de custos de produção, inclusive de conteúdo energético, e de aprimoramento das características tecnológicas dos produtos. As propriedades obtidas com tais avanços têm permitido que estes plásticos de engenharia ocupem posições anteriormente restritas aos metais. Elevaram-se substancialmente os coeficientes de resistência ao impacto, ao desgaste, às altas temperaturas, à corrosão química, etc. Pertencem a este grupo as polímidas, os policarbonatos, os poliacetais, os poliéteres e poliésteres. Os ditos polímeros avançados de engenharia apresentam desempenhos ainda mais elevados, mediante processos de reforço, combinação mecânica ou blendagens. Incluem-se neste segundo grupo as poliimidazidas, poliamidas, poliamidas-imidas, polifenileno, polisulfonas, poli-éter-éter-cetonas, poliarilatos e outros. Finalmente, os desenvolvimentos alcançados lograram gerar polímeros dotados de propriedades totalmente inovadoras, como condutividade elétrica, biocompatibilidade e fotossensibilidade. Trata-se de produtos radicalmente inovadores, com potencial de mercado a ser explorado dentro do novo ciclo tecnológico.

O maior interesse industrial dos polímeros deriva de seu baixo consumo específico de energia de fabricação, que varia entre 20.000 e 70.000 kcal/dm³, bem abaixo das 60.000 a 130.000 kcal/dm³ das ligas metálicas em geral. Pelo seu baixo peso específico, esta vantagem inicial estende-se às fases de aplicação, quando utilizados em veículos automotivos e equipamentos industriais. Assim, as indústrias automobilísticas, aeronáutica, eletrônica e bélica representam os segmentos de maior demanda, atualmente. O seu uso torna-se cada dia mais difundido na medicina, não apenas sob a forma de próteses funcionalmente semelhantes aos tecidos naturais, mas também como substitutos adequados às hemácias, no transporte de oxigênio. A engenharia biomédica vale-se também das propriedades filtrantes dos polímeros, na pro-

dução de membranas de osmose e permeabilidade seletiva, para ultrafiltração, hemodiálise e troca iônica.

A linha de pesquisa que visa a obtenção de ligas poliméricas industrialmente aproveitáveis tem merecido investimentos especialmente altos, por apresentar possibilidades de expansão crescente em termos de produtos. Os processos envolvidos são relativamente acessíveis, mais facilmente reproduzíveis nas plantas convencionais do que as ligas metálicas; o domínio dos conhecimentos básicos sobre blendagem, por exemplo, tem favorecido avanços cada vez mais importantes. Esta é uma das alternativas priorizadas, atualmente, no sentido de baratear custos e acelerar dos resultados inovadores. A manipulação de polímeros com propriedades já conhecidas é o fator principal para a viabilização desses resultados, uma vez que parece haver uma adição de propriedades positivas, na maioria das ligas, sem o surgimento de propriedades indesejáveis. Dessa maneira, a otimização de custos é grandemente favorecida.

De acordo com estimativas feitas em 1986, pela UNIDO, o mercado norte-americano das ligas poliméricas deverá somar US\$ 900 milhões em 1988, o dobro do valor de 1984, quando o mercado mundial dos plásticos de engenharia acusou, um valor semelhante ao das cerâmicas avançadas, com US\$ 3,5 bilhões, distribuídos da seguinte maneira:

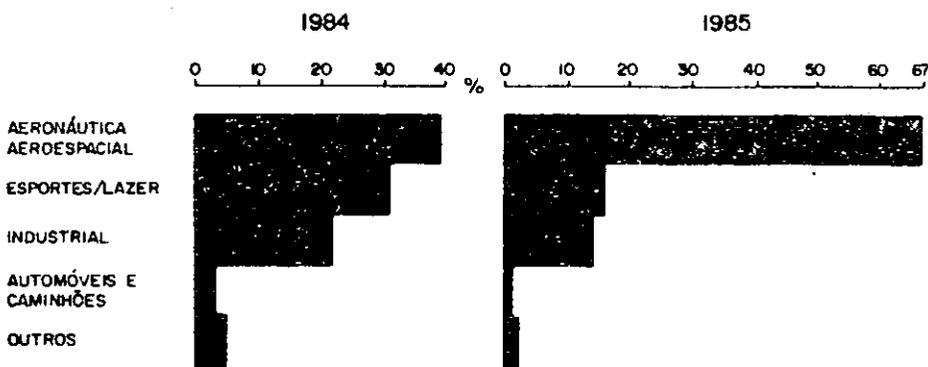
Estados Unidos	42%
Japão	27%
Europa Ocidental	26%
Outros	5%

Segundo avaliação do Chem Systems, as taxas de crescimento do setor deverão oscilar entre 4 e 6% até 1995, à exceção dos polímeros ligados à família dos PET (polietileno tereftalatos), que deverão crescer à base de 14% ao ano.

O consumo estimado de plásticos de engenharia em 1985 foi de aproximadamente 1,5 milhão de toneladas. Estima-se que alcançará 2,1 milhões de toneladas em 1990, com taxa de crescimento médio de 7% (em peso, portanto, não em valor de mercado). Em 1986, a revista americana C & EN afirma que a demanda foi de 519 mil toneladas em 1985, enquanto a UNIDO fez estimativas da ordem de 680 mil toneladas para o mesmo ano. Essas fontes divergem também em suas projeções: enquanto a primeira estima uma demanda de 810 mil toneladas, para 1991, a segunda assume uma previsão de 1,13 milhão, já em 1990, para o mercado norte-americano.

O setor automobilístico representa a maior fatia de mercado, com cerca de 30% do total, seguido pela indústria eletroeletrônica, com 25%, e pela informática e equipamentos de escritório, sem índices explicitados pelas fontes (gráfico 1). Avalia-se que, a partir de 1991 os dois setores líderes de mercado inverterão suas posições, uma vez que o primeiro deverá evoluir a taxas próximas de 9% ao ano, e o segundo em torno de 11%.

GRÁFICO 1- SEGMENTAÇÃO DO MERCADO MUNDIAL DE COMPÓSITOS COM MATRIZES POLIMÉRICAS - 1984 - 85



FONTE: C.M. PINHÃO (1987)

As análises e projeções de mercado são bastante divergentes com relação aos polímeros, basicamente devido aos diferentes critérios de classificação adotados pelas agências. Avaliação feita pela UNIDO em 1986 indica, entretanto, que a indústria automotiva e a eletroeletrônica ocupam em torno de 60% do mercado norte-americano, seguidas pelos produtos de consumo imediato.

Cinco grupos de polímeros foram identificados por um grupo de pesquisadores norte-americanos, para o convênio entre JTECH e NSF, como prioritários para investimentos em P&D, atualmente e em futuro próximo:

- a) polímeros de alta resistência à fratura e à deformação: aramidas, polímidas, poliésteres cristalinos líquidos e polietileno de alto peso molecular;
- b) plásticos de engenharia e matrizes plásticas;
- c) polímeros para aplicações eletrônicas;
- d) membranas para separação de fluidos;
- e) biopolímeros;

Esses pesquisadores consideram que o Japão investe de forma mais sistemática e coordenada na tecnologia de polímeros do que os Estados Unidos, o que faz com que a sua indústria assimile mais rápida e completamente as inovações no campo da automação. Por uma questão de padrão industrial e tecnológico, portanto, o primeiro país deverá liderar o mercado nas próximas décadas, tanto em quantidade quanto em qualidade de produtos.

1.3 COMPOSITOS

A combinação de materiais, novos ou tradicionais, tem o objetivo básico de explorar as respectivas propriedades positivas dos componentes, compensando ao mesmo tempo suas deficiências intrínsecas. A combinação mais comum é a de uma matriz de cerâmica ou polímero refor-

cada por agentes metálicos, cerâmicos ou polímeros modificados. Esses agentes de reforço são usados sob a forma de grãos, flocos, agulhas ou fibras, que podem ser curtas ou contínuas.

Em compósitos de matriz polimérica ou metálica, resistência e rigidez são fornecidas pelos agentes de reforço, enquanto a matriz é responsável pela tenacidade. Em matrizes cerâmicas, a relação é inversa. As matrizes plásticas de maior difusão são epoxídicas e poliésteres saturados, resistentes a altas temperaturas, de uso mais generalizado na aeronáutica e na automobilística. As matrizes de cerâmica mais utilizadas são de alumina, zircônia, carbeto de silício, nitreto de silício e carbono, com aplicação na indústria aeroespacial, aeronáutica, bélica, automobilística, mecânica e outras. O alumínio e suas ligas são as matrizes metálicas de maior uso também nas indústrias aeroespacial, aeronáutica e automobilística. Os agentes de reforço mais importantes são as fibras de vidro, carbono, boro e aramida, para quaisquer matrizes. As fibras de alumina e carbeto de silício são mais aplicáveis com matrizes metálicas e cerâmicas.

Os maiores problemas tecnológicos enfrentados na produção de compósitos ocorrem na etapa de processamento e conformação. As propriedades dos materiais resultantes dependem essencialmente da superfície de contato, da homogeneidade de distribuição e da orientação dos agentes de reforço, que devem também mostrar compatibilidade física e química com as matrizes.

Apesar de os dados de mercado serem fragmentários e parciais, é possível afirmar que em 1984 a produção mundial de compósitos de matriz polimérica atingiu US\$ 1,2 bilhão, projetando-se para 1995 o equivalente a US\$ 6,5 bilhões. Os setores industriais da aeronáutica e aeroespacial são os que mostram maior potencial de crescimento, prevendo-se que os aproximados 40% de hoje saltem para 67%, naquele ano. O segundo segmento de aplicação é o de esportes e lazer, com artigos

de consumo, que tenderá a baixar dos 31% atuais para algo em torno de 16%, no mesmo ano. Também deverá reduzir-se a importância do uso industrial dos compósitos poliméricos, de 22% para 14%. A indústria automotiva não tem expressão, com 3% hoje e 1% projetado para 1995.

Os compósitos do tipo carbono-carbono mostraram uma força de venda igual a 450 toneladas, em 1985, e estão crescendo anualmente a uma taxa de mais ou menos 11%. O mercado previsto para 1995 corresponde a US\$ 400 milhões, com 63% das aplicações atuais ligadas à produção de sistemas de freios para aeronaves. Os preços unitários variam de US\$ 41/kg, nos freios, a US\$ 45/kg, em bocais para foguetes.

A evolução dos materiais compósitos tem sido considerável, principalmente no que diz respeito às fibras cerâmicas para reforço de metais, polímeros ou outras cerâmicas. Exemplo disso são as fibras de alumina para reforço das ligas de alumínio, emprestando-lhes maior resistência térmica e maior resistência à ruptura. A Alumina reforçada com aço inoxidável, obtida por prensagem a quente, provou ser um material extremamente resistente ao impacto, mantendo a sua integridade mesmo depois de apresentar trincas.

Vidros de borossilicato e de silicato de alumínio e lítio, quando reforçados com fibras de carbeto de silício, apresentam alta resistência ao impacto em comparação com o vidro puro.

Estes são alguns exemplos de soluções, na área dos compósitos, da natureza dos efeitos positivos obtidos com a combinação de materiais tão diversos, e também das vantagens e benefícios para a indústria de alta tecnologia.

1.4 LIGAS METÁLICAS

Embora se afirme correntemente que os novos materiais estejam sendo desenvolvidos em substituição direta aos metais, a verdade é que as próprias ligas metálicas estão sendo desenvolvidas tecnologicamen-

te, o que lhes permite acompanhar a evolução das necessidades e oportunidades industriais. Também elas têm a capacidade de desempenhar funções especiais, adquirindo propriedades comparáveis às dos materiais cerâmicos, por exemplo, como baixo peso específico, alta dureza e alto coeficiente de atrito. Além disto, elas oferecem a vantagem fundamental de serem industrializadas mediante tecnologias há muito dominadas, em seus termos básicos, pela indústria moderna. Como se isso não bastasse, os metais estão sendo beneficiados pelos avanços da indústria cerâmica, ao incorporarem processos que lhes ampliam sua já enorme capacidade de aplicação. São exemplos o processamento de pós metálicos e a produção de ligas amorfas, equivalentes aos vidros cerâmicos.

O quadro 2 sintetiza as possibilidades de aplicação industrial das novas ligas metálicas, segundo apresentaram em 1987 Queiroz e colaboradores.

A família dos aços estruturais de baixa liga foi grandemente beneficiada com o desenvolvimento das microligas, que adquirem alta resistência pela adição de teores baixos, mas rigorosamente controlados, de elementos especiais. Com custos de produção pouco superiores aos dos aços comuns, esses metais têm merecido aplicação em indústrias de alto desempenho, como automobilística, naval, bélica, siderúrgica e produção de petróleo. As ligas de alumínio e de titânio também têm evoluído fortemente, para aplicações aeroespaciais, devido à combinação de alta resistência mecânica e baixo peso específico. Cobre e berílio têm emprego na mesma indústria, em ligas especialmente resistentes à fadiga mecânica, sob condições extremas de temperatura. O zircônio, os metais refratários e as superligas são outros exemplos de inovações que ocupam a cada dia maior espaço na indústria nuclear, aeroespacial, química, etc.

QUADRO 2 - APLICACOES INDUSTRIAIS DAS LIGAS METALICAS DE ALTA PUREZA, POR SETORES DE CONSUMO POTENCIAL - 1987

METAL, LIGA E SEMICONDUCTOR	SETOR DE CONSUMO POTENCIAL								EXEMPLO
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
Metais ferrosos leves									
Ligas de Al	x	x	x	x	x			x	Al-Cu, AlLi, Al-Si, Al-99, etc.
Ligas de Mg		x	x						Mg-Zn-Cu, Mg-Al
Ligas de Zn	x	x							Zn-Al, Zn-Br
Metais ferrosos densos									
Ligas de Cu	x		x		x				Cu-Si, Cu-Su-Ti, Cu-Mg-Zr
Ligas de Pb	x				x				Pb-Su, Pb-99
Ligas especiais									
Ligas de Ti			x		x	x			Ti-Fe-V-Al, Ti-Mo-Ni, Ti-Cr
Ligas de Ni				x		x			Ni-Cu-Mg-B, Ni-Cr-Co-Mo
Superligas		x	x			x			Fe-Cr-Nb-B, Cr-Ni-Nb-Ti
Ligas e Metais Refratarios	x		x				x		Ta-Nb, Mo-W, Ta-99, W-Cu
Acos Especiais									
Revestidos	x	x						x	Zn-Ni, Cu, Zn-Sn
Microligados		x		x					Nb, B-Ti
Inoxidaveis				x		x			Cr-Mo-Ni, Mo-Al-Si
Ultrasist.		x	x						Mo-B, Co-Mo-Ti
Ligas exoticas									
Com memoria			x				x		Ni-Ti, Cu-Zn-Al
Super condutor	x				x				Nb-Ti, Nb-Zr
Compositos		x	x						Mg-Al @, Al-B
Amorfos	x					x			Ni-C-B-Cr-Mo
Terras Raras	x								La-Ce-Pr-Gd
Material Grau									
Eletronico									
Semicondutores	x			x	x				Si, As-Ga
Ligas alta pureza	x								Su-Pb, Au-99, Al-Si, Cu-Fe

FONTE Nucleo de Politica Cientifica e Tecnologica; Novos Materiais: subsidios para uma estrategia de desenvolvimento cientifico e tecnologico. UNICAMP. Campinas, 1987

- (1)Eletronico
- (2)Automobil.
- (3)Aero-espacial
- (4)Belico e Armamentos
- (5)Energetico
- (6)Quimico-Petroquimico
- (7)Medico-Hospitalar
- (8)Embalagem-Armazenamento

Merecem destaque, contudo, entre os metais, alguns tipos de ligas dotadas de propriedades realmente inovadoras, aptas a disputarem posição com as cerâmicas e os polímeros dentro da indústria de alta tecnologia.

As ligas com memória de forma contêm estrutura cristalina capaz de armazenar a memória de sua forma original, impressa em sua fabricação, à qual ela pode retornar por efeito de aquecimento. As ligas mais usadas, de Ni-Ti e Cu-Al-Zn, têm aplicação em dispositivos de controle térmico, bioengenharia, robótica e astronáutica.

Ligas de nióbio, titânio, zircônio, vanádio e gálio também apresentam propriedades de supercondução elétrica, como por exemplo as de Sn-Nb e Ga-V. As suas aplicações são equivalente às das cerâmicas supercondutoras, com a vantagem de se adaptarem mais facilmente às conformações requeridas pela indústria. Em compensação, elas ainda manifestam suas propriedades especiais a temperaturas muito baixas para uso corrente.

As ligas metálicas amorfas constituem uma família de potencial particularmente elevado, em termos de uso industrial. Trata-se de ligas formadas por metais de transição (ferro e níquel, por exemplo) ou nobres (ouro, prata, platina, paládio, etc.), com até 20% de não-metais (boro, carbono, silício, fósforo, etc.). Elas se caracterizam por composições quase-eutéticas de baixo ponto de fusão, com aplicações em blindagem magnética e em funções que explorem as suas excepcionais propriedades óticas. Esse é um dos ramos priorizados para desenvolvimento, entre os metais, em função das exigências das indústrias nuclear e eletroeletrônica, principalmente.

Ligas de Ti-Fe, Ti-Mn, Mg-Ni e La-Ni apresentam a propriedade de absorver e armazenar grandes quantidades de hidrogênio, por centímetro cúbico de metal, tendo aplicação direta no armazenamento deste

combustível, de importância vital para o desenvolvimento da indústria aeroespacial.

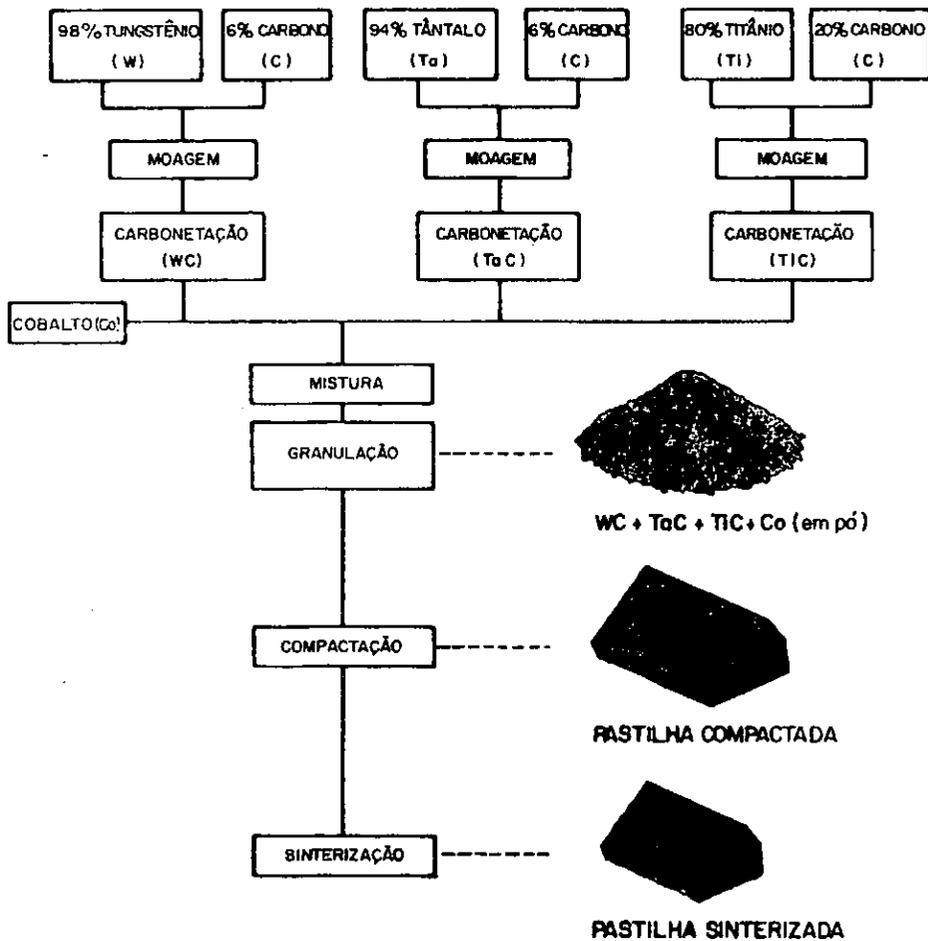
Os metais úteis à produção de compósitos, para reforço de matrizes cerâmicas e poliméricas, também têm valor estratégico para esta indústria, bem como para a bélica. Mas são mais empregadas combinações em que os metais formam a matriz, reforçada por fibras de boro, carbono de silício ou alumina, alternativamente por fibras de metais leves, como tungstênio, tântalo, molibdênio ou níbio - fibras estas desenvolvidas principalmente em função da obtenção de elevada resistência mecânica combinada com baixo peso específico.

Além das combinações inovadoras de metais, ou deles com outros materiais, a indústria metalúrgica tem incorporado inovações a nível de processos, responsáveis por avanços substanciais nas propriedades desses metais. São dignas de citação: desgaseificação por vácuo ou borbulhamento de argônio, lingotamento contínuo para placas de pequena espessura, laminação com têmpera direta, fusão a vácuo, refino por eletro-escória, descarbonetação por oxigênio e argônio e fusão por plasma.

A metalurgia beneficiou-se diretamente das tecnologias desenvolvidas pela indústria cerâmica. Ao fim da I Guerra Mundial, a Osram desenvolveu o processo de obtenção de carboneto de tungstênio através da metalurgia do pó. A partir da década de 40, acelerou-se o desenvolvimento desses materiais, utilizados largamente em ferramentas de corte, das quais se exige alta resistência ao desgaste mecânico. O processo de produção está esquematizado na figura 3, e envolve etapas típicas da indústria cerâmica, tais como a moagem, prensagem e sinterização.

Nas pastilhas de carboneto de tungstênio, o cobalto é utilizado como elemento aglutinante e responsável pela tenacidade, enquanto o tungstênio gera a alta resistência ao desgaste e ao calor, conferin-

FIGURA 3 – ESQUEMA BÁSICO DA METALURGIA DO PÓ



do ao metal sua elevada dureza. O metal duro é utilizado basicamente na produção de ferramentas de corte e de peças para desgaste, na forma de pastilhas, em tornos, fresas, brocas e similares.

Na Europa, os principais produtores são a Sandvik, na Suécia, e a Krupp, na Alemanha; nos Estados Unidos, o mercado é dominado pela empresa Teledyne.

1.5 SILÍCIO

Poderoso exemplo do potencial da valorização das matérias-primas abundantes, o quartzo tem ocupado, pela aplicação de alta tecnologia industrial, lugar de destaque entre os novos materiais. A indústria microeletrônica, a ótica de precisão e as telecomunicações são os ramos em que ele tem encontrado as melhores oportunidades de uso.

Quartzo é sílica pura, ou dióxido de silício, de fórmula química SiO_2 . Na qualidade de óxido mais abundante da crosta terrestre, este mineral pode ser encontrado em praticamente todas as rochas dos continentes. Nem todas as suas variedades, contudo, servem às exigências da alta tecnologia. Acima de tudo, o que ela requer é pureza química rigorosa - com níveis de ferro, alumínio, sódio, potássio e outras impurezas dosáveis em partes por milhão ou mesmo por bilhão - e estrutura cristalina perfeita.

Lemos apresenta, em 1987, a matriz insuno-produto do quartzo (figura 4), a qual contém quatro gerações de produtos, obtidos através da aplicação de diferentes níveis de processamento industrial sobre três fontes primárias de quartzo: cristais em lasca, quartzitos e areias siliciosas. Ela reflete com eficiência a riqueza de alternativas de uso ligadas a esta matéria-prima.

O mercado mundial de quartzo cultivado, que movimenta, hoje, em torno de 2.500t/ano, limita-se, enquanto mercado ofertante, em grande parte ao Brasil, pelo menos no fornecimento de matéria-prima

FIGURA 4 - MATRIZ INSUMO-PRODUTO DO QUARTZO

MATRIZ DO QUARTZO											
DÍÓXIDO DE SILÍCIO - SiO ₂	Sílica Matéria-Prima Mineral	PRIMEIRA GERAÇÃO		SEGUNDA GERAÇÃO		TERCEIRA GERAÇÃO					
		Processos Utilizáveis	Produtos Obtidos	Processos Utilizáveis	Produtos Obtidos	Processos Utilizáveis	Produtos Obtidos				
	Cristais Facetados	Limpeza Inspeção Fragmentação Corte Usinagem Polimento Classificação	Lâminas Sementes p/Cultivo	Síntese Hidrotermal Corte	Lâminas	Usinagem Ajustagem Ataque Químico Metalização Encapsulamento Medidas Elétricas	Osciladores				
								Filtros			
	Cristais em Lascas		Lascas p/ Cultivo				Transdutores				
			Peças Ornamentais				Sementes p/Cultivo				
	Quartzo	Limpeza Inspeção Fragmentação Classificação Choque Térmico Cominuição Frituração Separação Magnét. Análise	Granulado A	Fusão Cloração Moldagem Corte Polimento Dopagem	Tubos Barras	Recatamento Usinagem Polimento	Tubos de sílica				
							Granulado D	Redução em Forno a Arco Submerso	Ferro-silício	Recatamento	Após Especiais Ligas Especiais
									Silício Metálico (Metalúrgico)	Pulverização Reação of Catalise Cloração em Leito Fluidizado Destilação Fracion. Elevadas	Cloro-silanos
	Areias Silicosas		Granulado C	Redução Carbotérmica Moagem	Carborundum	Limpeza Pulverização Classificação	Abrasivos Refratários				
					Fusão Refinamento Repouso	Vidro Comum	Estampagem Gomagem Sopro	Vidros Planos Vasilhames Vidriaria			
						Areia					

continua

FONTE: LEMOS (1987)

continuação

MATRIZ DO QUARTZO

QUARTA GERAÇÃO		QUINTA GERAÇÃO		SEXTA GERAÇÃO	
Processos Utilizáveis	Produtos Obtidos	Processos Utilizáveis	Produtos Obtidos	Processos Utilizáveis	Produtos Obtidos
Puramento	Fibra Ótica				
	Silicomas Tubo e Perfilado Quartzo Síli.				
	Pré-Forma p/ F. O.	Puramento	Fibra Ótica		
Produção Catalise Cristalização Crescimento de filmes Depos. na superfície a vapor (CVD) Etopagem	Silício Polteristimado	Crescimento por Métodos Cz ou Fz Purificação	Silício Amorfo/cristalino	Corte Polimento Mec. Ataque Químico Dopagem Análise de Impurezas Análise Estrutural	Células Fotovolt. Transdutores Transistores Células Detectores

continua

bruta ou semi-acabada. O Brasil é o principal produtor de lascas de quartzo do mundo, apesar das condições primitivas de cata manual e do controle de qualidade visual. A não substituição desse processo por outro mais avançado, faz com que a nossa produção seja vendida a preços aviltantes. As lascas - insumos para produção de quartzo cultivado e fundido - são vendidas no mercado externo a preços que variam entre US\$ 1,2/kg e US\$ 6,0/kg. Quando se consideram os preços dos produtos finais, que variam de US\$ 50/kg a US\$ 1.000/kg, fica evidente a desprezível agregação de valor feita em território nacional.

Japão e Estados Unidos concentram mais de 90% da produção mundial de quartzo cultivado, através de apenas 11 empresas. Este produto substitui o quartzo piezoelétrico natural, utilizado na obtenção de cristais osciladores, consumidos pela indústria eletroeletrônica. O quartzo fundido é produzido pela companhia Heraeus Quarzschmelze, da Alemanha Ocidental, em regime de quase monopólio, há quase meio século. Ela o fornece a vários ramos da indústria mundial, principalmente da ótica, química e telecomunicações. O quartzo fundido é, por exemplo, insumo para a fabricação das fibras óticas, que já estão provocando uma revolução tecnológica nas telecomunicações.

As células solares constituem outra importante aplicação do silício, dito de grau solar, para conversão da energia solar em fotovoltaica. A sua tecnologia de fabricação envolve alta sofisticação industrial, que impõe aos produtos finais elevados custos unitários.

A empresa Kline & Co. Inc., consultora de marketing dos Estados Unidos, conclui que o valor do mercado americano somado ao europeu, em 1986, foi de US\$ 600 milhões, para a silícia especial. Incluem-se aí silícia precipitada, fundida, coloidal, de alta pureza, gel e quartzo de alta pureza, aplicados principalmente em abrasivos, catalizadores, dissecadores, borracha, refratários, coberturas especiais e alimentos, bem como nos setores eletrônico, saúde, ótica e

plástico. A distribuição percentual do mercado consumidor é a seguinte:

Alimentos, saúde - 26%;

Abrasivos, refratários - 11%;

Coberturas especiais - 11%;

Borracha - 25%;

Outros empregos - 27%.

A expectativa de crescimento para o mercado da silícia especial é de 3,2%, nos Estados Unidos, até 1991, com maior incidência nas áreas de eletrônica, ótica e plásticos, especialmente para silícia fundida e quartzo de alta pureza. Para o ano 2.000, projeta-se para o mercado mundial um valor de aproximadamente US\$ 16 bilhões.

2 PANORAMA BRASILEIRO EM NOVOS MATERIAIS

A produção brasileira de novos materiais é ainda muito incipiente, basicamente porque a demanda de produtos de alta tecnologia é dominada pelo padrão industrial existente, que impõe as especificações dos produtos a serem fornecidos; e como o mercado consumidor de alta tecnologia é pouco desenvolvido no País, a demanda não favorece o desenvolvimento do setor produtivo. Por outro lado, a aparente diversificação da nossa indústria comporta distorções graves e lacunas de difícil superação. Interessado em acelerar o processo de industrialização, o País importou plantas de produtos acabados, permanecendo dependente da produção de insumos elaborados, essenciais, mesmo nos casos em que dispunha de abundante matéria-prima. O exemplo da informática é sintomático: somos hoje o terceiro ou quarto mercado de informática do mundo, mas ainda não fabricamos "chips", embora o território brasileiro seja um dos mais ricos em silício e outros elementos necessários a esta indústria; fato que se aplica tanto à indústria tradicional quanto à de ponta.

De um modo geral, o que se observa na indústria de alto conteúdo tecnológico é a dominância das empresas multinacionais, altamente sofisticadas e verticalizadas; as pequenas e médias empresas nacionais ocupam apenas lacunas restritas do mercado. Exceção feita à siderurgia, que conta com usinas de grande porte e relativa modernidade, mesmo para os padrões internacionais, tais como a CSN, COSIPA e USIMINAS. O que se convencionou arrolar como cerâmica avançada, na indústria brasileira, não passa de cerâmica técnica, de aplicação maciça na eletroeletrônica, basicamente velas de ignição, varistores e capa-

citores.- Poucas empresas de porte mantêm em linha de produção artigos de cerâmica avançada propriamente dita. O panorama geral é de pequenas empresas, criadas em torno ou a partir de laboratórios universitários, as quais aplicam processos que foram adaptados a partir de modelos do exterior. Nesse aspecto, a indústria nacional não difere do modelo industrial dos países avançados.

Quanto aos polímeros, elas inexistem; sua viabilidade econômica é incompatível com operações em pequena escala. Predomina a produção por encomenda - preenchendo fatias de mercado que não interessam aos grandes produtores, os quais trabalham com linha de produção e estoque -, o grau de capitalização é baixo e a instabilidade dos negócios é muito alta. Por serem novas - a grande maioria foi implantada há menos de cinco anos - o índice de insolvência é ainda baixo, mas previsivelmente deverá crescer a médio prazo. Como alertaram Queiroz e colaboradores, a pequena empresa de alta tecnologia viabiliza-se apenas numa primeira fase, de abertura de mercado, devendo posteriormente assumir economia de escala sob pena de ser deslocada ou absorvida pelos grandes grupos concorrentes.

Quanto às perspectivas globais de desenvolvimento para o setor, pode-se adiantar que apenas as cerâmicas oferecem possibilidades para investimentos de pequeno porte, acessíveis ao capital nacional. As ligas metálicas de alta pureza e os polímeros exigem economia de escala e altos investimentos unitários. O silício tem mercado muito especializado, operando em condições mundiais de oligopólio, às vezes monopólio. Os compósitos, por sua vez, exigem domínio de alta tecnologia, seja na metalurgia, na cerâmica ou nos polímeros. Dois espécilhos

"Cerâmicas técnicas constituem uma transição entre as tradicionais e as avançadas; aplicam-se a funções industriais e requerem processos apurados de produção e controle de qualidade. Mas contêm ainda altos índices de insumos primários, beneficiados por métodos convencionais de tratamento, razão pela qual o seu desempenho não pode ser comparado ao das cerâmicas avançadas.

principais dificultarão o desenvolvimento do setor. Primeiro, a falta de um mercado consumidor adequado no País: a indústria instalada, consumidora potencial dos produtos elaborados com novos materiais não tem como estratégia investir em modernização, nem dispõe de capacidade para tanto. Por outro lado, o processo de expansão do parque industrial brasileiro está estagnado há vários anos, sem perspectivas imediatas de retomada significativa; e operar em dependência direta do mercado internacional será difícil enquanto a indústria nacional não dispuser de competitividade tecnológica. Segundo, o parque industrial brasileiro, moldado a partir dos interesses das multinacionais, que impõem seus padrões tecnológicos, mais por razões de domínio do mercado - para manter suas vantajosas importações -, do que por motivos de ordem técnica.

Vale questionar, portanto, as projeções que têm sido feitas quanto à evolução futura desta indústria, no País. Via de regra, elas têm sido transpostas diretamente da literatura norte-americana, européia ou japonesa, assumindo-se implícita ou explicitamente que repetiremos aqui o percurso histórico das economias de centro. Não se observa, qualquer indício de análise crítica nos artigos e discursos tanto dos pesquisadores quanto dos órgãos oficiais de fomento, que primam pela superficialidade. Os tratamentos têm sido meramente quantitativos, mediante manipulação de dados de investimentos, produção e consumo, e de índices setoriais de crescimento. Em raras publicações os elementos históricos, culturais, sociais e econômicos brasileiros são considerados, embora devessem inevitavelmente nortear a determinação dos objetivos a serem perseguidos e a projeção dos resultados a serem esperados, em termos de desenvolvimento industrial e tecnológico.

No que diz respeito à P&D de novos materiais, a realidade é que quase exclusivamente copia-se ou adapta-se, nas raras universida-

des dedicadas, os produtos e processos desenvolvidos no exterior. São exceções dignas de nota as pesquisas desenvolvidas no DENA da UFSCar, na UNICAMP e no Departamento de Metal-Mecânica da UFSC. Já os investimentos dirigidos ocorrem nos poucos laboratórios industriais e em alguns centros de tecnologia, como IPT, IPEN ou CPqD da TELEBRAS. De um modo geral, o quadro é precário, tanto no que se refere a recursos humanos e equipamentos, como a rarefação de verbas e projetos; entretanto, há intensa propaganda institucional, talvez na tentativa de manter cada entidade em evidência, aumentando suas possibilidades de obtenção de alguma parcela das minguadas verbas oficiais.

2.1 CERAMICAS AVANÇADAS

O Brasil praticamente não produz cerâmica avançada. Existem em nosso País cerca de 20 empresas fabricantes de produtos cerâmicos especiais, entre as quais meia dúzia de multinacionais, que dominam o mercado. Enquanto as maiores operam com linhas bem definidas de produtos, em economia de escala, as pequenas foram criadas em torno de universidades, fabricam sob encomenda e suas linhas de produção dependem fortemente das exigências do mercado consumidor. A competitividade das pequenas em relação às grandes é mínima, portanto.

As empresas de cerâmicas avançadas instaladas no País, e suas respectivas linhas de produção, são:

ABC-XTAL - fibras óticas;

CORNING - vidros oftálmicos e de laboratório;

THOMPSON - capacitores;

ROHN - capacitores e varistores;

VITRANON - capacitores multicamadas;

CONSTANTA - ferritas e resistores;

NGK - substratos, velas de ignição, anéis de trefila, placas e peças de alumina;

BOSCH - velas de ignição e sensores;
COORS - peças de alumina;
FOSECO - refratários especiais;
CARBORUNDUN - refratários especiais, peças de Sic;
KERANUS - cristobalita, produtos de alumina e titânia;
IPT - produtos de alumina;
NACIONAL - produtos de grafita;
CETEBRA - tubos, cadinhos, esferas de alumina;
PROCER - tubos de alumina;
VC - varistores;
THORTON - piezoelétricos;
CERTEC - guias-fios;
CILCERAM - guias-fios;
ENGECEC guias-fios, peças de alumina e titânia, pós de alumina, titânia e céria.

Desta lista, são multinacionais Corning, Thompson, Rohm, Vitramon, Constanta, NGK, Bosch e Coors; as demais são empresas nacionais de pequeno e médio porte.

O mercado brasileiro divide-se atualmente em três segmentos principais:

- a) cerâmica eletrônica - 70 a 75%;
- b) cerâmica estrutural - 20 a 25%;
- c) outros usos - até 10%.

Considerando o paralelo que se verifica entre o mercado brasileiro e o internacional, cujas tendências de crescimento foram anteriormente apresentadas, estima-se que o mercado interno de cerâmicas avançadas deverá atingir em torno de US\$ 1 bilhão, ao final deste século. O Brasil dispõe de algumas condições favoráveis a este crescimento, tais como: é um dos principais produtores mundiais de cerâmica, detém reservas importantes dos principais insumos necessários

(bauxita, titânio, nióbio, etc.), está implementando centros de tecnologia e constitui em si mesmo um mercado potencial importante. No entanto, os investimentos em P&D têm sido insuficientes para permitir que tais potencialidades sejam efetivamente desenvolvidas. Por outro lado, faltam análises mais aprofundadas e realistas sobre as verdadeiras condições de crescimento do setor, bem como de quais deverão ser os interesses em relação a esta indústria.

Algumas necessidades prioritárias ao desenvolvimento da indústria cerâmica nacional foram identificadas a partir de debates promovidos nos últimos anos pela Associação Brasileira de Cerâmica:

- a) identificação dos produtos cerâmicos avançados cujo desenvolvimento deve ser priorizado, no contexto do PNCT;
- b) formação de pessoal técnico especializado, de nível superior e médio;
- c) modernização de laboratórios nas universidades e institutos de pesquisa que já disponham de infra-estrutura adequada;
- d) criação de uma central de insumos que viabilize economicamente o fornecimento de matérias-primas, para a implantação de novas indústrias, e aumente a competitividade das já existentes no mercado internacional;
- e) identificação de empresas privadas e estatais, universidades, instituições e até indivíduos com envolvimento e interesse na área, para conhecimento de seus programas e/ou planos de trabalho;
- f) estruturação de financiamentos que possibilitem a formação de novas empresas na área, ou um maior envolvimento de quaisquer instituições e indústrias nela já integradas ou interessadas.

O quadro atual dos esforços de P&D aplicados às cerâmicas avançadas, no Brasil, reflete a tentativa de se dominar as técnicas de processamento desenvolvidas nos países mais adiantados, tanto em relação ao beneficiamento das matérias-primas quanto à confecção de peças acabadas. Em escala nacional, com exceções, os investimentos têm sido feitos de forma dispersiva e assistemática, isto é, através de projetos isolados, de curta duração, e voltados para a solução de problemas tecnológicos particulares. A rarefação de verbas e pessoal técnico qualificado parece ser o principal fator responsável por esta descontinuidade de esforços.

As cerâmicas eletroeletrônicas têm merecido a maior concentração de projetos, em função da sua dominância no mercado consumidor, vocação que já está bem definida no mercado brasileiro e que portando deverá ser levada em consideração em qualquer planejamento setorial. Cerâmicas magnéticas, óticas e termomecânica seguem-se na ordem de prioridades.

Conforme caracteriza Zanotto, em 1987, as fibras óticas são os únicos produtos cerâmicos avançados comercializados atualmente no Brasil. Todos os demais, que se encontram à disposição no mercado, pertencem à categoria das cerâmicas técnicas, que incluem as velas de ignição, varistores, capacitores, etc. As cerâmicas avançadas propriamente ditas encontram-se em fase de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico, iniciando-se a abertura de mercado. Os guias-fios podem ser tomados como exemplo. Embora várias empresas sejam relacionadas como fornecedoras desse artigo, para o mercado consumidor a sua produção não satisfaz às especificações da indústria. Os índices de rejeição chegam a 80%, por lote encomendado, e a demanda ainda é atendida basicamente pela importação.

Os maiores obstáculos ao desenvolvimento das tecnologias necessárias ao setor relacionam-se fundamentalmente à escassez de recur-

mentos humanos e financeiros para pesquisa. O número de técnicos formados anualmente na Engenharia dos Materiais é irrisório diante das necessidades brasileiras, como será demonstrado a seguir. Os volumes de recursos financeiros postos à disposição das entidades de pesquisa, seja de universidades, seja de centros de tecnologia, são insuficientes para a atualização dos equipamentos - que já são obsoletos em quase todos os laboratórios - além de terem sua liberação dificultada pela burocracia oficial.

As pesquisas no setor desenvolvem-se basicamente nas universidades, através de teses e projetos especiais, em alguns casos com forte interação entre laboratórios acadêmicos e indústria. Raramente estas pesquisas se estendem a todas as fases da produção, limitando-se a passos específicos previstos nos fluxogramas. Alguns grupos especializam-se em propriedades básicas e processos de obtenção de insumos, outros dedicam-se aos processos de beneficiamento, outros ainda aos de produção de peças acabadas. As lacunas reconhecidas como críticas, atualmente, estão ligadas principalmente a:

- a) desenvolvimento de cerâmicas covalentes;
- b) materiais para uso na engenharia médica;
- c) catalizadores, suportes de catalizadores, cimentos especiais e coberturas cerâmicas.

Apenas duas universidades formam engenheiros cerâmicos: a Federal de São Carlos, através do Departamento de Engenharia dos Materiais, e a Federal da Paraíba. Apesar do curso ter sido implantado há poucos anos, a segunda tem 12 graduados em seus registros, enquanto a primeira formou até 1987 em torno de 100 engenheiros. O Brasil conta hoje com cerca de 120 engenheiros cerâmicos, dos quais 30 doutoraram-se no País ou no exterior. Metade desses doutores deve estar trabalhando com cerâmicas avançadas, os demais com tradicionais e técnicas. Os mestres contam cerca de 45, segundo levantamento de Zanotto, feito

em 1987. O quadro 3 resume a situação atual do País em termos de entidades envolvidas, linhas de pesquisa e profissionais dedicados à área.

O quadro ilustra claramente as deficiências da pesquisa brasileira no campo das cerâmicas avançadas. Os principais grupos de pesquisadores encontram-se no DENA/UFSCar, IPEN, IPT e CTA, onde a pesquisa se concentra na obtenção, caracterização, sinterização e conformação de pós de alumina e zircônia, para aplicação nas indústrias eletroeletrônica, nuclear e termomecânica. O IPEN e o CTA, na qualidade de centros de P&D voltados a interesses específicos da CNER e da EMBRAER, estão altamente capacitados para atender às suas respectivas demandas, o que lhes permite desenvolver ainda estudos em outras áreas. Assim, são esses os dois únicos centros onde se pesquisa, hoje, cerâmicas covalentes (nitretos, carbetos, sialon), em nosso País. O desnível que existe entre este grupo líder e os demais é flagrante, tanto em quantidade quanto em qualidade de recursos humanos e materiais. Isto não significa que os demais mereçam ser classificados como deficientes, mas é inegável que neles não se encontram nem a massa crítica necessária, nem o aporte de verbas indispensáveis à aquisição de excelência na pesquisa.

Várias indústrias mantêm pesquisas aplicadas no setor, destacando-se entre elas:

THOMPSON - capacitores de titanato de bário e titanato de silício, capacitores multicamadas;

ROHM - resistores e capacitores;

NGK - substratos de alumina;

COORS - substratos de alumina, guias-fios;

3M - varistores de óxido de zinco;

VC - varistores de óxido de zinco;

PHILLIPS - ferritas;

NITTEC - sensores para radiações e umidade;

QUADRO 3 - INSTITUICOES BRASILEIRAS DEDICADAS A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE CERAMICAS AVANÇADAS - 1985

ENTIDADE	Linha de Pesquisa	TECNOLOGIA REPASSADA	(PESQUISADOR)		OBSERVAÇÃO
			-----	-----	
			TOTAL	P.R.D.	
DEMA/UFSCar	Ceramica eletrônica, alumina, titanato de bário, sialon, cordierita-mulita e vitro-cerâmicas	Metal-leve: alumina em po e cabeças de pistão. Keramos: pos, placas e peças de alumina. Engocer: sensores de zircônia.	12	6	É o maior e mais bem equipado centro de pesquisa e ensino de Engenharia dos Materiais do País. Junto com a USP/SC e as empresas do parque tecnológico de São Carlos constitui o principal polo de cerâmica avançada do Brasil
IDG/UFSCar	Processamento de pos de zircônia, toria e óxido de ferro		2	2	
IPEN	Cerâmicas nucleares: combustíveis, moderadores e blindagens. Processamento de pos e peças de zircônia, toria, óxido e zinco, urânio e alumina, carbeto de silício e boro, sialon	IPEN: combustíveis de urânio e pos de zircônia.	16	7	Atua na área desde 1960. É o centro mais bem equipado, fora das universidades. Opera com planta-piloto para produção de alumina e zircônia. Mantém curso de pós-graduação com convenio com a USP
IPT	Produção de alumina cerâmica para a indústria. Cadinhos, guias-fios, soltímetros cerâmicos e pos para polimento	IPT, Fosco, Elfusa, Vidrotill, UFV, IPEN, Unicamp e UFRGS. produtos de alumina.	9	4	Um grande programa está para ser implementado a partir de 1982, priorizando obtenção e caracterização de insumos para cerâmicas avançadas
ICTA	Produção e caracterização tecnológica de cerâmica estrutural para máquinas de combustão interna, mísseis e foguetes. Pos de zircônio e nitratos	CTA - carbono vítreo.	8	3	Projetos conveniados com a Alemanha (Deutsche Forschungsanstalt für die Luft und Raumfahrt, Volkswagenwerk e GIZ) e com o DEMA/UFSCar
IME	Avaliação mecânica e térmica de cerâmica estrutural. Preparação de alumina e peças por colagem. Estudo do comportamento da alumina bombardeada por neutrons		3	3	Número de alunos bastante reduzidos, pelos objetivos dirigidos às necessidades específicas do Exército, embora receba estudantes civis
IDG/UFUSP	Caracterização tecnológica de matérias-primas		7	3	Tecnologia cerâmica e objeto de estudo a nível de graduação, na Esc. Politécnica
IFTI	Purificação de alumina e zircônia				
IUAESP	Sinterização de cerâmicas eletroeletrônicas, estudos sobre a alumina				

FONTE: IPARDES

ENGECER - sensores de zircônia e peças de alumina;

LORENZETTI - varistores.

Outro fato característico de nosso estágio de desenvolvimento tecnológico é a dedicação, em praticamente todos os casos, de grande parte dos investimentos à obtenção e caracterização de insumos, apenas para viabilização das pesquisas de sinterização e conformação. Na falta de laboratórios de pesquisa aplicada, aptos a fornecerem tais insumos tanto à indústria quanto às próprias universidades, estas acabam derivando suas pesquisas para o suprimento dessa lacuna. A pesquisa acadêmica torna-se, assim, fortemente aplicada e conduz à geração de empreendimentos industriais, como se verifica atualmente em São Carlos. Parece mais racional interpretar o fenômeno das empresas geradas pelos laboratórios acadêmicos como decorrente da pobreza da pesquisa básica nessa área do que como um processo saudável de difusão de tecnologia a partir da universidade. O fenômeno é fruto de uma deficiência, portanto, e não está sustentado por nenhum tipo de planejamento setorial, sofrendo por isto mesmo, de uma vulnerabilidade empresarial preocupante.

2.2 POLÍMEROS

O Brasil, até o momento, repete o que tem acontecido nos países avançados. As empresas em geral passam a produzir materiais poliméricos a partir da compra de tecnologia ou transferência da matriz para a filial.

Os quadros 4, 5 e 6 apresentam três grupos de materiais poliméricos produzidos no Brasil: plásticos de engenharia, plásticos avançados de engenharia e compostos e ligas poliméricos. Como pode ser observado, os setores mais demandantes desses materiais são: eletroeletrônico, automobilístico e construção civil. O quadro 7, por sua

vez, aponta os setores de consumo potencial no País, segundo as funções dos polímeros.

Conforme se pode observar os produtores das três famílias de polímeros são empresas de grande porte e o capital de origem internacional. Essa estrutura é assim porque se exigem maciços investimentos em pesquisa e desenvolvimento e, normalmente, escalas de produção. Pelas suas propriedades, e pela possibilidade de redução no consumo de energia, esses materiais apresentam amplas perspectivas de mercado, quer preenchendo o espaço existente em novos processos tecnológicos, quer substituindo outros materiais.

Apesar de não constar dos quadros, o setor aeroespacial é também um grande demandante de polímeros.

Os principais núcleos das instituições de pesquisa encontram-se na Universidade Federal de São Carlos, Institutos de Química e Física da UNICAMP, no IMA/UFRJ e COPPE/UFRJ, os quais já contam com equipes razoavelmente consolidadas. A PETROQUISA, empresa do grupo PETROBRAS, pretende investir maciçamente na área; para isso está montando um centro de tecnologia para desenvolvimento de produtos e de novas tecnologias.

Cabe esclarecer que no Brasil a pesquisa ainda se encontra em fase inicial, apenas reproduzindo o que tem sido realizado nos países de ponta. Porém, essa situação tende a ser modificada, principalmente por parte das empresas nacionais que enfrentam dificuldades crescentes para continuar importando "pacotes". É razoável, portanto, esperar para os próximos anos um grande impulso à pesquisa na área de polímeros no Brasil, do qual já se percebem alguns sinais, pois ela, apesar de não ter atingido níveis satisfatórios de produção científica e tecnológica, vem evoluindo firmemente nos últimos cinco anos.²

²UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Política..., p.89-90.

QUADRO 4 - PLÁSTICOS DE ENGENHARIA NO BRASIL - 1987

PRODUTO	FABRICANTE	MERCADO BRASILEIRO/1986 (t)	PRINCIPAL CARACTERÍSTICA	PRINCIPAL APLICAÇÃO
Nylon 6,6	RHODIA	10.500	Resist. ao Impacto Resist. a Abrasão Resist. a Temperatura Resist. Química Rigidez	Ind. Automobilística Construção Civil Ind. Eletroeletrônica Eletrodomésticos
Nylon 6	NITROCARBONO RAZAFERRO DE NELLUS NOVELSPUMA	5.000	Elevado ao Ponto de Fusão Resist. a Abrasão Resist. ao Impacto	Ind. Automobilística Ind. Eletroeletrônica Mobiliário Eletrodomésticos
Poliacetil (POM)	Não existe fabricação no Brasil NORCON importa produto semi-acabado para posterior aditivação e extrusão	3.900	Baixo Coef. de Atrito Baixa Absorção Água Resist. ao Cizalhamento Estab. Térmica Resist. a Fadiga	Ind. Automobilística Ind. Eletroeletrônica Eletrodomésticos
IPRO Modificado	GE Utilizado em misturas com PSH e POLIAMIDAS na produção do NORYL e NORYL GTX respectivamente	740	Diversas propriedades térmicas e de isolamento elétrica estab. dimensional	Ind. Eletroeletrônica Ind. Automobilística Construção Civil Eletrodomésticos
IPC	POLICARBONATOS DO BRASIL	5.000	Resist. ao Impacto Transparência Alta Temp. de Deflexão Térmica Estab. Dimensional	Ind. Eletroeletrônica Ind. Automobilística Construção Civil Eletrodomésticos
IPBT	RHODIA NORDESTE CELBRAS	800	Prop. Elétricas Excelentes Resist. Química Resist. Térmica	Ind. Eletroeletrônica Ind. Automobilística Eletrodomésticos
IPET	RHODIA	Produto não consumido no Brasil como Resina de Engenharia. Mercado restrito a aplicação em filmes e fibras	Resist. Térmica Resist. Mecânica	Ind. Automobilística Ind. Eletroeletrônica Eletrodomésticos

FONTE: Os Novos Materiais e a PETROQUÍMICA - PETROBRAS Química S/A, Rio de Janeiro SET/87

QUADRO 5 - PLÁSTICOS AVANÇADOS DE ENGENHARIA NO BRASIL - 1987

PRODUTO	FABRICANTE	CARACTERÍSTICA	APLICAÇÃO
Poliarilato	UNITIKA/JAPAO	Resist. ao Impacto Prop. Elétricas Clareza Ótica Resist. Química Resist. ao CREEP Resist. a Chama	Ind. Elétrica/Eletrônica Ind. Automobilística Equip. de Segurança Componentes Médicos
Poli (Eter- Eter-Cetona)	ICI/USA	Resist. a Temperatura Resist. Tracão Resist. Química Resist. a Radiação Transparência	Revestimentos de Fios e Cabos
Polieterimida	GE	Resist. a Temperatura Transparência Propriedades Elétricas Resist. a Tracão Dureza	Pecas que exijam alta resistencia a tem- peratura
Polissulfeto de de Fenileno	PHILLIPS	Polimero Cristalino Estavel a Alta Temp.	Ind. Eletrônica Maq. Industriais Ind. Automobilística
Polisulfonas	UNION CARBIDE	Resist. a Temperatura Transparência Estab. Hidrolítica Prop. Mecanicas e Elétricas Resist. ao "CREEP" Estab. Dimensional	Ind. Elétrica/Eletrônica Componentes Médicos Pecas e Implantes

FONTE: Os Novos Materiais, e a PETROQUISA-PETROBRAS Química S/A. Rio de Janeiro

QUADRO 6 - COMPOSTOS/LIGAS POLIMERICAS NO BRASIL - 1987

COMPOSTO	PRODUTO COMERCIAL	FABRICANTE	APLICACAO	PRINCIPAL CARACTERISTICA
PPD/PS	NORYL	GE	Ind. Automobilistica Ind. Eletroeletronica	Resist. ao Impacto Resist. a Temperatura Rigidez Estab. Dimensional Estab. Hidrolitica
PC/ABS	ABS/PC 950	NITRI-FLEX	Ind. Automobilistica Ind. Eletroeletronica	Resist. a Temperatura Resist. ao Impacto Facil Processamento.
PC/PBT	XENDY	GE	Ind. Automobilistica	Resist. Temperatura Resist. Quimica Estab. Dimensional Resist. ao Impacto A Baixas Temperaturas Facil Processamento
PPD/Nylon	NORYL GTX	GE	Ind. Automobilistica	Resist. a Solventes Processabilidade Propriedades Fisicas e Mecanicas Excepcionais
PP/EPDM		POLIPROPILENO POLIBRASIL PPH	Ind. Automobilistica	Maior Resistencia ao Impacto a Baixa Temperatura Flexibilidade

FONTE: Os Novos Materiais e a PETROQUISA-PETROBRAS Quimica S/A. Rio de Janeiro SET/87

QUADRO 7 - SETORES CONSUMIDORES DOS POLÍMEROS SEGUNDO SUAS FUNÇÕES

FUNÇÃO	SETOR CONSUMIDOR POTENCIAL				
	Eletrônico	Elétrico	Telecomu- nicacoes	Mecânico	Metalúrgico
Mecânicas					
Resistência a fratura, deformação e desgaste				X	
Adesividade - colagem				X	
Térmicas					
Resistência ao calor					
Isolamento	X				
Eletroeletrônicas					
Condutividade	X				
Isolamento					
Óticas					
Transmissão de luz	X		X		
Reações através da luz	X				
Dispositivos de 'display'	X				
Biológicas					
Compatibilidade biológica					
Químicas					
Separação iônica					
Separação de líquidos e gases					
Separação biológica					
Corrosão e resistência química					

FUNÇÃO	SETOR CONSUMIDOR POTENCIAL					
	Automobi- lístico	Aeroes- pacial	Ener- getico	Químico-Petro- químico-Petrolífero	Químico	Médico Hospitalar
Mecânicas						
Resistência a fratura, deformação e desgaste	X	X				
Adesividade - colagem	X	X			X	
Térmicas						
Resistência ao calor	X	X				
Isolamento						
Eletroeletrônicas						
Condutividade			X			
Isolamento						
Óticas						
Transmissão de luz						
Reações através da luz						
Dispositivos de 'display'						
Biológicas						
Compatibilidade biológica						X
Químicas						
Separação iônica					X	
Separação de líquidos e gases					X	
Separação biológica						X
Corrosão e resistência química	X	X			X	

FONTE: Novos Materiais: subsídios para uma estratégia de desenvolvimento científico e tecnológico. UNICAMP - Núcleo de Política Científica e Tecnológica, Campinas, julho 1987

Existe a possibilidade teórica de a alcoolquímica ser a origem de materiais poliméricos, setor no qual o Paraná ocupa posição privilegiada, porém não há nenhuma perspectiva de investimento ao curto e médio prazo, por duas razões básicas:

- a) o desenvolvimento em polímeros com origem na petroquímica, no Brasil, encontra-se ainda em estágio bastante atrasado, mesmo porque a petroquímica brasileira é bastante jovem;
- b) o interesse do setor alcooleiro em pesquisa e desenvolvimento na área de polímeros ainda não se tem verificado.

2.3 MATERIAIS METALICOS

O desenvolvimento neste segmento ocorre através de:

- a) novos materiais, que atendem novas especificações e propriedades não encontradas nos materiais tradicionais;
- b) novas formas de processamento dos materiais tradicionais. Nesta linha, o objetivo essencial é, por um lado o de reduzir o número de ciclos intermediários do processamento (reduzindo a incidência de fatores aleatórios), e, por outro, numa maior garantia de projeto na área de liga metálica de lote a lote.³

Entre os novos materiais desenvolvidos nos últimos anos destacam-se:

- a) aços de alta resistência e baixa liga. A elevada resistência mecânica desses aços, que possibilita menores relações peso-resistência aliada a custos de produção pouco superiores à dos aços tradicionais, tem levado as indústrias automobilística, naval, bélica, etc., a utilizarem cada vez mais esse tipo de material;

³UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Política..., p.27.

- b) ligas com memória de forma. Possuem a propriedade de retornar a sua forma original mesmo quando deformadas. Suas principais aplicações se dão em dispositivos de controle remoto, sensores de temperatura, material biomédico, aplicações aeroespaciais, etc.;
- c) ligas supercondutoras, em especial as de níobio, que combinado com outros elementos permite a levitação de veículos (trens), transporte de energia elétrica, etc.;
- d) ligas de armazenagem energética. Seu objetivo é o armazenamento do hidrogênio sem risco de explosão.

Entre as novas formas de processamento dos materiais tradicionais, que permitem usar ligas tradicionais e conseguir materiais novos, destacam-se:

- a) técnicas de solidificação com taxas de resfriamento ultrarrápido. Tem suas principais aplicações nos setores eletrônico, automobilístico e nuclear;
- b) solidificação direcional. Essa técnica aumenta as resistências à fratura e deformação;
- c) metalurgia de pó. A partir da compactação a verde e sinterização do pó metálico pode-se obter um produto final com características melhores que pelos processos tradicionais;
- d) silício de grau solar. Sua utilização se dá nas indústrias eletroeletrônica, bélica e energética.

A indústria, como pode ser verificado no quadro 8, já vem desenvolvendo ligas metálicas de alta tecnologia, inclusive para exportação. Dado que o País possui amplas reservas das mais variadas matérias-primas, empresas de grande porte em condições de investir em P&D, e um amplo mercado consumidor, esse segmento apresenta-se promissor.

QUADRO 8 - INDUSTRIA DE MATERIAIS METALICOS NO BRASIL - 1987

SEGMENTO	EMPRESA	PRODUTO	APLICACAO	OBSERVACAO
Semicondutores	Heliodinamica	Wafers de silicio de grau electronico	Fabricacao de celulas solares	Materia-prima importada
Metais ferrosos	CSN, COSIPA, USIMINAS, ELETROMETAL E SIDERURGIA N. Sra. APARECIDA	Acos	Todos os setores industriais	Acos microligados de alta resistencia; aperfeiçoamento de processos de lingotamento
Metais nao-ferrosos	VALESUL, CBA, ALCAN, ALCOA E METAL LEVE	Aluminio e suas ligas	Todos os setores industriais	O alclad (liga de alta tecnologia) e importado
	VOTORANTIM E TERMOMECANICA	Cobre e suas ligas	Todos os setores industriais	

FONTE: Universidade Estadual de Campinas. Nucleo de Politica Cientifica e Tecnologica. Novos Materiais: subsidios para uma estrategia de desenvolvimento cientifico e tecnologico. Campinas, 1987. 117f.

A maior parte da pesquisa e desenvolvimento em materiais metálicos hoje realizada no País é apresentada no quadro 9. Como pode ser observado, essa pesquisa está concentrada no Estado de São Paulo (75% das entidades).

Devido à grande disponibilidade de minerais, tais como, titânio, nióbio, alumínio, ferro, terras raras, etc., o Brasil, desde que invista na pesquisa de novas tecnologias, poderá se transformar num grande produtor mundial.

2.4 SILÍCIO

A principal participação brasileira no mercado mundial de silício está na exportação de quartzo bruto e em lascas, em torno de 4.000 t/ano, correspondentes a cerca de US\$ 5 milhões. As exportadoras mais importantes são Telequartz, Quartzbrás, Exportação de Minérios Bahia, Multiquartz e Goyana, que vendem para os seguintes países:

QUADRO 9 - PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM METAIS DO BRASIL - 1987

ENTIDADE	LINHA DE PESQUISA
LINE - Laboratório de Microeletrônica da Poli-USP	Semicondutores e silício de grau eletrônico
Departamento de Engenharia Metalúrgica da Poli-USP	Transformação de fases, tratamento térmico e ligas especiais
Departamento de Engenharia de Materiais da FEC-UNICAMP	Controle da microestrutura de aços especiais, obtenção de silício de grau solar e de grau eletrônico, e processo de lingotamento contínuo e estático de metais e ligas
Instituto de Química da UNESP/Campus de Araraquara	Obtenção e aplicações de terras raras
Instituto de Química da Universidade Federal de São Carlos	Controle de corrosão de metais e ligas
Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos	Soldagem especial de metais e ligas, novos métodos de caracterização de elementos de ligas, técnicas e fundição de metais de alto ponto de fusão e controle de microestrutura de metais e ligas ferrosas e não-ferrosas
Instituto de Física e Química da USP/São Carlos	Pesquisa em supercondutores e metais especiais para aplicações em eletroeletrônica
Departamento de Engenharia Mecânica do ITA	Controle de estrutura de solidificação e segregação de soluto em ligas não-ferrosas para aplicações aeronáuticas
Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFPA	Processos siderúrgicos, fabricação de aços especiais e controle de propriedades mecânicas especiais de metais e ligas ferrosas
Departamento de Materiais e Metalurgia do IME - Rio de Janeiro	Metalurgia física, transformações de fase, tratamentos térmicos para ligas especiais
Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFRJ	Controle de propriedades mecânicas de metais e ligas ferrosos e não-ferrosos
IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo	Abrange praticamente todas as áreas tecnológicas, particularmente na área de materiais e metalurgia
IPM-Departamento de Materiais do IPD/CTA	Superligas e metais refratários
ICPD-Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRAS Campinas-SP	Aplicação de silício e outros semicondutores e geração de superfícies ativas por dissolução de metais de alta pureza
ICETEC-Centro de Tecnologia de Minas Gerais	Quartzo e obtenção de silício semicondutor a partir de silício metalúrgico
IPEN-Instituto de Pesquisas Nucleares	Uranio e suas ligas, além de outros metais nucleares
Centro de P&D da Fundição Tupy - Joinville-SC	Desenvolvimento de processos de fundição e de ligas para fundição, destacando-se ligas de alumínio e ferro fundido
Centro de P&D da Metal Leve - São Paulo-SP	Desenvolvimento e tecnologia de processo de fundição de precisão e forjamento de ligas de alumínio em geral, especialmente para a área aeroespacial
Eletrometal - Metais Especiais S/A Sumaré-SP	Desenvolvimento em aços especiais e super ligas e de técnicas especiais de fusão a vácuo e eletroescoria
Termomecânica S/A	Desenvolvimento de ligas de cobre e processos especiais de lingotamento contínuo de cobre

FONTE: Universidade Estadual de Campinas, Núcleo de Política Científica e Tecnológica, Novos Materiais submetidos para uma estratégia de desenvolvimento científico e tecnológico. Campinas, 1987, 1177.

Japão - 27,5%;
Países Baixos - 26,4%;
Alemanha Ocidental - 18,7%;
Polônia - 7,8%;
Alemanha Ocidental - 5,3%;
União Soviética - 4,8%;
Outros - 9,5%.

A maior dificuldade enfrentada pelos produtores nacionais, na tentativa de agregar valor à produção bruta, está na forte verticalização da indústria consumidora, que mantém controle cartelizado sobre a aquisição da matéria-prima.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de silício de grau metalúrgico e ligas de Fe-Si, com 18 empresas instaladas e 77% da produção atendendo o mercado externo, em 1985. A produção de 1988 deverá atingir 120.000 t.

Uma única empresa, a ABC-XTAL, do Rio de Janeiro, produz quartzo cultivado, com tecnologia adquirida da Motorola norte-americana. Metade da sua produção é colocada no mercado interno, o restante é exportado. Em São Paulo, esta empresa produz fibras óticas, com tecnologia desenvolvida em convênio da UNICAMP com o CPqD da TELEBRÁS. Os tubos de quartzo fundido, sua matéria-prima, são importados da Alemanha, que monopoliza mundialmente sua produção. A produção brasileira de fibras óticas, de 2,5 t/ano, representa atualmente 1% do mercado mundial.

Em 1987, o Brasil produziu 11.000 t de silício policristalino, tendo consumido apenas 27t. O silício grau eletrônico não é fabricado no País. A empresa paulista Heliodinâmica produz monocristais de silício, a partir do silício eletrônico importado, para fabricação de células solares.

Pesquisas nesta área são desenvolvidas atualmente na UNICAMP, USP, INE e IPT. O Laboratório do Quartzo, do Instituto de Física da UNICAMP, desenvolve há vários anos pesquisas sobre crescimento de quartzo cultivado, a partir de sementes obtidas em forma de lascas nos garimpos brasileiros. Os seus estudos incluem, além da tecnologia de crescimento, controle de qualidade tanto da matéria-prima quanto dos cristais cultivados, oferecendo contribuição fundamental para o desenvolvimento desta área da ciência e da indústria. Merece menção especial, pela excelência alcançada na aplicação dos métodos de Raios-X para a determinação das propriedades físicas e químicas do quartzo e do silício, o GORXI, do Departamento de Física da UFPR. Reconhecido hoje como o mais capacitado a nível nacional, este laboratório presta serviços à TELEBRAS, universidades e empresas brasileiras, sendo responsável pela fabricação dos monocromadores a serem utilizados nos equipamentos do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, que está sendo construído pelo MCT em Campinas.

3 O PARANÁ E OS NOVOS MATERIAIS

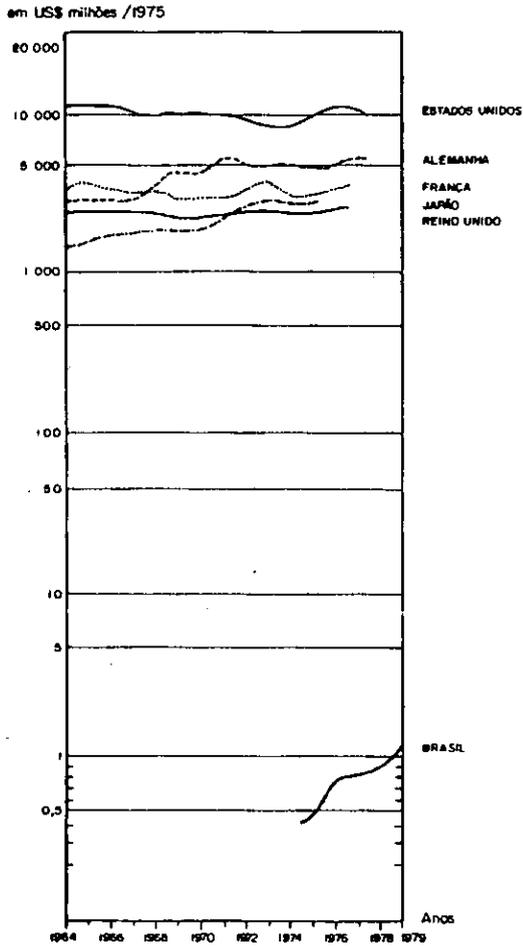
Nos países latino-americanos, incluído o Brasil, existe uma retórica oficial grandeloquente sobre a importância da tecnologia para o desenvolvimento econômico e social. A mesma situação é aplicada à educação, base do desenvolvimento tecnológico. Entretanto, os índices de investimentos governamentais nestes setores mostram uma situação mais difícil. O gráfico 2 retrata a real posição do Brasil em relação aos países industrializados, em termos de investimentos públicos em C&T: investe-se apenas 0,7% do PIB em C&T, contra 2 a 3% dos países industrializados.

Outro índice da situação brasileira é a produção científica, medida pelos números de títulos publicados anualmente. Price observa, em 1976, que o Brasil ocupa a faixa limítrofe entre a ciência dita retardada e a avançada. Compara-se o Brasil ao México, Argentina, Espanha, Irlanda, Chile, Venezuela e Grécia; sobressaindo-se apenas ligeiramente em relação a Portugal, Paquistão, Tailândia, Turquia e Líbano. O Brasil está muito abaixo de países com os quais deveria se comparar, como Índia, Bélgica, Austrália e Canadá.

O investimento brasileiro em C&T, para um PIB de US\$ 313 bilhões em 1987, atinge aproximadamente US\$ 2 bilhões.

Aceitando a hipótese de que o Governo Estadual investe em média de 2 a 3% do orçamento estadual em C&T, verifica-se que ainda assim os recursos não são suficientes, mesmo que se considerem as transferências do Governo Federal e os investimentos privados. Os dados do Orçamento realizado em 1986 permitem estimar que o investimento em C&T por parte do Governo Estadual não ultrapassou US\$ 40 milhões. Além disso, o Paraná não está captando recursos a nível federal, compatíveis com seu atual estágio de desenvolvimento econômico.

GRÁFICO 2 - INVESTIMENTOS GOVERNAMENTAIS EM P&D - 1964 - 79



FONTE: L. DONADIO, 1983

Para tentar suprir parte dessa lacuna, através da Lei nº 8387, de 15.10.86, o Governo Estadual criou o FUNCITEC, para o qual será canalizado 0,5% das receitas tributárias do Estado. Estima-se, portanto, para 1988 uma entrada de recursos para o Fundo na ordem de US\$ 3-5 milhões.

Os investimentos em C&T por parte da iniciativa privada não são passíveis de estimativa, porém, como o Paraná não tem setores representativos em tecnologia de ponta, conclui-se que os recursos canalizados para C&T não devem ser de grande representatividade.

Como a indústria paranaense não produz até o momento materiais considerados de alta tecnologia, importa-os de outros centros. Existe, entretanto, uma produção razoável de materiais tradicionais, destacando-se os cerâmicos, não só pelo porte das empresas aqui existentes, mas também pela qualidade do que é produzido, utilizando em alguns casos moderna tecnologia.

Algumas fundições especializadas poderão, com a evolução do setor, absorver tecnologias para a produção de ligas de alta pureza. Como a demanda brasileira é superior à oferta as projeções apontam, ainda que sem números estimados, para um crescimento comparável ao das cerâmicas e polímeros.

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS

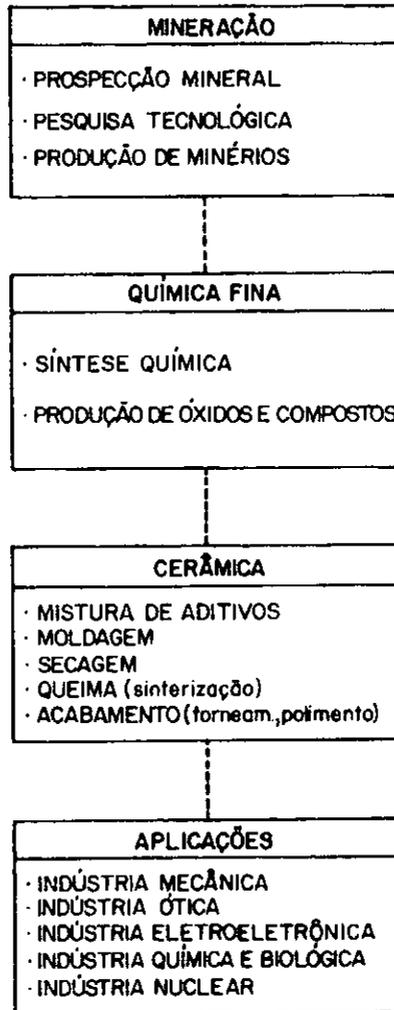
Como foi dito anteriormente, dentre os setores da indústria paranaense que se relacionam com os novos materiais, a cerâmica é o mais importante. Por essa razão, ele será utilizado como objeto de avaliação de potencial, no que se refere às matérias-primas, mesmo porque boa parte delas aplica-se igualmente à metalurgia, o segundo setor em importância para o desenvolvimento tecnológico e industrial ora considerado.

A figura 5 ilustra o fluxograma geral do processo industrial integrado, que leva à geração das cerâmicas avançadas. Tal sequência de eventos tecnológicos pode servir de referência para as etapas que devem ser priorizados pelas entidades governamentais de fomento técnico e econômico, tendo em vista a promoção do seu desenvolvimento. O que se revela fundamental é a introdução de outra tecnologia de ponta, a química fina, responsável pela diferença de qualidade industrial existente entre cerâmica tradicional e avançada.

Ainda assim, permanecem como participantes indispensáveis, nesta cadeia de eventos, os materiais cerâmicos naturais, uma vez que deles são extraídos os compostos purificados. O Paraná dispõe em seu território de mais de 80% dos minérios necessários à produção dos insumos beneficiados da indústria cerâmica avançada. O quadro 10 contém as informações atuais sobre as potencialidades e reservas do Estado. Dos 30 minérios apontados como essenciais à obtenção desses insumos, o Paraná dispõe de 16 (entre os quais, quatro em abundância) e apresenta bom potencial para outros nove, o que corresponde a 83% das necessidades da indústria quanto aos tipos de materiais, não necessariamente ao volume da demanda regional.

O Paraná apresenta potencial considerável em fluorita (aproximadamente 70% das reservas nacionais estão situadas no Vale do Ribeira), quartzo (as rochas graníticas e gnáissicas são abundantes no litoral e Primeiro Planalto), argilas especiais (encontradas no Primeiro Planalto e nos Campos Gerais) e ilmenita (há boas reservas cubadas no litoral). Carvão, barita, terras raras, ferro, chumbo, fosfatos, zinco, zirconita também merecem destaque, entre os minérios existentes, pela importância de sua aplicação na indústria de alta tecnologia, principalmente sob a forma de óxidos de alta pureza

FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DE GERAÇÃO E APLICAÇÃO DA CERÂMICA AVANÇADA



QUADRO 10 - INSUMOS DA CERAMICA AVANÇADA, SUAS MATERIAS-PRIMAS E DISPONIBILIDADES NO PARANA* - 1987

INSUMO	MATERIA-PRIMA	SITUACAO NO PARANA	
		Abundancia**)	Informaçao Disponível
Carbeto de Boro	Carvão	E	100.000.000 t em Figueira, Sapopema, Telemaco Borba, Ortigueira e Reserva
	Boratos	D	Sem dados disponíveis
Carbeto de Silício	Carvão	E	Idem acima (Carvão)
	Quartzo, Quartzito	A	Ocorrências e jazidas não discriminadas em Balsa Nova, Tijucas do Sul, Campo Largo, etc.
Fluoreto de Alumínio	Fluorita	A	Mais de 3.000.000 t em Adrianópolis e Cerro Azul
	Bauxita	P	Terceiro Planalto
Fluoreto de Cálcio	Fluorita	A	Idem acima (Fluorita)
Nitreto de Silício	Nitratos	D	Sem dados disponíveis
	Quartzo	A	Idem acima (Quartzo)
Oxido de Alumínio	Bauxita	P	Idem acima (Bauxita)
Oxido de Antimônio	Antimonita	D	Sem dados disponíveis
Oxido de Arsênico	Arsenopirita	P	Associada as jazidas de ouro em Campo Largo
Oxido de Bário	Barita	E	Ocorrência e jazida não dimensionadas em Cerro Azul, Adrianópolis e Bocaiuva do Sul
Oxido de Bismuto	Bismutita	D	Sem dados disponíveis
Oxido de Boro	Boratos	D	Sem dados disponíveis
Oxido de Cério	Terras Raras	E	Jazida em pesquisa pela MINEROPAR em Cerro Azul; ocorrências em Curitiba

(continua)

(continuacao)

INSUMO	MATERIA-PRIMA	SITUACAO NO PARANA	
		Abundancia**)	Informacao Disponivel
Oxido de Cromo	Cromita	P	Rochas com bom potencial geoquimico em Pien, Agudos do Sul e Tijucas do Sul
Oxido de Cobalto	Cobaltita	P	Idem a Cromita
Oxido Cobaltico	Cobaltita	P	Idem a Cromita
Oxido de Cobre	Cuprita	P	Idem a Cromita
Oxido de Ferro	Hematita	E	Ocorrencias em Rio Branco do Sul e Castro
Oxido Ferroso	Magnetita	A	39.815.000 t em Antonina
Oxido de Chumbo	Galena	E	Majs de 3.000.000 t em Adrianopolis e Cerro Azul
Oxido de Litio	Espodumeno	P	Rochas favoraveis a sua ocorrencia ao longo da Serra do Mar
Oxido de Magnésio	Dolomita	A	Jazidas produzidas, mas sem dimensionamento, em Castro, Colombo, Almirante Tamandare, Rio Branco do Sul e Campo Largo
Oxido de Manganés	Manganita	E	Ocorrencias em Tijucas do Sul e Mandrituba
Oxido de Niquel	Niquelita	P	Idem a Cromita
Oxido de Fosforo	Apatita	E	Associadas as terras raras de Cerro Azul e bom potencial ao Norte de Curitiba

(continua)

(conclusao)

INSUMO	MATERIA-PRIMA	SITUACAO NO PARANA	
		Abundancia**	Informacao Disponivel
Oxido de Potassio	Carmalita	D	Sem dados disponiveis
Oxido de Silicio	Quartzo	A	Idem acima (Quartzo)
Zarcão	Galena	E	Idem acima (Galena)
Fluoreto de Sodio	Fluorita	A	Idem acima (Fluorita)
Oxido de Sodio	Malita	D	Sem dados disponiveis
Oxido de Estroncio	Estroncionita	P	Associada as terras raras de Cerro Azul
Oxido de Estanho	Gassiterita	E	Ocorrencias em pesquisa pela MINEROPAR em Bocaiuva do Sul
Oxido de Titânio	Ilmenita	A	Mais de 2.000.000 t em Paranagua e Guaraquecaba
Oxido de Urânio	Uraninita	E	Jazida dimensionada em Figueira
Oxido de Zinco	Esferita	E	Associada ao Chumbo no Vale da Ribeira
Oxido de Zirconio	Zirconita	E	Associada a Ilmenita no Litoral

FONTE: Materias-Primas para Ceramica Tecnica Avancada - Coordenacao da Producao Mineral (manuscrito)

*Segundo dados disponiveis na Mineraiis do Parana S/A - MINEROPAR

**A - abundante
E - existente
P - potencial
D - desconhecido

3.2 PERFIL DA INDÚSTRIA PARANAENSE

A indústria cerâmica é a mais desenvolvida e importante no Paraná, dentre as que se ligam aos novos materiais. O parque cerâmico estadual é também um dos mais importantes do País, tanto nas cerâmicas estruturais convencionais (louças, pisos, cerâmica vermelha), quanto nas cerâmicas técnicas (para uso eletroeletrônico, principalmente). Existe, portanto, uma base industrial assentada sobre um potencial natural, dotado de indiscutível valor, com algum poder para investir em P&D ou aproveitar os resultados eventualmente obtidos nos laboratórios universitários ou tecnológicos. A infra-estrutura de P&D é obsoleta e subutilizada, basicamente por falta de investimentos e políticas de formação de pessoal técnico especializado. Ainda assim, este é o setor mais bem servido de recursos físicos necessários ao desenvolvimento de processos e produtos para o setor cerâmico. Por outro lado, algumas entre as mais importantes empresas do Estado têm investido em desenvolvimento tecnológico, ainda que no campo das cerâmicas tradicionais. O que importa, neste caso, é a existência de uma mentalidade empresarial voltada para a inovação e modernização industrial.

Algumas fundições especializadas poderão, com a evolução do setor, absorver tecnologias para a produção de ligas de alta pureza. A demanda brasileira é superior à oferta e as projeções apontam um crescimento comparável ao das cerâmicas e polímeros, ainda que sem números estimados. Este setor merece priorização, portanto, pela existência de um mercado produtor incipiente e com bom potencial de desenvolvimento, pela abundância de matéria-prima nacional (ênfaticada em documentos do CONSIDER, de 1987, e pela relativa facilidade de assimilação de inovações que caracteriza esta indústria. O mercado consumidor do Paraná é altamente diversificado e já se delinea um setor produtivo também dotado de diversificação importante.

O Paraná não dispõe de indústrias produtoras de polímeros,

compósitos ou silício. Os investimentos em polímeros fogem às dimensões da indústria e das entidades de C&T do Estado. Este setor dificilmente escapará ao domínio dos grandes grupos, principalmente multinacionais, que monopolizam as tecnologias de sua produção.

Os compósitos poderão merecer prioridade por complementarem o setor cerâmico em termos de aplicações e por deterem um mercado consumidor com excelente potencial de crescimento.

Embora existam no Paraná grupos industriais interessados em novos materiais, em termos práticos apenas duas empresas estão trabalhando na área: Valenite Modco Indústria e Comércio Ltda e Lorenzetti Porcelano Industrial Paraná S.A. A primeira trabalha com ferramentas de corte metálicas e é subsidiária de uma empresa norte-americana, enquanto a segunda atua na área de cerâmica eletroeletrônica e é de capital nacional.

3.3 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS

Embora não conte, ainda, com nenhum curso regular nem instituição formalmente dedicada à P&D de novos materiais, o Paraná possui vários grupos de pesquisadores e laboratórios plenamente capacitados, alguns tendo atingido excelência em áreas específicas, ao desenvolver pesquisas sobre as propriedades dos materiais, tanto tradicionais quanto produzidos através da alta tecnologia. Localmente podem ser identificadas iniciativas no desenvolvimento de processos e equipamentos aplicáveis à produção de novos materiais. O quadro geral se caracteriza por diversos núcleos ou equipes emergentes, operando ainda de forma isolada, no que diz respeito aos congêneres paranaenses, mas mantendo vínculos de colaboração formal e/ou informal com outros centros mais desenvolvidos, fora do Estado e do País. Esses grupos constituem os núcleos de possíveis futuros centros de excelência técnica e científica, a serem promovidos e apoiados pelo futuro Programa

Predominam entre eles os físicos, ligados aos departamentos

específicos das universidades, e os engenheiros de materiais, cerâmicos, químicos e civis, que trabalham em laboratórios de pesquisa aplicada. Enquanto em algumas instituições podem ser vistos equipamentos modernos e de alta capacidade, atendendo-se às necessidades fundamentais dos projetos, em outras observa-se carência premente de renovação e ampliação dos recursos materiais disponíveis. Neste aspecto, portanto, a situação estadual em nada difere do ambiente científico e tecnológico do resto do País. As informações abaixo apresentadas demonstram, entretanto, um valioso potencial distribuído nas diversas instituições paraenses de ensino e pesquisa, cujo desenvolvimento poderá a curto prazo gerar uma base de apoio tecnológico para a modernização do parque industrial do Estado.

A tabela 4 sintetiza a situação geral dos recursos humanos disponíveis nas instituições paraenses, com suas respectivas qualificações atuais. Fica patente o valor desse conjunto de técnicos e cientistas, cuja integração e consolidação em torno da Ciência e Engenharia dos Materiais poderá viabilizar com relativa facilidade e rapidez os objetivos finais deste Programa.

TABELA 4 - SITUAÇÃO DA P&D EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DOS MATERIAIS, NAS INSTITUIÇÕES PARAENSES - 1988

CATEGORIA	UFPR	LAC	TECPAR	FUEM	FUEL	TOTAL
Doutores	9	2	-	2	5	18
Doutorandos	7	5	-	7	6	25
Mestres	14	2	-	15	14	45
Mestrandos	4	-	1	2	5	12
Graduados	17	10	3	5	5	40
TOTAL de Pesquisadores	51	19	4	31	35	140
Subareas						C
Cerâmica	-	C	-	-	-	0
Cristais	0	-	-	-	0	0
Metais	0	0	0	0	-	0
Polimeros	-	C	-	0	-	0
Instrumentação	0	-	-	-	0	0
Padrões, Processos	-	0	0	-	-	0

FONTE: IPARQES

OBS.: 0 - Atuante, C - Planeja Atuação

Alguns entraves, apontados pela própria comunidade do C&T do Paraná, contudo, devem ser reconhecidos como existentes. Eles não diferem dos permanentemente acusados pela comunidade científica nacional e refletem as limitações típicas da C&T de uma Nação de industrialização recente. Deverão merecer, por isto, análise e discussão por parte dos órgãos de fomento científico e tecnológico, juntamente com a comunidade científica local, tendo em vista o interesse em se chegar a soluções efetivas. O êxito dos esforços a serem empreendidos neste Programa dependerá fundamentalmente de tais soluções, que poderão permitir ao Estado obter os desejáveis índices de crescimento nesta área.

A restrição mais generalizadamente apontada pelos pesquisadores está na excessiva burocratização das instituições, responsável pela falta de agilidade na solução dos problemas de apoio e desenvolvimento dos projetos. Deficiências de apoio administrativo e técnico, aliadas a excessos de rotina administrativa, incompatíveis com os compromissos das organizações modernas de ensino e pesquisa, acabam gerando desmotivação nas equipes, atrasos nos cronogramas de trabalho e evasão de recursos humanos altamente qualificados. Essa dificuldade se reflete na pobreza da comunicação existente entre as próprias instituições, delas com o meio exterior, como também entre as diversas unidades internas de uma mesma organização. Os grupos de pesquisa poderiam beneficiar-se com a criação de mecanismos e/ou organismos, instituídos com o objetivo específico de lhes fornecer apoio administrativo e técnico. Nos órgãos estaduais e federais existem recursos financeiros disponíveis para estas aplicações, mas os procedimentos de acesso e alocação exigem simplificação e agilização, primeiro das instituições estaduais e depois das suas relações com as entidades federais de fomento científico e tecnológico.

Outro entrave importante e crítico, ultimamente agravado pelas restrições governamentais à contratação de servidores, são as dificuldades encontradas para atrair pesquisadores, tanto para as universidades quanto para as entidades de pesquisa do Estado. Isso tem

impedido a consolidação das equipes, cuja evolução se torna inaceitavelmente lenta e desestimulante, dificultando sobremaneira a execução de projetos compatíveis com as necessidades crescentes da sociedade e da economia nacional. Em alguns casos, a evasão de técnicos e cientistas tem levado à obstrução do progresso planejado para determinadas entidades, tais como o CTI do TECPAR, profundamente prejudicado por este tipo de obstáculo. Cabe ao Governo Estadual, portanto, rever suas políticas de contratação e valorização de servidores, estabelecendo prioridades compatíveis com suas propostas de desenvolvimento e modernização tecnológica para o Estado.

Uma outra dificuldade apontada pelos pesquisadores refere-se à carência de recursos financeiros para atualização técnica, seja para participação em eventos científicos do País ou do exterior, seja para aquisição de literatura especializada, principalmente periódicos. Os orçamentos das instituições de ensino e pesquisa são fortemente limitados nesse aspecto, atualmente, com evidentes prejuízos para a elevação do nível profissional dos grupos de pesquisa. Uma consequência indesejável desta restrição é a falta de comunicação entre a comunidade científica paranaense e a do resto do País. Desta forma, não apenas os técnicos e pesquisadores do Estado permanecem alheios à evolução da ciência e da tecnologia nacional, como ainda perdem imprescindíveis oportunidades de divulgação para os seus próprios trabalhos. O isolamento do Paraná em relação ao Brasil, especificamente nesta área, é patente e constantemente acusado nos outros centros. A falta de contato entre os diversos grupos do próprio Estado também é flagrante e deve ser superada, para que se possam satisfazer os seus respectivos interesses de consolidação e atualização.

As entidades de ensino e pesquisa serão caracterizadas, ainda que de forma concisa e preliminar, com o objetivo de descrever o quadro global do Estado, na área da Ciência e Engenharia dos Materiais. As informações apresentadas não se restringem, portanto, ao campo dos novos materiais, uma vez que é necessário no momento determinar o po-

tencial disponível para o desenvolvimento de projetos futuros, dentro dos objetivos deste Programa. Esta descrição demonstra, inegavelmente, que o Paraná dispõe de vários laboratórios com capacitação profissional e de material para o desenvolvimento de tais projetos. Acima de tudo, existem o interesse e o esforço necessários para que se atinjam as metas de modernização científica, tecnológica e industrial que este tipo de Programa busca fomentar.

Na Universidade Federal do Paraná, o departamento de física já tem implantadas várias linhas de ensino e pesquisa pertencentes à Ciência dos Materiais, com grupos de pesquisadores plenamente qualificados, dedicados ao estudo teórico e experimental das propriedades dos materiais sólidos e gasosos. Seus projetos têm conduzido ainda à área de instrumentação científica, campo em que o departamento se sobressai a nível nacional.

O LAC de Eletrotécnica e Eletrônica criado pelo convênio UFPR-COPEL, reúne o grupo mais numeroso de técnicos e pesquisadores envolvidos com a Engenharia dos Materiais, no Paraná. Altamente capacitado para caracterização de condutores e dielétricos, inclusive na área de novos materiais, o LAC atende aos interesses do setor energético nacional. Dotada de importante potencial para crescer e adquirir excelência científica e tecnológica, esta instituição poderá fornecer a base para a evolução desse campo da ciência e da tecnologia, principalmente se puder se valer dos benefícios do trabalho integrado com outros departamentos da UFPR e com o CTI do TECPAR.

O CTI do TECPAR dispõe de boa infra-estrutura física e modernos recursos instrumentais, essenciais para o desenvolvimento de projetos na área de novos materiais. Esses recursos ainda exigem ampliação, para o atendimento de necessidades específicas, mas a base tecnológica está implantada e apta a receber as complementações requisitadas. As maiores exigências, entretanto, dizem respeito ao setor de recursos humanos, uma vez que as atuais restrições de contratação nos órgãos públicos impedem a consolidação das equipes existentes. Esta

carência tem, em verdade, prejudicado o desenvolvimento do CTI, desde a sua inauguração em convênio com a JICA.

A despeito das limitações orçamentárias das universidades estaduais, no que diz respeito à viabilização dos projetos de pesquisa, a Fundação Universidade Estadual de Maringá conta com grupos altamente qualificados nos departamentos de física, química e engenharia civil, ligados à área dos materiais. Concentram-se, respectivamente, nos campos da metalurgia, dos polímeros e dos materiais alternativos para construção civil. Também existe nesta instituição interesse manifesto em relação aos novos materiais.

Na Fundação Universidade Estadual de Londrina, o departamento de física reúne o Grupo de Física da Matéria Condensada, que inclui entre seus êxitos de pesquisa a descoberta de cristais supercondutores à temperatura ambiente. Dotado de alta capacitação, este grupo constitui um dos núcleos de pesquisa mais importantes do Estado, neste campo do conhecimento.

3.3.1 Universidade Federal do Paraná - UFPR

O departamento de física da UFPR desenvolve suas atividades de ensino e pesquisa nos campos teórico e experimental; e atualmente vem desenvolvendo um esforço para intensificar e ampliar a dedicação dos docentes à Física Experimental. Existe hoje, no departamento, uma preocupação patente entre os seus integrantes quanto à contribuição efetiva que podem oferecer ao desenvolvimento tecnológico do Estado e do País. Nesse sentido, há um esforço de abertura para o ambiente exterior à universidade, que poderá render importantes resultados se devidamente reconhecido e sustentado.

O quadro do departamento compõem-se de 51 docentes:

09 Doutores;

07 Doutorandos;

14 Mestres;

04 Mestrandos:

17 Graduados

Desse grupo, 20% dedicam-se à Física Experimental, conforme demonstram os dados a seguir

Com um curso de pós-graduação implantado em 1984, o departamento de física oferece atualmente as seguintes linhas de pesquisa, a nível de mestrado:

Física Atômica e Molecular;

Mecânica Celeste e Astrofísica;

Relatividade e Gravitação;

Teoria Cinética dos Gases;

Mecânica e Termodinâmica do Meio Contínuo;

Física do Plasma;

Física do Estado Sólido;

óptica de Raios-X e Instrumentação Científica;

Eletromagnetismo Aplicado.

As últimas cinco áreas de concentração pertencem ao campo da Ciência dos Materiais, sendo essencialmente experimentais. Vários grupos de pesquisa atuam hoje nestas linhas.

Grupo de óptica de Raios-X e Instrumentação Científica - GORXI

Implantado em 1973, o GORXI opera em topografia de Raios-X, topografia com microscopia óptica e difratometria de pó, cristalografia estrutural, automação, controle e instrumentação eletrônica aplicável à C&T. Os seus recursos tecnológicos incluem, atualmente, microscópios Wild M20 e Neophot 21, espectrofotômetro Beckmann DK2A, máquina de corte de precisão para materiais duros, câmara de Lang (construída no laboratório) e outros equipamentos auxiliares

Contando com apoio financeiro da FINEP e do CNPq, o grupo presta serviços à Telebrás, Mineropar, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, Lorenzetti do Paraná S.A., Laboratório Central de Eletrotécnica e Eletrônica da COPEL, departamento de geologia da UFPR e

outras entidades públicas e privadas, inclusive empresas industriais. As suas pesquisas concentram-se nas propriedades físicas e químicas do quartzo e do silício, bem como das ligas semicondutoras de alta pureza, como arsenieto de gálio, fosfeto de índio e germânio.

O seu acervo de produção científica registra, entre outros, os resultados aqui sintetizados.

- a) montagem de 2 Scopes - Sistemas de Controle de Processamento Experimental, para o Instituto de Física da USP e CPqD da TELEBRÁS;
- b) montagem de um difratômetro de duplo eixo com estabilidade térmica, para CPqD da TELEBRÁS;
- c) montagem de programa e circuito para ligação de micro-computador D-8002 como terminal inteligente do DEC-10;
- d) "Atenuação de raios-X em silício", de Cesar Cusatis;"
- e) "Estudo do polimento químico de silício para fabricação de dispositivos ópticos de Raios-X", de A.R.D. Rodrigues e Irineu Mazzaro;"
- f) "Difratômetro de Raios-X duplo eixo para caracterização de cristais", de A.R.D. Rodrigues e Irineu Mazzaro;"
- g) "Sistema modular de controle e pré-processamento experimental", de Cesar Cusatis, A.R.D. Rodrigues e C.A. Scorzato;"
- h) "Determinação da parte imaginária do fator de espalhamento atômico para o silício", de Cesar Cusatis;"
- i) "Caracterização de silício livre de deslocções com topografias de duplo cristal", de Irineu Mazzaro, A.R.D. Rodrigues, Cesar Cusatis e Hamilton A. Bicalho;"
- j) "Absorção de controle e coleta de dados experimentais por microcomputador", de Cesar Cusatis, pesquisa em andamento;

*Trabalhos apresentados no IX Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada, em Poços de Caldas, 1986.

- 1) "Desenvolvimento de monocromadores de Raios-X de cristais perfeitos", de Cesar Cusatis, pesquisa em desenvolvimento para o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

Laboratório de Microscopia óptica em Ciências dos Materiais

Dedicado à pesquisa experimental das propriedades mecânicas dos materiais, através de microscopia óptica, este laboratório mantém vínculos de cooperação com a UFSCar e a Universidade de Surrey, na Inglaterra, e inicia atualmente, convênio com a Okayama University of Science do Japão.

Os seus serviços têm sido prestados a empresas e instituições de pesquisa do Paraná, registrando-se entre elas Biofill, Lorenzetti, Schause, Incepa e Departamento de Mecânica da UFPR.

A produção científica de 1986 registra os seguintes resultados:

- a) "Influence of a Vickers indenter edges orientation relative to the slip direction in silicon on IDR length", de I.A. Hummelgen and V.R. Dumke, J. Mater. Science Let., v.5, n.12, 1986;
- b) "Anisotropy effects on microhardness in silicon crystals". I.A. Hummelgen and V.R. Dumke, Journal of Applied Physics, no prelo;
- c) "Dislocation motion in silicon under SiO₂ layer" I.A. Hummelgen and V.R. Dumke, Comité Editorial, no prelo;
- d) "Fadiga de junta soldada do aço inoxidável austenítico". Neide K. Ix Kuramoto et al.:"
- e) "Microdureza de monocristais com anisotropia plástica". Vicente R. Dumke:"
- f) "Anisotropia plástica de silício". Vicente R. Dumke, pesquisa em andamento;

*Trabalhos apresentados no IX Encontro de Física da Matéria Condensada, em Poços de Caldas, 1986.

g) "Estudo de defeitos em monocristais de niobato de lítio".

Vicente R. Dumke, pesquisa em andamento.

Grupo de Física do Plasma

Esse grupo dedica-se a pesquisa e ao desenvolvimento de projetos de determinações das propriedades físicas do plasma, aplicando seus resultados à montagem de equipamentos industriais, como maçaricos de plasma, ou plasmatrôns. Esta pesquisa envolveu planejamento, construção e teste de plasmatrôns de arco de 30, 40 e 60 kv, capazes de gerar temperaturas de 2.500 a 5.000°C. A sua próxima etapa deverá levar à construção de maçaricos de 100 kv para pesquisas de materiais de alto desempenho. O equipamento principal, utilizado no projeto, é uma fonte de potência Hypotronics do Laboratório Central de Eletrotécnica e Eletrônica da COPEL. Os plasmatrôns são aplicáveis à produção de silício de alto grau de pureza, cerâmicas especiais, deposição de coberturas refratárias, ligas especiais e destruição de materiais tóxicos resistentes por pirólise.

A Usina-Piloto da UFPR abriga, dentro do curso de Engenharia Química, a disciplina de Química Industrial, que trata da tecnologia cerâmica. A partir de 1987, os docentes e alunos desta área passaram a desenvolver estudos e projetos voltados à cerâmica avançada. Naquele ano, deram início a um projeto para obtenção e estudo de propriedades de cerâmicas supercondutoras, com equipamentos e materiais existentes no Setor de Tecnologia da UFPR. A empresa Rhodia colaborou cedendo óxido de ítrio para a composição da massa a ser elaborada. Com todo o equipamento necessário já adaptado, o projeto se encontra atualmente em fase de preparação de amostras, para posterior estudo de propriedades elétricas e mecânicas.

Neste ano, de 4 a 8 de abril, a superintendência da Usina-Piloto promoveu um curso de introdução às características tecnológicas e aplicações dos novos materiais, ministrado pelo Dr. Andrew S. James, pesquisador da universidade britânica de Leeds. Participaram do curso

46 alunos de universidades, entidades de pesquisa e indústrias do Estado. Foram abordados os seguintes materiais e produtos: substratos, supercondutores, capacitores de multicamadas, varistores de óxido de zinco, polímeros, compósitos cerâmicos, materiais piezoelétricos, óptico-elétricos e piezoelétricos.

Foi recentemente formado um grupo de estudantes de último ano, sob orientação do Dr. Egon A. T. Berg, para desenvolvimento de projetos de pesquisa em varistores, semicondutores, supercondutores e materiais piezoelétricos. Esses projetos serão realizados em colaboração com a empresa Lorenzetti PIP S.A.

A Usina-Piloto dispõe de equipamento completo para preparação e produção de peças cerâmicas tradicionais, nominalmente:

- a) forno elétrico, contínuo, para 1.150°C;
- b) forno a óleo, contínuo, para 1.450°C;
- c) fornos para refratariedade, para 1.800°C;
- d) fornos tubulares com atmosfera controlada;
- e) conjunto para preparação de massas cerâmicas: diluidores, peneiras vibratórias, eletroímã, bomba de diafragma, filtro-prensa, maromba a vácuo;
- f) moinhos de martelo, rolos e bolas;
- g) prensa hidráulica com capacidade para 45 t;
- h) peneiras com Rotap para análise granulométrica;
- i) agitadores, dispersores, estufas, muflas;
- j) bomba de vácuo;
- l) aparelho de ATD;
- m) espectrofotômetro de AA.

Serviços são prestados à indústria cerâmica regional e a outras instituições de pesquisa: Lorenzetti, Incepa, Cecrisa, Cerâmica Porto Belo, Cerâmica Urussanga, Mineropar, Departamento de Geologia da UFPR. Intercâmbio e colaboração informal são mantidos com IPT e TECPAR.

3.3.2 Laboratório Central de Eletrotécnica e Eletrônica - LAC

O LAC é uma instituição de pesquisa tecnológica aplicada, implantado através de convênio firmado entre a UFPR e a COPEL. Tendo iniciado suas atividades em 1982, dedica-se fundamentalmente a:

- a) formação e aperfeiçoamento de recursos humanos, fornecendo facilidades laboratoriais para o curso dos Engenharia Elétrica da UFPR, estágios supervisionados aos alunos do mesmo curso e dos cursos de extensão, bem como apoio à participação em cursos de extensão e pós-graduação fora do Estado e do País;
- b) apoio à manutenção, controle de qualidade e especificação de equipamentos e materiais utilizados nos sistemas elétricos e de telecomunicações da COPEL;
- c) apoio à indústria eletroeletrônica no controle de qualidade de equipamentos e materiais, absorção de tecnologia e desenvolvimento de novos produtos e processos;
- d) participação em órgãos de normatização e intercâmbio com outras instituições técnico-científicas.

Instalado em aproximadamente 4.000m² de área construída, dentro do Centro Politécnico da UFPR, o LAC compõe-se dos seguintes laboratórios específicos:

- a) de Medidas Elétricas;
- b) de Ensaio em Baixa Tensão;
- c) de Padrões Elétricos;
- d) de Proteção e Controle;
- e) de Alta Tensão;
- f) de Materiais Dielétricos;
- g) de Materiais Lubrificantes;
- h) de Gases Dissolvidos em óleos Isolantes;
- i) Mecano-Metalúrgico;
- j) de Estudos Sobre Corrosão;
- l) de Estudos de Proteção Superficial;

- m) de Química Analítica;
- n) de Fibras óticas;
- o) de Análise de Circuitos Eletrônicos;
- p) de Microinformática;
- q) de Aferição em Alta Frequência;
- r) de Fabricação de Circuito Impresso.

Três departamentos responsabilizam-se pelo desenvolvimento das atividades de pesquisa do LAC:

Departamento de Eletrônica - DPEO

Realiza estudos, pesquisas e desenvolvimento nas áreas de automação, instrumentação eletrônica, transmissão de dados e alta frequência, aplicáveis na otimização operacional do sistema elétrico. Cumpre seus objetivos através dos laboratórios de fibras óticas, análise de circuitos eletrônicos, microinformática, aferição em alta frequência e fabricação de circuitos impressos.

Departamento de Eletrotécnica - DPEE

Realiza estudos e pesquisas tecnológicas nas áreas de equipamentos, materiais e técnicas de ensaios elétricos de alta e baixa tensão. Utiliza-se dos laboratórios de proteção e controle, padrões elétricos e alta tensão, além de um setor de planejamento e coordenação das pesquisas e desenvolvimentos realizados no âmbito do departamento.

Departamento Físico-Químico - DPFQ

Este departamento dedica-se fundamentalmente ao estudo dos materiais aplicáveis à indústria eletroeletrônica, realizando estudos e pesquisas tecnológicas nas áreas de materiais dielétricos, tribologia, metalurgia, corrosão e proteção superficial dos metais, novos materiais e suas aplicações no setor energético, bem como de metodologia analítica para ensaios de materiais. Desenvolve seus projetos nos laboratórios de corrosão, proteção superficial, mecano-metalúrgico, quí-

mica analítica, materiais dielétricos, materiais lubrificantes e de gases dissolvidos em óleos isolantes.

Composto por aproximadamente 90 técnicos de nível superior e médio, o LAC constituiu, em 1987, um Grupo de Estudos de Materiais, assim qualificado:

- 02 Ph.D. - Eletroquímica e Física;
- 02 M.Sc. - Eletroquímica (doutorando) e em Polímeros;
- 05 mestrandos - 2 em Tecnologia Química e 1 em Química Analítica;
- 02 Engenheiros Químicos, graduados;
- 04 Engenheiros Eletricistas, graduados;
- 02 Químicos, especialistas em Polímeros e Absorção Atômica;
- 02 Químicos, graduados;
- 01 Técnico Metalúrgico, especialista em Metalografia e Tratamentos Térmicos;
- 02 Técnicos Químicos, especialistas em Lubrificantes e Cromatografia de gases;
- 01 Técnico Mecânico, especialista em Tratamento de Superfície e Pintura.

Este grupo desenvolve atualmente 11 projetos, 9 dos quais aplicados ao setor elétrico e 2 orientados, isto é, com aplicação indireta ao setor elétrico.

Avaliação de Fluidos Isolantes Alternativos de Segurança

Pessoal envolvido: 1 Químico;

Orçamento: 1.500 OTN;

Fontes de recursos: COPEL e INEPAR S/A;

Interessados: COPEL, INEPAR e GCOI;

Tecnologia envolvida: desenvolvimento, caracterização e avaliação de fluidos, através de ensaios físicos, químicos e elétricos (dielétrico líquido):

Equipamentos principais: ponto Schering, tensiômetro, medidor de rigidez dielétrica, potenciômetro, câmara de envelhecimento acelerado e protótipo para impregnação.

Avaliação de Métodos, Resultados Analíticos, Estado Físico-Químico, Processo Regenerativo e Produtos da Degradação do Gás Isolante Hexafluoreto de Enxofre

Pessoal envolvido: 1 mestrando em Tecnologia Química, 1 Ph.D. em Física, 1 Engenheiro Eletrotécnico e 1 Químico;

Orçamento: 3.500 OTN;

Fontes de recursos: COPEL, complementação solicitada ao FIPEC;

Interessados: COPEL e GCDI;

Tecnologia envolvida: controle de qualidade do gás e manutenção preditiva nos equipamentos, através de ensaios físico-químicos (dielétrico gasoso);

Equipamentos principais: espectrofotômetro de infra-vermelho, cromatógrafo a gás e espectrofotômetro de massa.

Avaliação de Desempenho de Material e Estrutura de Isoladores Rígidos de Base Polimérica

Pessoal envolvido: 1 Químico especialista em polímeros, 1 M.Sc. em polímeros e 1 Engenheiro Eletricista;

Orçamento: 2.500 OTN;

Fontes de recursos: COPEL, Companhia Schmidt;

Interessados nos resultados: COPEL, Companhia Schmidt, GCDI;

Tecnologia envolvida: caracterização e avaliação de isoladores, através de ensaios físicos, químicos e elétricos (dielétrico sólido);

Equipamentos principais: equipamentos elétricos para ensaios de alta tensão, carrossel de envelhecimento, analisador diferencial de varredura, equipamentos para ensaios de resistência mecânica, balança termogravimétrica e câmara de envelhecimento acelerado.

Avaliação da Vida útil de Hastes de Aterramento em Aço Galvanizado

Pessoal envolvido: 3 Engenheiros Químicos;

Orçamento: 2.500 OTN;

Fontes de recursos: COPEL;

Interessados nos resultados: COPEL, GCOI;

Tecnologia envolvida: corrosão no solo;

Equipamentos principais: potenciostatos, banco metalográfico, espectrofotômetro de absorção atômica, e balanças.

Avaliação das Causas de Ruptura de Cabos Condutores com Emendas Pré-Formadas, Estudo e Especificação de Materiais de Fabricação

Pessoal envolvido: 1 Técnico Metalúrgico, 1 M.Sc. em Eletroquímica, 1 Engenheiro Químico e Engenheiro Eletricista;

Orçamento: 3.000 OTN;

Fonte de recursos: COPEL;

Interessados nos resultados: COPEL e GCOI;

Tecnologia envolvida: análise metalográfica, ensaios mecânicos, ensaios elétricos e ensaios de intemperismo artificial;

Equipamentos principais: banco metalográfico, equipamentos para ensaios mecânicos, transformador de corrente e regulador de voltagem.

Avaliação dos Fenômenos de Corrosão em Tubulação de Sistema de Refrigeração de Hidrogerador

Pessoal envolvido: 1 M.Sc. em Eletroquímica, 1 Engenheiro Eletricista, 1 Engenheiro Químico, 1 Técnico Metalúrgico e 1 Ph.D. em Eletroquímica (consultor contratado);

Orçamento: 2.000 OTN;

Fonte de recursos: COPEL;

Interessados nos resultados: COPEL e GCOI;

Tecnologia envolvida: corrosão eletroquímica associada à corrosão microbiológica em sistema aquoso;

Equipamentos principais: potenciostatos e balanças.

Avaliação dos Fenômenos de Corrosão e Proteção Anticorrosiva, Através de Estações de Ensaio de Corrosão Atmosférica Natural em Ambientes Marítimo, Urbano, Rural e Industrial do Estado do Paraná

Pessoal envolvido: 3 Engenheiros Químicos, 1 M.Sc. em Eletroquímica, 1 Químico, 1 Técnico Metalúrgico e 1 Técnico Mecânico;

Orçamento: 7.000 OTN;

Fonte de recursos: COPEL;

Interessados nos resultados: COPEL, GCOI;

Tecnologia envolvida: corrosão atmosférica;

Equipamentos principais: câmara de névoa salina, câmara de SO_2 , câmara de umidade controlada, banco metalográfico, medidor de espessura, medidor de aderência, medidor de brilho, viscosímetro, cabine

de jateamento, cabine de pintura e microcomputador.

Avaliação dos Fenômenos de Corrosão em Linhas de Distribuição de Cobre e Alumínio, na Região Litorânea do Estado do Paraná

Pessoal envolvido: 3 Engenheiros Químicos, 1 Técnico Mecânico, 1 Técnico Metalúrgico;

Orçamento: 5.000 OTN;

Fonte de recursos: COPEL;

Interessados nos resultados: COPEL, GCOI e indústrias do setor;

Tecnologia envolvida: corrosão atmosférica na orla marítima;

Equipamentos principais: máquina de ensaios de tração e equipamentos de oficina mecânica.

Utilização de Cabos de Alumínios como Contrapeso em Torres de Linhas de Transmissão

Pessoal envolvido: 1 M.Sc. em Eletroquímica e 2 Engenheiros Eletricistas;

Orçamento: 5.000 OTN;

Fonte de recursos: COPEL;

Interessados nos resultados: COPEL e GCOI;

Tecnologia envolvida: corrosão no solo;

Equipamentos principais: potenciostatos, potenciostatos com amplificador (lock-in amplifier), microcomputador, balanças e banco metalográfico.

Comportamento Eletroquímico do Ferro

Pessoal envolvido: 1 M.Sc. em Eletroquímica, 1 Ph.D. em Eletroquímica (consultor contratado) e 4 Ph.D. avaliadores (banca de tese);

Orçamento: 6.000 OTN;

Fonte de recursos: do responsável pelo projeto, com apoio da COPEL e órgãos do governo;

Interessados: COPEL e comunidade científica brasileira;

Tecnologia envolvida: passivação de metal em solução aquosa, associada à corrosão eletroquímica;

Equipamentos principais: potencióstatos/galvanostatos, potencióstatos com amplificador (lock-in amplifier), microcomputador, biopotencióstatos com eletrodo rotatório, elipsômetro e equipamentos de espectroscopia Auger.

Avaliação de Desempenho de Revestimento Metálicos quanto à Corrosão

Pessoal envolvido: 1 Engenheiro Químico e 1 Ph.D. em Metalurgia (consultor externo);

Orçamento: 3.000 OTN;

Fontes de recursos: COPEL e Cia. Cascadura;

Interessados: COPEL, USP, Cia. Cascadura e GCOI;

Tecnologia envolvida: preparo de novos banhos de imersão, criação de novas ligas metálicas e desenvolvimento de aspersão;

Equipamentos principais: banco metalográfico, câmara de névoa salina, câmara de SO_2 , câmara de umidade controlada, estufa, potencióstatos/galvanostatos, medidor de aderência, balança e espectrofotômetro de absorção atômica.

Os projetos sumarizados demonstram o grau de qualificação e envolvimento dos técnicos do LAC com a área de Engenharia dos Materiais, bem como a capacitação tecnológica do próprio laboratório. Com apenas seis anos de atividades, a serem completados neste ano, o LAC

está plenamente capacitado a evoluir nesta área da tecnologia, motivo pelo qual foi criado o Grupo de Materiais. No que se refere aos novos materiais, são propostas pesquisas, a serem iniciadas durante o corrente ano, voltadas ao desenvolvimento, caracterização e aplicação de polímeros condutores, cerâmicas avançadas, metais amorfos para núcleos de transformadores e compósitos. Estas pesquisas serão implementadas pelo pessoal disponível no LAC, à medida que houver investimentos em sua qualificação a nível de pós-graduação, utilizando-se os recursos tecnológicos existentes e a complementar.

Apenas nesta área da pesquisa, está prevista a aquisição, através de programas de financiamento externo, dos seguintes equipamentos:

- a) cromatógrafo a líquido de alta eficiência (HPLC);
- b) aparelho de ultra-som para ensaios não-destrutivos;
- c) máquina universal de ensaios de resistência mecânica;
- d) analisador térmico de varredura (DSC);
- e) equipamentos para ensaios de oxidação em óleos minerais (RBOT);
- f) bipotenciostato com eletrodo giratório;
- g) espectrofotômetro de infra-vermelho com transformador de Fourier;
- h) instrumento para análises térmicas (TGA);
- i) forno para tratamento térmico de metais sob atmosfera controlada;
- j) espectrofotômetro de Raios X;
- l) microscópio eletrônico de varredura.

3.3.3 Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR

Das várias unidades administrativas da Diretoria Técnica do TECPAR, duas desenvolvem atividades relacionadas à Engenharia dos Materiais: os Centros de Química e de Engenharia, assim subdivididos:

- a) Centro de Química:

- i) setor de Química Inorgânica;
 - ii) setor de Química Industrial;
 - iii) setor de Química Orgânica.
- b) Centro de Engenharia:
- i) setor de Engenharia Civil;
 - ii) setor de Engenharia Metal-Mecânica;
 - iii) setor de Engenharia Eletroeletrônica.

Dentro do Setor de Engenharia Metal-Mecânica, o Grupo de Metal-Química prepara-se atualmente para desenvolver um projeto para obtenção de tecnologia de microfundição, aplicável à geração de ligas metálicas de alta pureza.

Um dos técnicos do TECPAR, pertencente ao Setor de Química Inorgânica, cursa atualmente o mestrado no DENA/UFSCar, onde realiza pesquisa para obtenção da tecnologia de processamento de zirconita, tendo em vista a produção de zircônia pura. Este projeto deverá ser concluído até o próximo ano.

Em convênio com a MINEROPAR, o TECPAR está montando atualmente um Programa de Tecnologia Mineral. Entre suas prioridades incluem-se:

- a) montagem de laboratório de ensaios tecnológicos para caracterização de minerais não-metálicos e desenvolvimento de processos de beneficiamento aplicáveis à indústria de transformação mineral;
- b) desenvolvimento de projetos de tecnologia mineral sobre materiais cerâmicos, visando aprimoramento da matéria-prima paranaense e adaptação da mesma à indústria de alta tecnologia, além da indústria cerâmica tradicional.

3.3.4 Fundação Universidade Estadual de Maringá - FUEM

Dentro da FUEM, o departamento de física envolve-se atualmente com pesquisa básica e aplicada à Ciência dos Materiais, parti-

cularmente no campo dos novos materiais, contando atualmente com 31 docentes:

- 02 doutores;
- 07 doutorandos;
- 15 mestres;
- 02 mestrandos;
- 03 especialistas;
- 01 aperfeiçoado;
- 01 graduado.

Com a defesa das teses e dissertações em andamento, o departamento deverá chegar ao final do ano com aproximadamente 50% do corpo docente constituído de Mestres e aproximadamente 20% de Doutores. Para a Física, área eminentemente científica, seria desejável uma proporção mais elevada de Doutores, uma vez que deles depende fundamentalmente a qualidade e quantidade da produção científica. Segundo avaliação do próprio departamento, seria conveniente se pelo menos um terço dos docentes tivesse com o grau de Ph.D., para poder atingir as metas de excelência em produção científica.

Considerando-se a situação projetada para o final deste ano, pode-se admitir que será esta a distribuição dos docentes nas principais áreas de atuação do departamento:

- a) 10% dedicados às áreas da Teoria dos Campos e da Mecânica Estatística;
- b) 20% dedicados somente ao ensino;
- c) 70% dedicados à pesquisa científica, basicamente na área do Estado Sólido.

O DFI desenvolve atualmente cinco projetos de pesquisas com financiamentos externos e tem em tramitação mais quatro - dois deles já contam com liberação garantida dos recursos solicitados. Todos os projetos estão ligados à área de pesquisa do Estado Sólido, ou Matéria Condensada.

A produção científica do departamento somou, em 1987 as seguintes realizações:

- a) 9 apresentações de trabalhos em congressos científicos;
- b) 3 artigos publicados em periódicos científicos;
- c) 6 teses em desenvolvimento;
- d) 1 encontro científico promovido na FUEM;
- e) 5 palestras realizadas com financiamento do CNPq/SBPC/SBF;
- f) 21 participações em eventos técnico-científicos.

Na extensão universitária, o DFI participa dos programas do Centro Interdisciplinar de Ciências, financiado pelo SESU/MEC, de serviços de manutenção de equipamentos, financiado pelo PADCT/FINEP, e de construção de equipamentos para deficientes, que já obteve convênio com a SEED/PR.

O Departamento possui um laboratório de apoio, com oficina eletromecânica, montado quase totalmente com recursos do CONCITEC, CNPq e FINEP. Um programa de reaparelhamento e complementação dos laboratórios foi preparado para 1988, na dependência de recursos externos, devido à falta de recursos orçamentários da instituição.

Dos projetos desenvolvidos pelos pesquisadores do DFI, os abaixo sumarizados ligam-se à área dos novos materiais, particularmente das ligas metálicas aplicáveis à indústria de alta tecnologia.

Hidretos Metálicos

Os hidretos metálicos constituem uma das alternativas vantajosas de armazenamento do hidrogênio, como combustível não-poluente, reciclável e dotado de fontes de suprimento quase inesgotáveis. Estocado sob a forma de hidretos de lítio, titânio, zircônio, gadolínio, urânio, etc., o hidrogênio pode ser facilmente recuperado por aquecimento a temperaturas em torno de 100°C. Das várias propriedades vantajosas dos hidretos, podem ser destacadas pelo interesse de aplicação industrial: altas taxas de absorção e dessorção de hidrogênio, baixo

calor de formação e liberação do combustível, baixo custo da liga, baixo peso específico e alta resistência à oxidação.

O Laboratório de Hidretos Metálicos do DFI/FUEM conta com a infra-estrutura experimental necessária para desenvolver e caracterizar os compostos intermetálicos candidatos a bons absorvedores de hidrogênio. Alguns equipamentos foram fabricados no próprio laboratório e nas oficinas de apoio: forno a arco com atmosfera de argônio, fornos resistivos para tratamento térmico e homogeneização de amostras metálicas e hidrogenador com capacidade para suportar pressões de 200 atmosferas. Foi também montado um sistema de vácuo composto por bombas primária, difusora e trap de nitrogênio líquido. Foram adquiridos: balança analítica (precisão de 10^{-4} g), lock-in para medidas de resistividade dos compostos intermetálicos hidrogenados, microscópio metalográfico, politriz e cortadeira. Prevê-se ainda a aquisição de uma câmara fotográfica adaptável ao microscópio metalográfico.

Os objetivos básicos do projeto são a obtenção de compostos intermetálicos hidrogenados, a determinação de suas isotermas em ligas de lantânio-níquel e ferro-titânio, para cálculo da entalpia (calor de formação) e da variação de entropia dos sistemas. Estes parâmetros são essenciais para a escolha de um bom absorvedor de hidrogênio. Inicialmente, os compostos amorfos serão obtidos no Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e hidrogenados no DFI, mas a médio prazo espera-se construir um amorfizador próprio.

O grupo foi formado há três anos e tem recebido, neste período inicial, apoio financeiro do CONCITEC e do CNPq, para adquirir ou construir equipamentos necessários à pesquisa. Atualmente, um projeto se encontra em regime de pré-pauta na FINEP, visando o financiamento de equipamentos de grande porte.

A exceção da UNICAMP, nenhuma outra instituição brasileira desenvolve hoje pesquisa em equipe na área dos hidretos metálicos. Pelo seu alto interesse para a indústria como um todo, e particularmente para o setor energético, este projeto assume importância priori-

tária dentro da pesquisa científica e tecnológica no campo dos novos materiais.

Sinterização de Pó Metálico

Os metais sinterizados, a partir de pós de granulometria controlada, constituem materiais porosos com aplicações importantes, como filtros, suportes porosos de tubos de calor e outras. A sua aplicabilidade nesses dispositivos depende da boa condutividade térmica e da pressão capilar que dessa estrutura. O projeto do DFI visa desenvolver e dominar a tecnologia de sinterização de pós metálicos, para aplicação imediata em dispositivos de troca de calor dos equipamentos de energia solar, desenvolvidos no mesmo departamento. Esses materiais representam uma opção de economia de custos e mão-de-obra, em substituição às telas metálicas atualmente utilizadas.

Os parâmetros críticos dos pós metálicos sinterizados, tendo em vista as propriedades convenientes de permeabilidade, capilaridade e condutividade térmica efetiva, são o tamanho e a forma das partículas, bem como a porosidade final dos sinterizados. A infra-estrutura necessária para o desenvolvimento do projeto inclui os seguintes equipamentos, a serem adquiridos:

- a) 01 prensa hidráulica de alta precisão;
- b) 01 forno com temperatura controlada acima de 800°C;
- c) 01 microscópio de alta resolução;
- d) 01 jogo de peneiras de precisão.

Desenvolvimento de Materiais Metálicos com Solutos Intersticiais

Metais puros e ligas metálicas podem ter suas propriedades físicas, químicas e mecânicas significativamente enobrecidas pela presença de baixos teores de alguns tipos de solutos intersticiais, principalmente hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e carbono. O endurecimento de metais e ligas pode ser assim obtido, tornando-os aptos a desempenharem funções na indústria de alta tecnologia.

A tecnologia envolvida no projeto inclui, portanto, o endurecimento de uma matriz metálica, por solução sólida, em função da concentração de solutos intersticiais. Para altas concentrações de solutos, a precipitação de fases individualizadas de hidretos, nitretos, óxidos e carbetos pode ser também obtida. Os ensaios a serem aplicados incluirão: ensaios de dureza, análise metalográfica e difração de Raios-X.

Serão utilizados metais refratários puros e suas ligas, baseadas em nióbio, com atenção dirigida ao papel de solutos intersticiais sobre as propriedades dos materiais pesquisados.

Além dos equipamentos disponíveis no DFI e em outros departamentos da FUEM, a execução desse projeto deverá exigir a construção de uma câmara para dopagem com gases, sob condições controladas de temperatura e pressão, além de um forno de resistência (Kantal ou super-Kantal), para tratamentos térmicos. Prevê-se, ainda, em colaboração com vários departamentos desta universidade, a aquisição de um difratômetro de Raios-X.

A Coordenadora do projeto desenvolveu pesquisas na área de Metalurgia, desde 1977, no DENA/UFSCar, tendo apresentado, em 1981, Dissertação de Mestrado sobre o "Efeito da Tensão Estática no Limite de Solubilidade de Hidrogênio em Nióbio", e defendido, em 1986, Tese de Doutorado sobre "Soluções Sólidas Intersticiais na Liga Nb-Ti 46". Ela mantém colaboração informal com os pesquisadores do DENA, ligados ao campo de Gases em Metais, e com os grupos dos laboratórios de Propriedades Mecânicas e GORXI, do Departamento de Física da UFPR.

No Departamento de Química, um grupo de pesquisadores dedica-se atualmente à área dos polímeros. Entre os seus projetos, dois merecem registro por seu interesse direto para o programa.

Tratamento Superficial de Polietileno

Visa ampliar processos desenvolvidos em tese de doutorado, para preparação superficial de polietileno, adaptando-o à absorção de pigmentos, gases e óxidos de compostos orgânicos. Apoiado financeiramente pela FINEP, este projeto é de interesse para a indústria de plásticos de engenharia de um modo geral.

Impregnação de Monóxido de Manganês em Lã de Vidro

Lã de vidro impregnada em óxido de manganês funciona como catalizador na oxidação do óxido de carbono, com aplicação na indústria automotiva, como elemento de dispositivos de redução de gases poluentes. Este projeto também é financiado pela FINEP e tem aplicação direta na indústria automobilística nacional.

No Departamento de Engenharia Civil, objetivando a construção de moradias e edificações de baixo custo, desenvolve-se há vários anos um projeto de aproveitamento de rejeitos industriais (bagaço de cana, cinzas de carvão mineral, etc.) como materiais alternativos, na confecção de cimentos pozzolânicos. Embora esta pesquisa não se inclua na área dos novos materiais, merece destaque pelos desdobramentos previstos neste campo, segundo interesse demonstrado por seu titular.

3.3.5 Fundação Universidade Federal de Londrina - FUEL

O Departamento de Física da FUEL mantém um Grupo de Física em Matéria Condensada, constituído por 35 docentes:

- 05 Doutores;
- 06 Doutorandos;
- 14 Mestres;
- 05 Mestrandos;
- 02 Especialistas;
- 03 Graduados.

De seus 24 projetos de pesquisa atualmente desenvolvidos, dois estão ligados à área dos novos materiais, especificamente a polí-

meros inorgânicos (cloreto de níquel) e supercondutores. Com 70% de seu pessoal docente oriundo da USP, o departamento mantém estreitos vínculos de colaboração com aquela universidade.

O principal projeto, destacado pelo próprio departamento, atualmente desenvolvido na área dos novos materiais, liga-se à obtenção e estudo de cristais supercondutores à temperatura ambiente; caracterizado da seguinte forma:

Desenvolvimento da Tecnologia da Supercondutividade em Novos Materiais

Cristais unidimensionais de cloreto de níquel, obtidos experimentalmente no laboratório da FUEL, acusaram propriedade de supercondutividade à temperatura ambiente. As tensões medidas em cristais milimétricos demonstram relação direta com as dimensões e pureza dos próprios cristais. Isto sugere que cristais maiores e de alta pureza poderão acumular cargas elétricas industrialmente aproveitáveis, como em veículos automotivos. O objetivo fundamental do projeto é desenvolver a tecnologia adequada ao crescimento de cristais com essas características críticas.

A meta a curto prazo é a construção de um protótipo de acumulador de alto rendimento e baixo peso, com dimensões estimadas da ordem de uma pilha média de rádio. Os objetivos do projeto são:

- a) preparação de amostras cristalinas em tamanho e pureza cada vez maiores;
- b) refinamento de medidas de propriedades físico-químicas destas amostras;
- c) desenvolvimento de dispositivos para viabilizar o uso tecnológico dos cristais;
- d) formação de recursos humanos em alta tecnologia no Paraná, no campo da ciência dos materiais;
- e) contribuição para a criação de um centro de tecnologia avançada, possivelmente na região de Londrina.

Os investimentos necessários para o desenvolvimento do projeto aplicar-se-ão essencialmente à ampliação da infra-estrutura das oficinas de apoio técnico do departamento de física (mecânica, eletrônica, vidraçaria e laboratórios) e à aquisição de equipamentos para medidas de alta precisão e de informática, para automação dos instrumentos utilizados no projeto. Materiais de consumo e reagentes químicos também deverão ser adquiridos. A contratação de técnicos e pesquisadores, visando a agilização e expansão das pesquisas neste importante campo da ciência e da tecnologia, deverá também ser privilegiada, dada a relevância dos resultados deste projeto para o desenvolvimento científico e tecnológico do Estado e do País.

4 PROPOSTAS DE AÇÃO E INVESTIMENTOS PARA UM PROGRAMA PARANAENSE DE NOVOS MATERIAIS

Com a aprovação pelo CONCITEC, a 07.03.88, e com a oficialização através do Decreto Estadual no 2783, de 03.05.88, que criou o Grupo de Coordenação para o Desenvolvimento Tecnológico do Paraná, o PROTEC deverá fornecer as diretrizes que balizarão os projetos e mecanismos a serem implementados pelo futuro Programa. As propostas aqui apresentadas contemplam o segmento da P&D de novos materiais. A criação, atração e o apoio às empresas do setor deverão ser objeto de análise e implementação por parte do PROTEC.

Quatro fatores básicos devem ser levados em consideração na formulação das ações a serem implementadas pelo programa:

- a) indústria instalada na região;
- b) demanda atual e futura;
- c) infra-estrutura regional de C&T;
- d) recursos financeiros.

Os três primeiros fornecerão os critérios para a priorização de projetos a serem beneficiados pelo programa. O quarto fator balizará a estratégia geral de investimentos a ser adotada, definida pelas metas quantitativas de resultados desejáveis, volumes de recursos financeiros necessários, fontes de financiamentos aos projetos e formas de gerenciamento dos recursos.

O quadro II sintetiza a situação paranaense em relação aos diversos setores dos novos materiais, avaliada segundo os critérios acima. Ressaltam os setores das cerâmicas avançadas, das ligas metálicas de alta pureza e do silício como os dotados de maior potencial de resposta a um programa de investimentos como o que ora se propõe.

Tendo em vista o que foi exposto nos itens anteriores, é possível identificar algumas linhas prioritárias de ação para o Programa Paranaense de Novos Materiais.

QUADRO 11 - SETORES DOS NOVOS MATERIAIS, NO PARANÁ - 1988

SETOR	INDUSTRIA INSTALADA	DEMANDA ATUAL E FUTURA	INFRA-ESTRUTURA DE C&T
Cerâmicas Avançadas	Setor diversificado, em produtos tradicionais, com potencial para inovações. Tecnologia favorece desenvolvimento	Existe e é crescente. Mostra bom potencial de expansão	Fraca, obsoleta. Precisa desenvolver e atualizar. Limita-se às indústrias
Ligas Metálicas	Idem acima	Bom mercado, com potencial de expansão, principalmente pela diversificação da demanda	Idem acima
Silício	Não há produção. Matéria-prima abundante	Idem acima	Altamente especializada, mas concentrada em pesquisa acadêmica
Compositos	Não existe. Evolução a longo prazo	Idem acima, mas com potencial mais limitado	Não existe
Polímeros	Não existe. Tecnologia dominada por multinacionais	Idem as cerâmicas. Mercado cativo	Não existe

FORTE: IPARGES

Estabelecer uma Infra-Estrutura Básica de Ciência e Tecnologia, para Desenvolvimento da Ciência e Engenharia dos Materiais no Paraná

O Paraná não dispõe de cursos ou laboratórios dedicados à formação de pessoal técnico e ao desenvolvimento de projetos, nesta área do conhecimento e da tecnologia. Nenhuma das universidades federais ou estaduais contém em seu currículo um curso específico, a nível de graduação ou pós-graduação. Por outro lado, existem em quase todas as universidades cursos correlatos, ou que podem fornecer graduandos aptos a se especializarem na área. Contam-se entre esses os cursos de Física e Química e das Engenharias Química e Civil, da UFPR, FUEN e FUEL.

O TECPAR dispõe de instalações e equipamentos aplicáveis ao desenvolvimento de projetos e ao treinamento de pessoal especializado, em sua unidade da Cidade Industrial, o Centro de Tecnologia Industrial. É notório que o mesmo se encontra atualmente subutilizado, fato reconhecido mesmo fora das fronteiras do Estado. Desta forma, o que se propõe é o aproveitamento das instalações, equipamentos e pessoal do

Centro de Tecnologia Industrial, entre suas outras finalidades, para a organização de um Centro de Pesquisas em Materiais - provisoriamente denominado CEMAT - em conjunto com a Universidade Federal do Paraná. Por sua importância, esta proposta será destacada em item específico.

As demais entidades de ensino e pesquisa do Paraná poderão atuar em convênio com o CEMAT, dentro da modalidade de laboratórios associados e fornecendo estudantes habilitados a se especializarem em engenharia dos materiais, através de cursos e estágios. Docentes e pesquisadores também poderão contribuir com suas capacitações particulares, inclusive demonstrando interesse de se especializarem na área.

O que deve ser entendido, nesta proposta, é o objetivo principal de se constituir um núcleo de esforços concentrados em torno da Ciência e Engenharia dos Materiais, no Estado, de forma a se caracterizar um grupo emergente, apto a merecer apoio oficial dos órgãos estaduais e nacionais de fomento e a gerar a massa crítica indispensável para a expansão do sistema a médio e longo prazo. Sem a formação deste elemento aglutinador de pessoal e projetos, será muito difícil demover o Paraná do ponto de atraso em que se encontra nesta área. A dispersão de esforços é prejudicial aos objetivos pretendidos. Além disto, respeitar-se-ão as iniciativas já existentes em outros centros de pesquisa as quais deverão beneficiar-se do intercâmbio com o CEMAT.

Investir na Formação de Pessoal Técnico de Nível Superior, Especializado em Ciência e Engenharia dos Materiais, Visando à Constituição de um Grupo Emergente na Área

Esta formação de pessoal especializado poderá ser feita através de um curso de pós-graduação, a ser implantado na UFPR, valendo-se do proposto CEMAT como base de atividades de pesquisa laboratorial. Este curso poderá ser instituído através da adaptação das áreas de concentração do departamento de física da UFPR, onde já existe discussão de proposta como esta. O LAC poderá participar ativamente deste

subprograma, contribuindo com pessoal docente e discente, projetos a serem desenvolvidos, facilidades operacionais e recursos financeiros. Este laboratório apresenta o que existe de mais completo e atualizado, no Paraná, aplicável aos objetivos do Programa. Será vital para o êxito desta proposta a participação do LAC, na montagem e manutenção do CENAT, em termos a serem negociados diretamente com a administração superior do laboratório.

A participação de pessoal especializado atuante fora do Estado deverá agilizar o Programa, aglutinando em torno de pesquisadores experientes grupos de estudantes que assimilam conhecimento e tecnologia. O pessoal a ser primeiramente atraído deverá estar atuando no País. Os convênios internacionais poderão permitir a transferência planejada de pesquisadores estrangeiros, preferencialmente depois de formado um grupo apto a absorver conhecimentos avançados, tendo em vista a formação da massa crítica indispensável ao desenvolvimento do setor.

Desenvolver Pesquisas das Matérias-primas Disponíveis no Estado, Aplicáveis a Projetos Industriais de Produção de Novos Materiais

Como foi demonstrado anteriormente, o Paraná dispõe de importantes reservas e potencialidades em relação às matérias-primas necessárias à geração de novos materiais, particularmente das cerâmicas avançadas. Trata-se de um potencial que deve ser adequada e oportunamente explorado, pelo que pode contribuir para o desenvolvimento do parque industrial paranaense.

Esta prioridade é reconhecida nacionalmente pela ABC, exatamente pela inexistência de projetos dedicados à solução desta deficiência. Além da pesquisa mineral propriamente dita, deverão ser estimulados os estudos de Economia Mineral aplicada às matérias-primas de interesse para o programa, os quais deverão contribuir para a avaliação das oportunidades de investimento no setor.

Desenvolver Projetos Visando a Obtenção de Processos Industriais Aplicáveis à Produção de Manufaturados de Novos Materiais

O desenvolvimento de processos condiciona o domínio de tecnologia. Na Ciência e Engenharia dos Materiais, o País é indesejavelmente deficiente. As informações apresentadas nos capítulos anteriores deixam claro que os investimentos nesta área são insuficientes para gerarem uma tecnologia nacional apropriada. Os esforços são localizados e dispersos, desencontrados em seus objetivos e pobres em resultados práticos. Por isto, o programa do Paraná deverá priorizar investimentos objetivando o domínio dos processos básicos e depois o desenvolvimento dos processos avançados, que formam em seu conjunto a tecnologia dos novos materiais.

No caso específico das cerâmicas, podem ser citados como ilustração os processos de obtenção de pós (dentro das especificações físicas e químicas necessárias), de moldagem de peças, de sinterização e de acabamento (conformação final, colagem, etc.). Esses processos servirão diretamente aos projetos de pesquisa e à indústria, cuja participação deverá ser garantida desde o início.

Desenvolver Projetos Visando a Geração de Produtos Elaborados (Peças e Componentes) de Novos Materiais, de Forma a Serem Repassados à Indústria Regional

A obtenção de produtos é a meta final de um programa de incentivo a qualquer área da engenharia; eles são os resultados a serem repassados, junto com os processos industriais, à indústria nacional. Por mais acadêmica que seja a pesquisa dos laboratórios universitários, o fim a que ela idealmente se destina é o atendimento das necessidades de desenvolvimento tecnológico do setor produtivo. Mais do que isso, ela deve associar-se à pesquisa aplicada com vistas à obtenção de produtos desejados pelo mercado consumidor.

Não é possível nem conveniente especificar previamente os produtos a serem desenvolvidos. É necessário, entretanto, definir cri-

térios gerais para apoio aos projetos que atendam às necessidades dominantes da indústria. A divisão anteriormente apresentada, no mercado atual e futuro da cerâmica avançada, por exemplo, já fornece o balizamento adequado à priorização dos investimentos.

A figura 6 esquematiza a hierarquia de ações cabíveis a um programa desta natureza, procurando determinar o papel de cada entidade estadual, tanto de governo quanto de empresa, em função dos objetivos a serem atingidos em cada uma de suas etapas. Este esquema traduz o processo de inovação tecnológica, na área de novos materiais, com a participação ativa de todos os órgãos disponíveis e capacitados no Estado.

4.1 CENTRO DE PESQUISAS EM MATERIAIS - CEMAT

Justificativa

A implantação de um Centro de Materiais específico se faz necessária, porque os laboratórios universitários isolados dificilmente podem assumir simultaneamente estudo de mercado, desenvolvimento, transposição de resultados, administração e ainda todas as questões relativas às condições financeiras, contratos, propriedade industrial, valorização de resultados de pesquisas, etc.

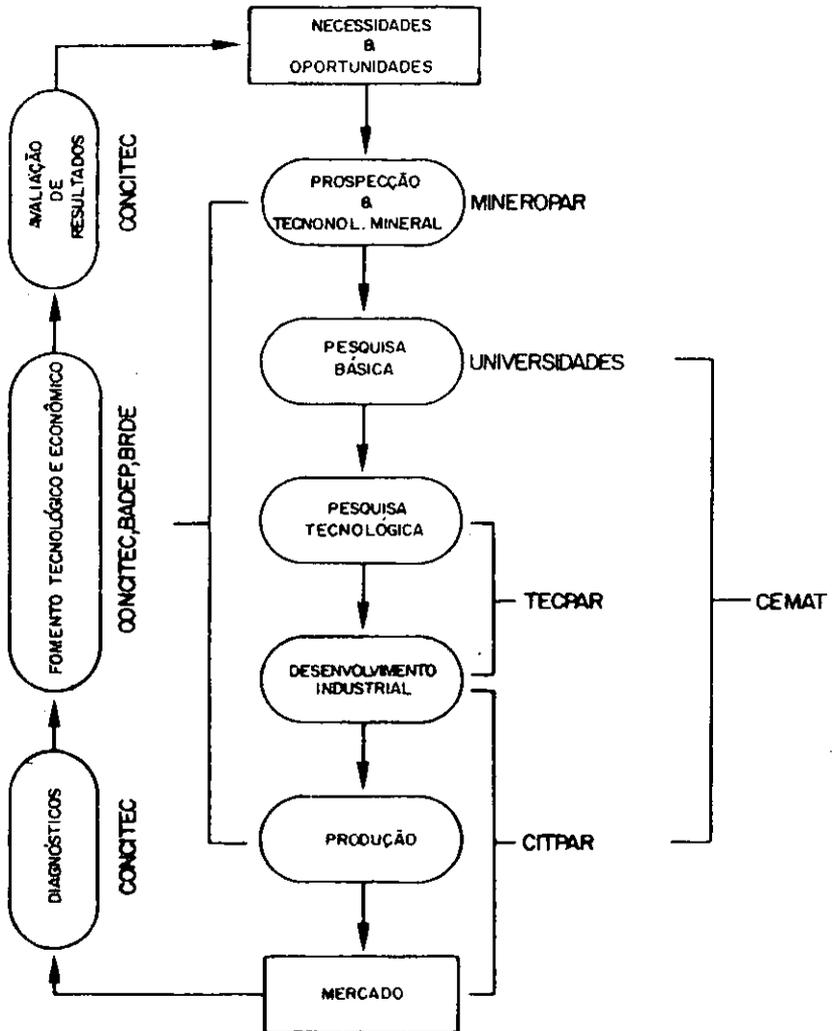
Assim toda demanda de pesquisa da indústria seria centralizada administrativamente no CEMAT, que se apoiaria nos laboratórios de pesquisa para constituir as equipes interdisciplinares que seriam chamadas a resolver o problema colocado.

Objetivos

O CEMAT terá como objetivos:

- a) formar pessoal de alto nível em Cerâmica e Engenharia;
- b) reduzir as deficiências existentes no Estado e no País de pessoal capacitado para o setor cerâmico e de materiais em geral;

FIGURA 6 - ESQUEMA BÁSICO DO PROCESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO PROGRAMA PARANAENSE DE NOVOS MATERIAIS



FONTE: IPARDES

OBS. ESTÃO IDENTIFICADAS APENAS AS INSTITUIÇÕES ESTADUAIS PARTICIPANTES

- c) capacitar o Paraná em termos de mão-de-obra especializada, desenvolvendo o seu setor cerâmico, e implantar novas indústrias de alta tecnologia em materiais;
- d) realizar pesquisa básica e aplicada para obtenção de novos materiais;
- e) interagir com as indústrias facilitando e criando oportunidade para o inter-relacionamento entre técnicos das indústrias, professores, pesquisadores e estudantes;
- f) manter contato e convênios com centros internacionais de pesquisa para promover, habilitar e manter uma interação que permita o desenvolvimento científico e tecnológico;
- g) difundir através de publicações, seminários, encontros, congressos, etc., os avanços tecnológicos na área de materiais.

Constituição do CENAT

O CENAT deverá ser constituído pelas seguintes entidades:

- a) Universidade Federal do Paraná - UFPR;
- b) Centro de Integração de Tecnologia do Paraná - CITPAR;
- c) TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná;
- d) Secretaria de Ensino Superior, Ciência e Tecnologia.

O CENAT deverá coordenar a atividade de pesquisa tecnológica em materiais a partir dos laboratórios existentes, implantar novos laboratórios quando necessário, de forma a poder contribuir para a orientação de objetivos de interesse prático.

A organização de uma entidade desta natureza, a partir de órgãos existentes, tem por objetivo:

- a) evitar a duplicação de equipamentos e pessoal, colocando em atividade todo o potencial técnico-científico das instituições participantes;
- b) promover a rentabilidade dos equipamentos existentes e dos que venham a ser incorporados, através de uma colaboração

coordenada de serviços especializados para uma vasta variedade de pesquisa e ensaios;

- c) estabelecer um relacionamento eficaz entre a Universidade e a Empresa.

Função dos Participantes

A Universidade Federal do Paraná, através do seu Setor de Tecnologia, deverá promover o ensino na área de Ciência e Engenharia de Materiais, disseminando as novas idéias e novas pesquisas que surgirem, além de manter simultaneamente a pesquisa livre e colaborar com a pesquisa orientada.

Será responsável pela formação a nível de pós-graduação de pessoal altamente qualificado.

O CITPAR - por ser uma organização cujos objetivos são a coordenação, criação e interação de instrumentos ou instituições de desenvolvimento tecnológico - participará como representante do lado empresarial.

A participação ativa dos industriais ou de seus representantes é fundamental para que a pesquisa seja otimizada e atenda aos interesses industriais, de onde devem emanar as principais solicitações.

A Secretaria de Ensino Superior, Ciência e Tecnologia e o CONCITEC, como órgãos coordenadores do desenvolvimento de Ciência e Tecnologia no Paraná, deverão contribuir como representantes dos órgãos públicos do Estado, no sentido de integrar as atividades do CENAT à política econômica, industrial e social do Estado. Esta Secretaria também deverá cooperar na viabilidade financeira do empreendimento através do fornecimento de recursos, principalmente para a fase de implantação e articulação com as universidades estaduais.

O TECPAR, cuja principal função atual é realizar pesquisas e serviços científico e tecnológico aos setores públicos e privados, deverá ter papel importante para que se concretizem os objetivos do

CEMAT. O TECPAR deverá ser a principal instituição de apoio ao programa do CEMAT, através da pesquisa tecnológica.

Entretanto, para que isso aconteça será necessário um estudo profundo na forma de atuação do TECPAR, para que o mesmo possa se integrar ao Programa Paranaense de Novos Materiais.

Dotado de boas instalações e alguns equipamentos atualizados, julga-se que o TECPAR necessita antes de qualquer coisa separar a atividade de produção da pesquisa, porque essas duas atividades são muito diversas, a ponto de exigirem um tratamento diferenciado dos problemas. Eventualmente, se necessário, desmembrar completamente essas atividades para formar duas instituições distintas e independentes.

Implantação

A implantação poderá ser feita em duas etapas:

Etapa I

- a) recrutamento de pessoal e treinamento em áreas específicas, em centros nacionais e estrangeiros;
- b) recrutamento de pessoal nacional já treinado e com formação em materiais, para dar início as atividades de formação do Centro;
- c) negociação com instituições existentes para implantação do centro;
- d) aquisição de equipamentos e instalações.

Prazo para entrar em operação: 24 meses.

Etapa II

- a) contratação de pessoal estrangeiro a nível de doutorado para ensino e orientação de pesquisa;
- b) formação de pessoal (graduado em outras áreas), a nível de especialização, e início da atividade de pesquisa;
- c) implantação de cursos a nível de pós-graduação, quando do retorno do pessoal em treinamento em outros centros.

Deve-se observar que não haverá inicialmente a formação de pessoal a nível de graduação, mas receber-se-á o pessoal formado em outras instituições, o que reduzirá bastante as necessidades de espaço para grande número de alunos, etc., como normalmente acontece nos cursos de graduação. Somente as necessidades futuras determinarão a implantação ou não de um curso de graduação regular.

Prazo para entrar em operação: 36 meses.

Estrutura

A estrutura do CENAT deverá ser flexível, para que possa operar com agilidade necessária, característica fundamental desse tipo de instituição. Esta autonomia não dispensará o controle programático, a ser garantido através da constituição do Conselho Diretor, devendo limitar-se à operacionalização de suas atividades de ensino e pesquisa, administração e interação com a comunidade.

As atividades básicas do CENAT estariam agrupadas da seguinte forma:

- a) administração;
- b) ensino e Pesquisa;
- c) interação com a comunidade.

A administração compreenderá as atividades de direção do centro, secretaria, tesouraria, contabilidade, compras, patrimônio, biblioteca e almoxarifado.

O Centro será dirigido por um diretor, recrutado na comunidade científica e tecnológica, com vocação administrativa, e escolhido por um conselho diretivo.

O Conselho deverá ser composto por membros do próprio Centro e representantes da comunidade industrial e governamental.

4.2 ENTIDADES PARTICIPANTES DO PROGRAMA

A descrição de funções aqui oferecida insere-se no espírito da proposta, isto é, não passa de um levantamento de possíveis contri-

buições, cuja efetivação deverá ser assumida pelas próprias entidades, a seu critério (ver figura 6). Caberá à coordenação do programa, entretanto, convocá-las à participação.

Prevê-se, desta maneira, que o Setor de Tecnologia da UFPR e o Centro de Tecnologia Industrial do TECPAR poderão contribuir diretamente para a implantação e manutenção do CENAT. Este centro, por sua vez, assumirá a responsabilidade de formar pessoal técnico de alto nível em engenharia dos materiais, desenvolver pesquisas básica e aplicada na área e apoiar o desenvolvimento tecnológico da indústria do Estado. Embora vinculado à Universidade e ao Instituto Tecnológico, o CENAT deverá adquirir autonomia administrativa e programática, cabendo às demais entidades estaduais atuarem através de seu Conselho Diretor.

Caberá às universidades estaduais, FUEN, FUEL e FUEPG, participar em pelo menos dois níveis:

- a) promovendo intercâmbio direto com o CENAT, além de fornecer docentes e estudantes para os cursos de pós-graduação que nele forem implantados;
- b) desenvolvendo projetos que beneficiem os objetivos globais do Programa, com apoio e aval dos órgãos estaduais de fomento científico e tecnológico.

A MINEROPAR poderá assumir o compromisso de prospectar e avaliar as reservas de materiais cerâmicos e quartzo, bem como desenvolver processos de beneficiamento que os tornem aptos a integrarem o fluxograma de industrialização. O limite superior deste desenvolvimento tecnológico deverá ser definido pelas necessidades de purificação de insumos aplicáveis aos projetos de Engenharia e, no futuro, de Química Fina.

Assumirá o CONCITEC a coordenação geral do programa, a promoção e celebração de convênios de fomento científico e tecnológico, e a manutenção de uma central de informações de interesse do Programa.

Ao CITPAR caberá a promoção e coordenação do envolvimento da indústria nos projetos do Programa. Juntamente com a UFPR, o TECPAR e

a SEET deverão tomar assento no Conselho Diretor do CENAT, representando os interesses do empresariado paranaense em sua administração e desenvolvimento.

A SEIC poderá contribuir para o sucesso do programa, aplicando a estes setores industriais os seus esforços de atração de investimentos externos. Os bancos estaduais de investimentos, BADEP e BRDE, ligados à mesma secretaria, deverão instituir linhas específicas de financiamento, tendo em vista o fomento econômico compatível com as necessidades da indústria de alta tecnologia. Mecanismos apropriados de incentivo deverão ser implantados, não apenas nestas instituições, mas também pelos órgãos de controle financeiro do Estado, para atração efetiva dos investimentos externos.

4.3 PREVISÃO DE INVESTIMENTOS

4.3.1 Pré-Orçamento

Dada a natureza da presente proposta, que ainda não se apóia em planos efetivos de trabalho, os investimentos a serem realizados dentro do Programa serão tratados a nível de pré-orçamento. Alguns critérios utilizados na sua montagem merecem esclarecimento.

O valor global dos equipamentos a serem adquiridos para o proposto CENAT, ou implantação de um Setor de Engenharia de Materiais dentro do CTI/TECPAR, foi estimado em Cz\$ 2.065.600.000,00, a ser investido ao longo de cinco anos.* Este valor representa o investimento necessário para capacitação total de um centro como este, portanto sem considerar o atualmente disponível no local e ignorando os custos administrativos da primeira alternativa.

Os salários de Doutores estrangeiros foram estimados em Cz\$ 600.000,00 mensais, mais 50% de encargos sociais; já os salários dos Mestres estrangeiros foram estimados em Cz\$ 400.000,00 mensais, com os mesmos adicionais. Para pesquisadores brasileiros, foram assu-

*A relação em anexo demonstra a composição dessa estimativa.

médios salários de Cz\$ 300.000,00 mensais para Doutores e Cz\$ 200.000,00 para mestres, com os mesmos encargos sociais.

Os projetos tiveram um custeio médio estimado de Cz\$ 4.000.000,00 por ano, com base nos orçamentos conhecidos dos projetos existentes nas instituições paranaenses. Estes custos não incluem equipamentos a serem adquiridos, que foram individualizados. O número de projetos utilizado foi extraído dos planos em discussão atualmente, nas várias instituições.

Não foram computados custos administrativos, assumindo-se que são responsabilidade de cada instituição.

As consultorias foram orçadas tomando-se como base de cálculo o salário médio do pesquisador brasileiro, com nível de Ph.D., alocando-se três meses/ano.

Os valores apresentados a seguir representam uma estimativa de investimentos anuais para o Programa Paranaense de Novos Materiais.

CEMAT ou CTI/TECPAR

Equipamentos (conforme relação anexa)	413.000.000
Pessoal a ser contratado ¹³	81.000.000
Consultorias	6.750.000
Projetos (5)*	<u>20.000.000</u>
	Cz\$ 520.750.000
	(460.026 OTN)

LAC COPEL

Equipamentos	200.000.000
Consultorias	4.050.000
Projetos (3)*	<u>12.000.000</u>
	Cz\$ 216.050.000
	(190.857 OTN)

¹³ 3 Ph.D. e 3 M.Sc. estrangeiros

3 Ph.D. e 3 M.Sc. brasileiros

*Número de projetos.

UFPR

Equipamentos	200.000.000
Pessoal para pós-graduação ⁽²⁾	32.400.000
Projetos (5)*	<u>20.000.000</u>
Cz\$	252.400.000
	(222.968 OTN)

FUEM

Equipamentos	200.000.000
Consultorias	5.400.000
Projetos (4)*	<u>16.000.000</u>
Cz\$	221.400.000
	(195.583 OTN)

FUEL

Equipamentos	200.000.000
Consultorias	2.700.000
Projetos (2)*	<u>8.000.000</u>
Cz\$	210.700.000
	(186.130 OTN)

CONSOLIDADO

INSTITUIÇÃO	CZ\$	OTN
ICEMAT ou CTI/TECPAR	520.750.000	460.026
ILAC	216.050.000	190.857
UFPR	252.400.000	222.968
FUEM	221.400.000	195.583
FUEL	210.700.000	186.130
;		
TOTAL	1.421.300.000	1.255.564

O demonstrativo das fontes de recursos, apresentado a seguir, demonstra uma contrapartida das instituições paranaenses equivalente a 50% dos investimentos totais. As dotações anuais do FUNCITEC foram

*3 Ph.D. estrangeiros

projetadas a partir da sua dotação para 1988, que prevê implementação do Programa no segundo semestre.

IFONTE DE RECURSO	1988	1989	1990
IFontes Paranaenses	Cz\$ 355.325.000	627.782 OTN	627.782 OTN
IGoverno Estadual (FUNCITEC)	Cz\$ 22.500.000 19.876 OTN	35.335 OTN	35.335 OTN
IGoverno Federal e/ou Fontes Internacionais	Cz\$ 332.825.000 294.015 OTN	592.447 OTN	592.447 OTN
ITOTAL	Cz\$ 710.650.000 627.782 OTN	1.255.564 OTN	1.255.564 OTN

4.3.2 Fontes de Recursos Financeiros

O esquema básico de financianeto do programa deverá obedecer à fórmula seguinte:

- a) aplicação de recursos financeiros estaduais, tanto governamentais quanto privados, para a implementação de algumas iniciativas básicas que viabilizem a busca de recursos de origem nacional ou internacional;
- b) realização de convênios com outros países, visando cooperação técnica, para consolidação do CEMAT, capacitação de outros laboratórios no Estado, formação e desenvolvimento de recursos humanos e apoio a projetos específicos, tanto de pesquisa quanto de desenvolvimento industrial.

Serão indicadas algumas das fontes disponíveis, a nível estadual, federal e internacional, mas deverá caber à Coordenação do Programa a exploração dessas e/ou de quaisquer outras fontes possíveis, no interesse de sua viabilização

A nível de Paraná, o FUNCITEC do CONCITEC já dispõe para 1988 de recursos alocados na rubrica do Programa, que constitui uma de suas prioridades de fomento científico e tecnológico. Apesar de os bancos regionais de fomento econômico, BRDE e BADEP, não manterem linhas específicas de apoio à C&T, atualmente o primeiro canaliza uma parcela dos recursos do FUNCITEC ao setor privado. Além disso, ambas operam com os agentes financeiros da FINEP.

A nível nacional, existem várias instituições dotadas de linhas de apoio financeiro à pesquisa básica e aplicada, bem como ao desenvolvimento de projetos industriais. Serão indicadas as mais importantes, a título de referência e avaliação das possibilidades de financiamento ao Programa Paranaense de Novos Materiais.

A Agência Brasileira de Cooperação - ABC -, do Ministério de Relações Exteriores, matém três tipos de programas de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico, estabelecidos mediante convênio com a JICA:

Estudos para desenvolvimento - Aplicam-se a projetos de pesquisa básica, para determinação de potenciais regionais em recursos naturais. Poderá aplicar-se a projetos, estendendo-se a estudos de viabilidade econômica de empreendimentos minerais e industriais.

Cooperação Técnica Tipo Projeto - Esta linha de apoio exige:

- a) projetos com duração mínima de quatro anos;
- b) envio de pelo menos três especialistas japoneses ao projeto, um dos quais deverá permanecer por longo prazo;
- c) treinamento de pelo menos dois técnicos no Japão, a partir do segundo ano de implementação do projeto;
- d) 100-300 milhões de ienes para doação de equipamentos sem similar nacional.

O projeto de implantação do CEMAT enquadra-se nas prioridades estabelecidas para esta linha, na rubrica "Desenvolvimento Industrial". O seu financiamento exigirá, entretanto, a existência de condições locais para a absorção de tecnologia: instalações, recursos

humanos e financeiros para despesas operacionais. Outros projetos poderão eventualmente enquadrar-se nesta categoria, mas mais provavelmente deverão beneficiar-se dos recursos disponíveis para os denominados "mini-projetos".

Cooperação Técnica em Mini-Projetos

Difere da linha anterior pelas dimensões dos projetos:

- a) duração máxima de três anos;
- b) até dois peritos japoneses recebidos por ano;
- c) apenas um treinamento por ano no Japão;
- d) até 50 milhões de ienes disponíveis para equipamentos.

A Agência Brasileira de Cooperação - ABC - mantém, ainda, convênio de cooperação técnico-científica com o governo francês, vigente a partir deste ano; entre suas prioridades inclui-se a pesquisa tecnológica em **Novos Materiais**.

A aquisição de equipamentos também poderá ser feita com recursos dos programas específicos da FINEP, prioritariamente: PADTEN e PADCT. O FNDCT, também da FINEP, é aplicável a projetos de pesquisa e desenvolvimento e à implantação de instituições de ensino e pesquisa.

O CNPq, por sua vez, conta com linhas especiais de apoio à cooperação internacional, através de convênios que mantém com diversos países, visando a concessão de bolsas e auxílios para formação de recursos humanos. São patrocinados cursos formais de pós-graduação, estágios de treinamento e especialização, desenvolvimento de projetos conjuntos entre pesquisadores brasileiros e do exterior, visitas científicas e participação em eventos de natureza científica e tecnológica. Dos vários países conveniados, merecem destaque, pelo seu estágio atual de evolução em **Novos Materiais**: Estados Unidos (National Science Foundation), Inglaterra (British Council e Royal Society), Japão (Japan Society for the Promotion of Science) e República Federal da Alemanha (Deutscher Akademischer Austauschdienst, Max-Planck Gesellschaft e outras quatro entidades)

Através da CAPES, do Ministério da Educação, podem ser buscados recursos disponíveis em 12 programas, voltados à formação de desenvolvimento de recursos humanos para ensino e pesquisa. Estes programas aplicam-se a cursos de pós-graduação, informação em C&T e pesquisa básica. Dentro do mesmo Ministério, o INEP mantém linhas de fomento na mesma área. A formação de recursos humanos é também beneficiada pelo NCT, no que diz respeito às áreas estratégicas, entre as quais se incluem os Novos Materiais.

Apoio financeiro à geração, transferência e aplicação de tecnologia, testes de padronização e certificação de qualidade, propriedade industrial e Engenharia de Projetos podem ser obtidos em várias outras instituições nacionais: BNDES, STI, NIC, FIPEC e Banco do Brasil.

ANEXO

RELAÇO PRELININAR DE EQUIPAMENTOS

RELAÇÃO PRELIMINAR DE EQUIPAMENTOS

1. Equipamento para difração eletrônica	U\$	500.000,00
2. Microscópio eletrônico de varredura	U\$	600.000,00
3. Microscópio eletrônico de transmissão	U\$	480.000,00
4. Máquina de testes Universal	U\$	250.000,00
5. Microanalisador a eletrossonda	U\$	450.000,00
6. Espectroscópio eletrônico para análise química	U\$	250.000,00
7. Difractômetro de raio-X	U\$	450.000,00
8. Analisador de tamanho de partículas a laser	U\$	90.000,00
9. Equipamento para medida de propriedades térmicas	U\$	70.000,00
10. Equipamento para medidas elétricas e magnéticas	U\$	150.000,00
11. Equipamento para análise de gases	U\$	80.000,00
12. Secador por atomização (Spray-dryer)	U\$	180.000,00
13. Moinho de agitação	U\$	20.000,00
14. Reômetro	U\$	45.000,00
15. Injetora para moldagem	U\$	120.000,00
16. Prensa isostática a frio	U\$	450.000,00
17. Prensa isostática a quente	U\$	800.000,00
18. Forno para sinterização com atmosfera controlada até 2.000oC	U\$	280.000,00
19. Forno elétrico para até 1.600oC	U\$	90.000,00
20. Máquina universal para corte	U\$	20.000,00
21. Politriz	U\$	15.000,00
22. Frezadora ultrasônica	U\$	28.000,00
23. Porosímetro	U\$	55.000,00

24. Micropulverizador	U\$	15.000,00
25. Forno Gradiente	U\$	120.000,00
26. Espectrofotômetro de chama	U\$	140.000,00
27. Microscópio ótico (2)	U\$	22.000,00
28. Dilatômetro	U\$	120.000,00
29. Viscosímetro de torção	U\$	40.000,00
30. Balança analítica eletrônica (2)	U\$	70.000,00
31. Medidor de pH	U\$	8.000,00
32. Balança hidrostática	U\$	15.000,00
33. Prensa hidráulica	U\$	15.000,00
34. Aparelho para análise granulométrica em peneiras	U\$	4.000,00
35. Aparelho para determinação de resistência mecânica a flexão	U\$	10.000,00
36. Moinho de bolas com capacidade para 5 Kg revestido de alumina (5)	U\$	15.000,00
37. Filtroprensa	U\$	4.500,00
38. Agitadores para mistura	U\$	1.200,00
39. Secador com circulação de ar	U\$	20.000,00
40. Secador para até 300oC (3)	U\$	12.000,00
41. Extrusora a vácuo	U\$	15.000,00
42. Forno tipo Mufla para até 1300oC	U\$	40.000,00
43. Registrador para alta temperatura	U\$	2.000,00
44. Destilador de água	U\$	1.000,00
45. Deionizador de água	U\$	600,00
46. Máquina para ensaio de tração dinâmica	U\$	120.000,00
47. Cápsula de platina*		
48. Cadinho de platina*		
49. Paquímetro*		
50. Micrômetro*		

*Incluso no item 82.

51. Equipamento para análise térmica diferencial e termogravimétrica	U\$	180.000,00
52. Aparelho e forno para ensaio mecânico a quente	U\$	220.000,00
53. Liofilizador	U\$	60.000,00
54. Máquina para tape casting	U\$	50.000,00
55. Pirômetro ótico	U\$	20.000,00
56. Indicador de temperatura (2)	U\$	15.000,00
57. Máquina de corte a laser	U\$	80.000,00
58. Máquina para ensaio de impacto	U\$	20.000,00
59. Máquina para ensaio de abrasão	U\$	25.000,00
60. Computador	U\$	25.000,00
61. Espectrofotômetro de infravermelho	U\$	220.000,00
62. Câmara de alta temperatura para difração de raio-X	U\$	100.000,00
63. Forno a gás com controle automático de temperatura e atmosfera	U\$	160.000,00
64. Micropulverizador	U\$	42.000,00
65. Equipamento para ensaios elétricos de alta voltagem	U\$	35.000,00
66. Equipamento fotográfico	U\$	4.000,00
67. Potenciômetro	U\$	28.000,00
68. Extrusora para polímeros	U\$	25.000,00
69. Aparelho para determinação de ponto de fusão	U\$	15.000,00
70. Instrumentos de medição - paquímetro, micrômetro, etc.	U\$	2.000,00
71. Banco metalográfico	U\$	50.000,00
72. Compressor de ar	U\$	8.000,00
73. Bomba de difusão para vácuo	U\$	10.000,00

74. Equipamento para oficina mecânica (furadeira, torno, plaina, etc.)	U\$	60.000,00
75. Equipamento para determinar modelo de elasticidade	U\$	15.000,00
76. Equipamento para preparação de amostras para raio-X e microscopia eletrônica	U\$	65.000,00
77. Prensa para plásticos	U\$	15.000,00
78. Equipamento de ultra-som	U\$	12.000,00
79. Osciloscópio	U\$	9.000,00
80. Injetora de alta precisão para plásticos	U\$	35.000,00
81. Equipamento para metalização de plásticos	U\$	22.000,00
82. Misturador para polímeros	U\$	8.000,00
83. Equipamento de medição eletroeletrônica	U\$	50.000,00
84. Material de laboratório (vidraria, instrumentos, reagentes, etc.)	U\$	30.000,00
85. Despesas com instalação de equipamentos	U\$	400.000,00
86. Equipamentos específicos para pesquisa e estudo de polímeros	U\$	2.000.000,00
TOTAL	U\$	10.328.300,00

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BONFIGLIOLI, Alberto. Cerâmicas estruturais e atividade econômica. s.n.t. Curso organizado pelo Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, MCT/CNPq, Campinas, 1-4 dez.1987.
- 2 BOWEN, Kent. The superconducting sprint: trade barriers prompt Japan to move fast. High Technology Business, Boston, 17, sept.1987.
- 3 BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. O desafio dos novos materiais: programa brasileiro. Brasília, 1987.
- 4 BROOD, R. J. et alii. Ceramics in Europe. American Ceramics Society Bulletin, (64):1200, 1985.
- 5 CAMPOMAR, Marcos C. As atividades de marketing em instituições de pesquisa tecnológica governamentais. Revista de Administração, São Paulo, 17(3):60-77, 1982.
- 6 DEVEZAS, Tessaleno. Emprego de cerâmicas especiais em máquinas de combustão interna: estado-da-arte e previsão tecnológica. Cerâmica, São Paulo, 31(187):147-64, ago.1985.
- 7 DONADIO, Lygia. Política científica e tecnológica e o desenvolvimento industrial. In: MARKOVITCH, Jacques, coord. Administração em ciência e tecnologia. São Paulo, E. Blücher, 1983. p.95-136.
- 8 JETRO. The development of structural fine ceramics in Japan. The Japan Industrial & Technological Bulletin; Special Issue, (15), 1986.
- 9 JONES, Harry & TWISS, Brian C. Previsão tecnológica para decisões de planejamento. Rio de Janeiro, Zahar, 1986. 309p.
- 10 KUZNETS, Simon S. Crescimento econômico moderno: ritmo, estrutura e difusão. São Paulo, Abril, 1983. 336p. (Os Economistas)
- 11 LEMOS, Cristina. Quartzo e silício. Informe INI, Rio de Janeiro, 12(38):10-5, jan./abr.1987.
- 12 PEREIRA, Maurício G. Pesquisa e desenvolvimento e o mercado: o papel do governo na intermediação. In: MARKOVITCH, Jacques, coord. Administração em ciência e tecnologia. São Paulo, E. Blücher, 1983. p.421-38.
- 13 PETROBRÁS QUÍMICA S/A. Os novos materiais e a Petroquisa. Rio de Janeiro, 1987.

- 14 PINHÃO, Caio M. Compósitos. Informe INI, Rio de Janeiro, 12(38):15-8. jan./abr.1987.
- 15 PRICE, Derek J. de Solla. O desenvolvimento da ciência. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1976. 96p.
- 16 SEN, J. P. How to enter the advanced ceramics business. Ceramics Industry, apr.1986.
- 17 UNITED NATION INDUSTRY DEVELOPMENT ORGANIZATION. New polymers. Advances in Materials Technology: Monitor, (6), apr.1986.
- 18 UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Política Científica e Tecnológica. Novos materiais; subsídios para uma estratégia de desenvolvimento científico e tecnológico. Campinas, 1987. 117p. Datilografado.
- 19 ZANOTTO, Edgar O. Cerâmica técnica avançada aplicada à indústria termomecânica. In: ENCONTRO PARANAENSE SOBRE NOVOS MATERIAIS INDUSTRIAIS, Curitiba, 1986. Anais... Curitiba, MINEROPAR, 1986. p.21-42.



GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - CEB 90510 CURITIBA - PARANÁ