

ESTRATÉGIA DOS GRANDES GRUPOS NO DOMÍNIO DOS NOVOS MATERIAIS

PAULO SÁ



CNPq

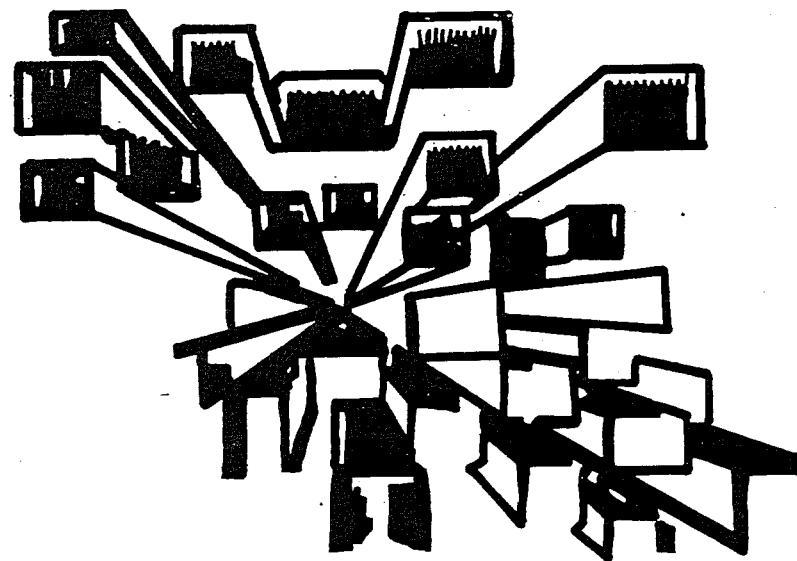
CETEM

ISSN - 0103-6319

A utilização e aplicação dos produtos metálicos tradicionais vem sendo modificada, nos últimos anos, com a introdução no mercado de novas ligas metálicas, produtos de cerâmica avançada, polímeros de engenharia e materiais híbridos, ou conjugados, englobados na designação genérica de Novos Materiais.

Esse avanço tecnológico em P&D dos países mais desenvolvidos, e maiores consumidores, vem diminuir a sua dependência dos países produtores de matérias-primas, os quais, em consequência, tem reduzida a sua capacidade para discutir a fixação de preços.

A atuação dos grandes grupos internacionais da química e da siderurgia, sua luta pelo desenvolvimento dos materiais e pela conquista do mercado são relatadas neste livro de conceituação atual.



ESTRATÉGIA DOS GRANDES GRUPOS NO DOMÍNIO DOS NOVOS MATERIAIS

PAULO SÁ



CNPq

CETEM

ISSN - 0103-6311

ESTRATÉGIAS DOS GRANDES GRUPOS NO DOMÍNIO
DOS NOVOS MATERIAIS. CETEM/CNPq
SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Dayse Lúcia M. Lima

REVISÃO

Milton Torres B. e Silva

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

PROGRAMAÇÃO VISUAL

Alessandra S. Wisnerowicz

COMPOSIÇÃO DE TEXTO

Fátima Engel

Ricardo Antonio N. Bezerra

Suzana P. Magalhães

APOIO TÉCNICO

Angelo Rosestolato

ILUSTRAÇÃO

Jacinto Frangella

CETEM
BIBLIOTECA

Reg. N.º 367 Data 23/10/90

Pedidos ao:

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

Departamento de Estudos e Desenvolvimento - DES

Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Ilha do Fundão

21949 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Fone: 260-7222 - Ramal: 127 (BIBLIOTECA)

Solicita-se permuta.

We ask for change.

SÁ, Paulo

Estratégias dos grandes grupos no domínio dos Novos Materiais / Por Paulo Sá.- Rio de Janeiro CETEM/CNPq, 1989

153 p. - (Estudos e Documentos, 9)

1. Novos materiais. I. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro. II. Título. III. Série.

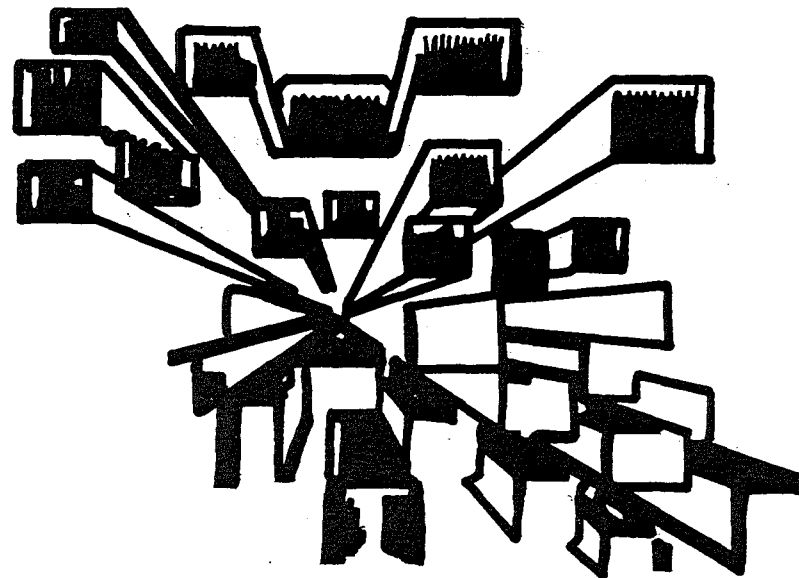
ISSN - 0103-6319
ISBN - 85-7227-001-9

CDD 620.112

estudos e

documentos

9



ESTRATÉGIA DOS GRANDES GRUPOS NO DOMÍNIO DOS NOVOS MATERIAIS

PAULO SÁ



CNPq

CETEM

ISSN - 0103

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Fernando Collor de Melo

SECRETÁRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

José Goldenberg

PRESIDENTE DO CNPq

Gerhard Jacob

DIRETORIA DE UNIDADES DE PESQUISA

José Duarte de Araujo

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

Jose Roberto Boisson de Marca

DIRETORIA DE PROGRAMAS

Jorge Almeida Guimarães

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

DIRETOR

Roberto C. Villas Bôas

VICE-DIRETOR

Francisco Rego Chaves Fernandes

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM

Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME

Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI

José Antonio Pires de Mello

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES

Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD

Italo Cesar Kircove

ERRATA DA PÁGINA 65

As cerâmicas técnicas podem ser consideradas como uma indústria emergente. Nesse contexto, a concorrência exerce-se principalmente sob a forma de avanços tecnológicos, que aumentam o desempenho tecnológico do produto e reduzem seus custos de produção.

O Quadro 1.15 apresenta alguns elementos de comparação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento efetuados no setor de cerâmicas técnicas, por áreas de aplicação, nos Estados Unidos, no Japão e na Europa. O quadro sugere que o Japão está investindo mais do que os Estados Unidos em todas as áreas de aplicações analisadas, excetuando as óticas. Estima-se, no entanto, que atualmente os investimentos japoneses nessa área são já superiores aos dos Estados Unidos.

Contrariamente ao ocorrido na maioria dos casos observados em outros setores industriais, no das cerâmicas técnicas o governo dos Estados Unidos desempenhou um papel importante no financiamento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, especialmente no que se refere aos motores a explosão. A intervenção do governo dos EUA nessa área remonta a 1971, e relaciona-se com cerca de 50% dos investimentos atuais. Entretanto, os gastos do governo americano nessa aplicação específica vêm reduzindo-se ao longo dos últimos anos.

Em contraste, a intervenção do governo japonês nesse setor é inferior à observada em muitos outros. O governo começou a financiar a pesquisa relacionada à utilização das cerâmicas em

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
Fernando Collor de Melo

SECRETÁRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
José Goldenberg

PRESIDENTE DO CNPq
Gerhard Jacob

DIRETORIA DE UNIDADES DE PESQUISA
José Duarte de Araujo

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
Jose Roberto Boisson de Marca

DIRETORIA DE PROGRAMAS
Jorge Almeida Guimarães

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

DIRETOR
Roberto C. Villas Bôas

VICE-DIRETOR
Francisco Rego Chaves Fernandes

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM
Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME
Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI
José Antonio Pires de Mello

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES
Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD
Italo Cesar Kircove

ERRATA DA PÁGINA 65

As cerâmicas técnicas podem ser consideradas como uma indústria emergente. Nesse contexto, a concorrência exerce-se principalmente sob a forma de avanços tecnológicos, que aumentam o desempenho tecnológico do produto e reduzem seus custos de produção.

O Quadro 1.15 apresenta alguns elementos de comparação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento efetuados no setor de cerâmicas técnicas, por áreas de aplicação, nos Estados Unidos, no Japão e na Europa. O quadro sugere que o Japão está investindo mais do que os Estados Unidos em todas as áreas de aplicações analisadas, excetuando as óticas. Estima-se, no entanto, que atualmente os investimentos japoneses nessa área são já superiores aos dos Estados Unidos.

Contrariamente ao ocorrido na maioria dos casos observados em outros setores industriais, no das cerâmicas técnicas o governo dos Estados Unidos desempenhou um papel importante no financiamento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, especialmente no que se refere aos motores a explosão. A intervenção do governo dos EUA nessa área remonta a 1971, e relaciona-se com cerca de 50% dos investimentos atuais. Entretanto, os gastos do governo americano nessa aplicação específica vêm reduzindo-se ao longo dos últimos anos.

Em contraste, a intervenção do governo japonês nesse setor é inferior à observada em muitos outros. O governo começou a financiar a pesquisa relacionada à utilização das cerâmicas em

APRESENTAÇÃO

Como insumos para a produção de bens, os materiais desempenham papel de ponta na inovação e modernização tecnológicas e na produtividade industrial.

Afetando a ordem econômica das atividades produtivas, a eficiência com a qual os materiais são produzidos e utilizados é fator determinante nas disponibilidades a longo prazo desses materiais.

Nas últimas duas décadas, desenvolvimentos sem precedentes, em escala mundial, na tecnologia dos materiais, vêm produzindo novas ligas metálicas, produtos de cerâmica avançada, polímeros de engenharia e materiais híbridos, denominados conjugados, os quais, todos eles, vêm deslocando a utilização e aplicação dos produtos metálicos tradicionais.

Os Novos Materiais podem ser visualizados como substâncias, ou combinação destas, conhecidas ou desenvolvidas a partir da incorporação dos princípios fundamentais da ciência dos materiais à preparação, fabricação e utilização de antigas ou novas aplicações de materiais industriais, apresentando sempre, no entanto, novos critérios nas suas concepções ; têm surgido, dentro da realidade industrial de nossos dias, numa taxa nunca dantes alcançada.

Abrangem quatro grandes segmentos:

- metais e suas ligas;
- cerâmicas avançadas;
- polímeros de engenharia;
- conjugados.

Os esforços de P&D na área dos Novos Materiais estão grandemente concentrados em torno de dois grandes objetivos:

a) promover a substituição de materiais no sentido de serem obtidas especificações mais rigorosas na aplicação dos mesmos;

b) promover a substituição de minérios, metais, ou materiais que sejam críticos ou vulneráveis a uma dada economia.

Na promoção de substituição visando atingir especificações mais estritas, várias organizações devotadas à pesquisa e industrialização encontram-se engajadas, em todo o mundo, na busca de mercado e na abertura de oportunidades relacionadas aos campos de alta tecnologia - aeronáutica, astronáutica, informática, microeletrônica, ótica etc.

Na promoção de substituição de minérios, metais, ou materiais, vulneráveis ou críticos, há esforços concentrados, espelhados nas políticas de governo dos países centrais, voltados à alteração e mudança do perfil de dependência, dessas economias centrais, das fontes tradicionais de suprimento.

Em ambos os casos os países periféricos sofrem conseqüências evidentes; no primeiro caso, em virtude de que tanto têm que estruturar suas bases industriais a partir de materiais de "segunda mão", como, em alternativa, importar tecnologia de processos e produtos a fim de alçarem-se à base dos novos desenvolvimentos mundiais; no segundo caso, a situação é tal que, freqüentemente, um minério ou metal que está sendo substituído é item importante de exportação da economia periférica.

Dessa forma os problemas que devem ser enfrentados pelos países periféricos para, ao menos, contrabalançar tal situação, não são de natureza trivial; eles têm de assegurar uma posição que é vital às suas balanças de pagamento, em moeda estrangeira, a partir da exportação de "commodities" e, igualmente, prepararem-se para lidar com o complexo fenômeno de

introdução dos Novos Materiais nas suas próprias economias domésticas.

Em conclusão, os recentes desenvolvimentos tecnológicos realizados na área dos Novos Materiais, significando, de uma parte, evolução de concepção técnica e, de outra, um alívio na situação de dependência dos países centrais em relação às matérias-primas, significam, de fato, para os países periféricos, uma enorme crise de poderio de barganha e colonialismo tecnológico.

Este trabalho do Dr. Paulo Sá analisa as estratégias dos grupos internacionais na questão dos Novos Materiais.

ROBERTO C. VILLAS BÔAS

PREFÁCIO

A característica mais marcante dos últimos 200 anos de história é a instabilidade de longo prazo da economia mundial, em que ciclos de crescimento se intercalam com períodos de recessão, ou crise. Este processo, denominado por Schumpeter de "destruição criadora", teria o papel de permitir que o sistema se livrasse periodicamente de certos atributos que foram necessários à sua expansão no passado e se tornaram em entraves às suas necessidades do presente. A destruição criadora manifesta-se por meio de uma onda de inovações, cuja difusão leva o sistema econômico a reordenar gradativamente seu "modus operandi", abrindo novos mercados, estabelecendo novas estratégias de concorrência, ampliando as oportunidades de emprego, estimulando o desenvolvimento de novos tipos de especialização, redefinindo hierarquias no processo de trabalho, modificando padrões de comércio internacional, requerendo novas formas de intervenção do Estado na economia etc. Em suma, cada onda de desenvolvimento traria no seu bojo um conjunto de fatores, característicos e necessários a uma dinâmica específica de crescimento. O caráter cíclico da economia capitalista teria, ainda, um efeito corretivo, vale dizer, saneador, na evolução do sistema, propiciando a reorganização da base técnica da estrutura produtiva. Às crises caberia, por exemplo, a liquidação de empresas marginais, o desaparecimento de técnicas obsoletas e o surgimento de novas técnicas, reforçando em última instância o movimento secular de concentração de renda.

Um ponto marcante em relação às diferentes fases de crescimento, é que existe sempre um núcleo de setores que lidera a acumulação do capital e portanto a própria renovação industrial. Segundo Freeman, o crescimento econômico pode ser visto como um processo de alocação de recursos entre indústrias. Esse processo, que necessariamente leva a mudanças estruturais no

sistema, provoca desequilíbrios intra-industriais, em função de taxas desiguais de desenvolvimento técnico entre as indústrias. Assim, o crescimento econômico não é apenas acompanhado de novas indústrias que crescem mais, mas dependem fundamentalmente dessa expansão. É este conjunto de novas indústrias ou novos setores, designados líderes, que comanda o processo de acumulação do capital, apresentando em cada ciclo as mais altas taxas de crescimento do investimento e da produção corrente, em relação aos demais setores da economia.

A economia capitalista conheceu grandes ciclos de desenvolvimento econômico e, em cada etapa, um conjunto de setores liderou o processo de crescimento, ao mesmo tempo que um conjunto de materiais permitiu e embasou essa expansão. O último período de prosperidade, que se inicia no pós-guerra, já nos finais dos anos 60 apresenta sinais de esgotamento, e as crises do petróleo na década de 70 viriam colocar a pá de cal na grande Pax Americana. E conhecemos a crise e a percepção de que as grandes forças econômicas se movem no sentido de redefinir um novo modelo de desenvolvimento. Estamos no limiar do que muitos consideram a Terceira Revolução Industrial. Uma nova estrutura industrial está se desenhando e isto significa, entre outros fatores, novos padrões de concorrência, novas formas de organização e atuação empresarial, na redefinição dos investimentos, na reformulação do perfil de utilização e produção de produtos e suas matérias-primas, na introdução de novos produtos, no desenvolvimento de novos setores e no declínio de outros. Entre os setores que despontam como líderes deste novo ciclo, temos a informática, telecomunicações, microeletrônica, aeroespacial, biotecnologia, química fina etc, cujo vetor comum é a intensidade tecnológica de seus produtos e processos. Entretanto, estes setores vêm criando novas exigências em termos de materiais demandados, tanto como insumos quanto na fabricação dos próprios equipamentos que utilizam nos seus processos produtivos. Os materiais que atendem a estes requisitos são os

denominados novos materiais, cuja produção e utilização visam sempre a minimização de insumos, sobretudo energéticos.

A análise da estratégia dos grandes grupos no domínio dos novos materiais, objeto de estudo do presente trabalho, nos permite uma melhor compreensão das mudanças em curso na economia mundial, ao mesmo tempo que sinaliza como as grandes corporações estão se estruturando face ao novo modelo de desenvolvimento. O estudo realizado pelo autor é leitura obrigatória por todos aqueles que buscam um aprofundamento na questão, especialmente sobre a óptica do capital produtivo.

JOSÉ MALDONADO

*Economista. Pesquisador do
Núcleo de Novos Materiais
do INT.*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

1. A COMPETIÇÃO ENTRE MATERIAIS NO QUADRO GERAL DA CONCORRÊNCIA INDUSTRIAL	1
2. EFEITOS SOBRE A ESTRUTURA INDUSTRIAL	5
3. AS ESTRATÉGIAS DE DIFUSÃO DOS NOVOS MATERIAIS	8
4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	13

CAPÍTULO 1:

IDENTIFICAÇÃO DO UNIVERSO DOS PRODUTORES DE MATERIAIS AVANÇADOS, ESTRATÉGIAS E DOMÍNIOS DE INTERVENÇÃO	20
1. OS MATERIAIS COMPÓSITOS	21
1.1 Principais atores no segmento	21
a) Os produtores de materiais de base	22
b) Os consumidores	34
c) Fabricantes de produtos intermediários e fornecedores de equipamentos	35
1.2 As fibras de vidro	36
1.3 As fibras de carbono	39
1.4 As fibras de aramida	44

1.5 As resinas epoxídicas e as matrizes de compósitos avançados	48
2. AS CERÂMICAS TÉCNICAS	54
3. OS SUPERCONDUTORES	69
CAPÍTULO 2:	
CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS MOVIMENTOS DE ENTRADA E ATUAÇÃO DOS PRODUTORES TRADICIONAIS DE MATERIAIS DE BASE NA ÁREA DE MATERIAIS AVANÇADOS	
	74
1. AS EMPRESAS QUÍMICAS	75
1.1 A crise da indústria química	77
1.2 A reestruturação das atividades	81
1.3 O dilema estratégico: <i>commodities</i> ou especialidades?	89
1.4 A nova orientação da política de pesquisa e desenvolvimento	100
1.5 A reorganização para o atendimento de indústrias específicas	106
2. AS SIDERÚRGICAS JAPONESAS	112
2.1 A dinâmica de desenvolvimento dos materiais avançados no Japão	112
2.2 Presença das siderúrgicas japonesas na área dos materiais avançados	117

a) Um "conglomerado de técnicas de ponta"	118
b) Autonomia da química e reorganização das atividades de pesquisa e desenvolvimento	121
c) Três modelos de diversificação diferentes	126
2.3 A estratégia de diversificação da Nippon Steel	127
2.4 A diversificação da Nippon Kokan nos materiais avançados	132
2.5 O caso da Kobe Steel	134
3. OS GRANDES PRODUTORES DE METAIS NÃO-FERROSOS	139
3.1 A reestruturação dos anos 80	140
3.2 Os grandes eixos estratégicos de crescimento futuro	146

INTRODUÇÃO

1. A COMPETIÇÃO ENTRE MATERIAIS NO QUADRO GERAL DA CONCORRÊNCIA INDUSTRIAL

A concorrência entre materiais é hoje um fator fundamental para a obtenção de novos ganhos de produtividade a nível dos setores utilizados e, simultaneamente, para o desenvolvimento da maioria de suas aplicações industriais. Tal competição não é um fenômeno novo, uma vez que os materiais sempre estiveram em concorrência num grande número de aplicações. Contudo, sua importância tem aumentado bastante nos últimos anos e deverá continuar crescendo no futuro. ¹

Por um lado, porque as mutações técnicas aceleram-se consideravelmente e progressos técnicos importantes foram e continuam sendo alcançados no conjunto de todos os materiais. Com efeito, a ciência e a tecnologia dos materiais figuram entre os ramos do conhecimento mais atingidos pela revolução científica atual, fazendo aumentar de forma significativa a gama de materiais teoricamente disponíveis, resultante não só do desenvolvimento de novos materiais mas também das novas possibilidades de combinação entre eles.

Por outro lado, no que diz respeito aos consumidores, porque a decisão de utilização de um dado insuno material vem-se modificando no sentido de uma avaliação crescente das alternativas possíveis, tendo em vista o aumento sistemático da produtividade industrial. Com efeito, as transformações do setor industrial no que concerne às escolhas a nível da utilização dos mate-

¹Na verdade, os materiais nunca preexistiram a seu uso. Suas aplicações sempre estiveram associadas a uma lógica de serviços "transmateriais" que, durante os 30 anos que se seguiram à Segunda Guerra Mundial, foi submetida à necessidade de obter fontes de suprimento seguras e estáveis.

riais vêm provocando um efeito duplo sobre o sistema produtivo, como passaremos a expor.

(i) **Em relação aos setores mais "para trás", a montante das indústrias**, elas reduziram a ameaça de rupturas eventuais de suprimento de matérias-primas e provocaram modificação da noção de "material crítico" ou "material estratégico", enquanto elemento indispensável à economia de um país.

(ii) **Em relação aos setores mais "para frente", a jusante das indústrias**, essas transformações estão na origem de uma mudança fundamental no comportamento dos consumidores, que passaram a formular suas demandas em termos das funções a serem desempenhadas pelos materiais e das qualidades exigidas para sua utilização.

Com a saturação dos principais mercados consumidores dos países industrializados e com uma abundância relativa de todos os tipos de materiais, os consumidores alargaram sensivelmente seu espaço de liberdade. Eles podem hoje selecionar facilmente entre uma vasta gama de opções o material ou conjunto de materiais que melhor responda às especificações de seu produto.

A forte concorrência existente nos mercados de bens de consumo final obriga as empresas desses setores a uma diferenciação constante de seus produtos através da introdução de novas qualidades. Dada a importância fundamental desses setores (normalmente grandes mercados de massa, como a indústria automobilística ou a construção civil) na economia mundial, e o tamanho médio das suas principais empresas, não espanta que sejam freqüentemente os responsáveis pela dinâmica de inovação nos setores de suprimento de insumos materiais.

Sob pressão de seus clientes, os produtores de materiais foram assim obrigados a uma importante reconversão de suas atividades. Tal transformação pode ser resumida na máxima de muitos produtores de *commodities* que afirmam terem passado

de uma fase em que vendiam o que produziam para uma nova situação onde se limitam a produzir o que vendem.

Na medida em que os materiais passam a ser desenvolvidos segundo as funções que devem prioritariamente desempenhar, a ligação ao consumidor, do ponto de vista técnico, econômico e mesmo da concepção do novo produto tornou-se um elemento central do sucesso das "novas" atividades. A ausência desse tipo de relacionamento, seja por motivos técnicos, por limitações comerciais, ou por uma questão de distância, vem se revelando uma forte desvantagem em relação a uma maior presença na área.

Em resultado, não só as características técnicas dos materiais existentes estão sendo constantemente aprimoradas - fazendo-os mais resistentes, mais leves, menores, menos consumidores de energia, menos intensivos em mão-de-obra e também mais baratos - como também é todo um fluxo de novos materiais que vêm sendo introduzidos em permanência. O mercado tornou-se então mais técnico e, ao mesmo tempo, mais estratégico, à medida que posições consolidadas de longa data foram sendo questionadas.

A idéia de "novos" materiais traduz menos a novidade de certos tipos de materiais do que a modificação do comportamento dos consumidores e das estratégias dos grandes grupos produtores, a qual está na origem da transformação da própria noção de materiais, suas características e aplicações.

Não é mais possível reduzir a evolução dos materiais a uma simples substituição de materiais antigos por "novos": para além da simples estratégia de introdução de novos materiais, é necessário verificar as "reações" à sua penetração por parte dos materiais "tradicionais".

Assim, desde o início dos anos 70, os grandes consumidores de aço, principalmente os da indústria automobilística, vêm sendo tentados por duas características fundamentais dos plásticos: o

baixo peso e a resistência à corrosão. A resposta das siderúrgicas a essa ameaça passou pelo desenvolvimento de várias famílias de aços com alto limite de elasticidade, de forma a reduzir a espessura das chapas sem compromisso da rigidez. O consumo desses aços no automóvel vem progredindo muito mais rapidamente que o dos plásticos.

Por outro lado, um material avançado com características técnicas superiores a de seus concorrentes tradicionais dificilmente será aplicado sem um pacote de serviços, envolvendo os métodos de transformação, a engenharia e um projeto de demonstração que facilite a sua comercialização.

Este parece ser o principal fator na base do desenvolvimento de novos materiais, mais ainda que suas vantagens em termos de características técnicas intrínsecas. Com efeito, o elemento chave que está por trás da reação de "novos materiais" liga-se muito menos ao tempo que decorreu desde seu desenvolvimento ou sua introdução no mercado, do que a essa novidade fundamental que é a sua concepção para além de certas características físicas e químicas dadas.

A grande revolução dos novos materiais consiste assim na enorme liberdade proporcionada ao utilizador de se afastar das limitações impostas pela utilização de materiais *in natura* para progressivamente os adaptar a suas necessidades específicas. Tal revolução não estará contudo completa sem uma liberdade total da concepção dos próprios materiais, integrada nos processos industriais de pesquisa e desenvolvimento de novos produtos.

Pode-se então afirmar que, à exceção de mercados muito específicos para produtos de altíssimo desempenho, as diferentes alternativas em termos dos materiais utilizados são cada vez mais importantes para os utilizadores que operam em mercados extremamente concorrenciais, uma vez que tais materiais se apresentam como uma variável fundamental da competitividade ou

da diferenciação dos produtos.

Entretanto, os materiais de mais ampla difusão, que são o aço, o alumínio e os plásticos, não deverão conhecer a médio prazo uma modificação fundamental de sua parcela atual de mercado, dados os esforços em que se encontram envolvidos seus produtores tradicionais específicos no que concerne não só à defesa de mercados tradicionais, como também ao desenvolvimento de novos usos.

As indústrias automobilísticas, de eletrodomésticos, de construção, de embalagem, aeronáutica e eletrônica (esta última essencialmente no Japão) deverão continuar sendo no futuro os principais segmentos de utilização de materiais. Nesse contexto, os grandes mercados futuros para os chamados materiais avançados deverão ser os setores automobilístico e eletrônico, enquanto as indústrias aeronáutica e aeroespacial deverão continuar a assegurar sua função fundamental de laboratório para a introdução de novas combinações de materiais.

2. EFEITOS SOBRE A ESTRUTURA INDUSTRIAL

Dado que uma parte importante das características do produto final depende não apenas da qualidade dos materiais empregados em sua manufatura mas igualmente das tecnologias de transformação utilizadas, torna-se difícil, a nível da indústria, dissociar materiais, processos e produtos. Na maioria dos casos, as inovações não se limitam à introdução de um material de um novo tipo, mas incidem sobre diferentes combinações desses três elementos.

Daí a necessidade de tornar a maior variedade das exigências da demanda compatível com a variedade das soluções técnicas oferecidas pelos materiais, o que se traduz, a nível das empresas, numa complexidade crescente em termos da gestão dos processos

de produção.

Nesse contexto, o controle de qualidade transforma-se também num elemento essencial para a gestão do processo de produção e, por extensão, para a aplicação do material e a viabilidade do produto final. O aperfeiçoamento de equipamentos confiáveis de transformação e de controle de qualidade, por exemplo, é um elemento chave de difusão dos materiais compósitos.

Duas tendências merecem ser ressaltadas a nível dos efeitos da introdução dos materiais avançados nas estruturas industriais.

(i) A eliminação de uma separação setorial rígida entre produtores especializados em diversos tipos de material. É, por exemplo, o caso da concorrência entre os produtos siderúrgicos e plásticos, resultante de progressos técnicos que transformaram dois materiais inicialmente muito afastados em substitutos próximos.

A concorrência no interior da siderurgia agravou-se ainda mais com o surgimento de materiais compósitos fabricados no interior dos setores consumidores. As empresas siderúrgicas japonesas responderam a essa situação através da tomada de participações em unidades produtoras de compósitos, de cerâmicas ou de fibras óticas, iniciando um processo de mutação que as poderá transformar progressivamente em empresas produtoras de vários materiais.

Graças a esse movimento, e para poder atender em condições privilegiadas seus clientes principais, elas estão também modificando o tipo de concorrência existente na área, transformando a siderurgia num setor de múltiplos materiais.

(ii) Os efeitos sobre a organização dos processos de produção no interior das empresas e mesmo sobre as relações entre firmas, especialmente entre clientes e fornecedores, já que a escolha entre "fazer" e "mandar fazer" pode estar

na origem de novos tipos de associações industriais.

Por um lado, a necessária busca de economia de materiais, de mão-de-obra e de energia, associada às tentativas de encontrar uma solução ao problema de complexidade da produção, vêm provocando uma tendência a uma maior integração dos processos produtivos, no sentido da sua simplificação e da redução dos custos de montagem dos produtos finais. É o caso, por exemplo, da siderurgia, onde os esforços se orientam para a introdução de processos contínuos, permitindo a supressão da fase de laminação a quente. Essa transformação pressupõe que cada operação se realize no momento preciso, sem qualquer acidente técnico, nem prejuízo da qualidade final do produto.

Por outro lado, a integração pode consistir na redução a uma só operação de um processo produtivo que exigia, anteriormente, duas ou mais operações consecutivas. É o caso, por exemplo, da aplicação de grandes blocos extrudados de alumínio em carruagens de metrô e de trens. A desvantagem resultante da utilização de material com um custo de produção mais elevado é mais do que compensada pela eliminação de uma fase altamente intensiva em mão-de-obra, a montagem dos vários elementos de aço.

Esse movimento, que na prática se traduz por uma redução do número de fases de um processo, pela integração do número de peças e pela redução do tempo de produção, vem provocando também outras decisões estratégicas a nível do grau de integração dos grandes grupos produtores.

Uma de tais decisões está relacionada com a alternativa clássica entre uma maior integração vertical, permitindo a eventual obtenção de vantagens comparativas que poderão constituir propriedade exclusiva da empresa ou serem comercializadas com alta rentabilidade, ou, inversamente, uma maior desintegração, facultando o desenvolvimento de relações técnicas e comerciais

privilegiadas com clientes ou fornecedores.

Algumas empresas siderúrgicas européias estão agora evoluindo nesta última direção. Estão, por exemplo, transformando-se em fornecedoras de peças e componentes (não exclusivamente à base de aço) para a indústria automobilística, no intuito de reforçar sua ligação com os principais clientes.

Outra decisão estratégica passa pela diversificação ou integração horizontal, destinada a explorar ao máximo todas as oportunidades derivadas das chamadas economias de variedade, resultantes da aplicação das pesquisas desenvolvidas ou conhecimentos adquiridos numa atividade específica a outras áreas similares que possam beneficiar-se desses conhecimentos.

Como veremos mais adiante, esse é um dos elementos importantes da estratégia de atuação das empresas químicas na área dos novos materiais. Assinale-se que muitas vezes essa integração horizontal é motivada essencialmente pela perspectiva de aprendizagem de uma nova atividade, de aquisição de um novo *know how* ou de entendimento das principais necessidades e problemas de um grande consumidor de materiais.

3. AS ESTRATÉGIAS DE DIFUSÃO DOS NOVOS MATERIAIS

Nesse contexto, entende-se a importância das estratégias de difusão dos novos materiais. Como acontece com a maioria dos produtos manufaturados, a produção de materiais está sujeita à obtenção de economias de escala significativas, ligadas à dimensão dos investimentos necessários, aos ganhos de produtividade obtidos com a produção em massa e ao chamado efeito de aprendizagem.

Por conseguinte, para cada material existe provavelmente

uma curva de custo unitário médio rapidamente decrescente com o volume de produção, com uma forma semelhante à da Figura A, que pretende retratar esse tipo de evolução para as fibras de reforço utilizadas em materiais compósitos.

De acordo com a lógica de difusão apresentada na figura, largamente inspirada no modelo japonês, a difusão de um novo material se faria inicialmente em função das necessidades de indústrias que exigem materiais de altíssimo desempenho, como a aeronáutica e a produção de armamentos. Dado o fraco peso relativo do custo do material no preço do seu produto final, esses setores podem pagar sem maiores problemas não só os custos de desenvolvimento, como os preços elevados derivados de um início de produção em pequena escala.

A difusão do material continuaria, em seguida, mediante sua aplicação em mercados de bens de luxo (artigos de esporte) ou tecnicamente sofisticados, embora menos que os anteriores, como a aeronáutica civil, os quais se tornam acessíveis em função da redução de custos ligada ao aumento da escala de produção. Ela prosseguiria mediante uma penetração progressiva em aplicações de massa, beneficiando-se de custos decrescentes devido às economias de escala.

Ressalte-se a importância para os produtores japoneses, impossibilitados de desenvolverem aplicações militares, dos chamados mercados especiais de aplicações civis; e, simultaneamente, o interesse estratégico, para o Japão, da entrada em setores tecnicamente mais sofisticados, como o da aeronáutica civil e espacial.

Fica também clara, a partir da figura, a importância das aplicações em determinadas indústrias que constituem "elos de difusão" fundamentais para a penetração dos materiais em mercados mais vastos. A ausência de um destes elos pode parar esse processo e provocar a não difusão do material.

É o que ocorreu, por exemplo, com o titânio no fim dos anos

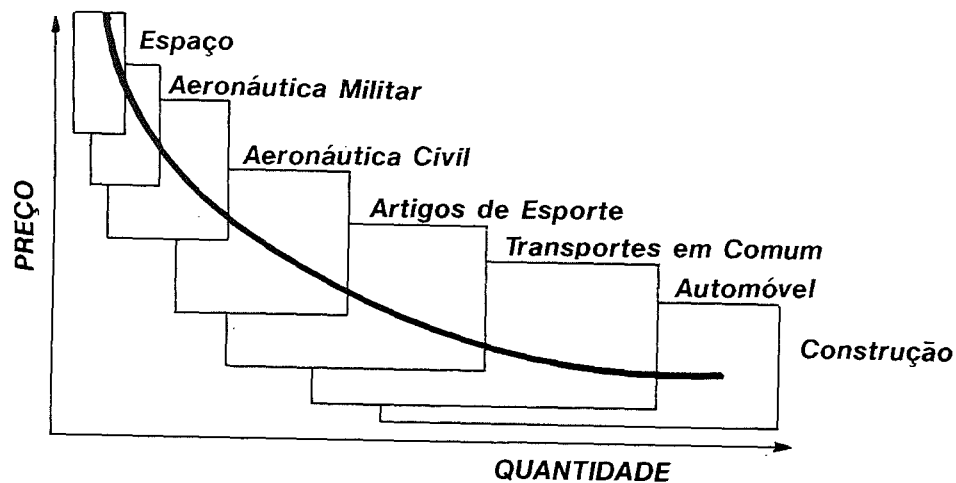


FIG. A - LÓGICA DE DIFUSÃO DE UM MATERIAL NOVO DE ECONOMIAS DE ESCALA.

60. Como o elo de difusão que a estrutura dos bombardeiros do tipo B-70 deveria representar não se materializou, a utilização principal desse material ficou essencialmente limitada aos motores de avião. Como resultado, o seu preço continuou bastante elevado, e as projeções de uma difusão rápida em outros setores não se materializaram.

Muitas usinas construídas em antecipação às novas aplicações foram, então, obrigadas a fechar, e o mercado do titânio só voltou a se aquecer cerca de quinze anos mais tarde, com a demanda da aeronáutica civil e de uma nova geração de aparelhos militares. Entretanto, a emergência de outros materiais de fabricação mais simples reduziu sensivelmente as perspectivas de utilização do titânio (inclusive na aeronáutica), em relação às projeções muito otimistas feitas inicialmente.

A ausência de mercados iniciais de altíssimo desempenho ou de elos de difusão em estágios específicos do processo anteriormente descrito pode ser compensada, a nível do produtor, por uma estratégia de antecipação das condições de produção futura e de fixação de um preço antecipatório.

Essa estratégia passa, na prática, por um aumento prematuro das capacidades e pela fixação de um preço que permita apenas cobrir os custos estimados de operação a plena capacidade, ou seja, após obtenção de todas as economias de escala. O aumento da produção e a baixa dos preços permitiram "queimar" algumas etapas de maior sofisticação e acelerar a penetração do material em suas "próximas" aplicações (ou seja, seu mercado seguinte, de acordo com a figura). Tal é, concretamente, o caso dos produtores japoneses de cerâmicas. O esquema apresentado merece, no entanto, alguns comentários.

(i) Sem pretender questionar a lógica de difusão linear dos materiais, que constitui até hoje um elemento fundamental da análise do desenvolvimento de seus mercados, cabe observar que

essa estratégia supõe uma capacidade de antecipar, com relativa precisão, a evolução dos custos em função do volume de produção, bem como o nível a partir do qual a redução dos custos acaba para dar lugar a uma relativa estabilização.

O exemplo das fibras de carbono mostra que pode haver superestima das economias de escala potenciais e que a estabilização de custos pode ocorrer a níveis incompatíveis com uma forte generalização das aplicações. Nesse caso, o aumento da produção correspondeu muito mais a uma dispersão das unidades industriais do que propriamente ao aumento da capacidade de cada uma delas.

(ii) Essa lógica supõe, ainda, que a fabricação do material em questão se beneficia efetivamente de economias de escala. No entanto, a especificidade das exigências dos diferentes mercados pode levar ao desenvolvimento de diversas variedades do material inicial, o que pode comprometer, pelo menos em parte, a obtenção de economias de escala.

No que diz respeito à integração dos elementos constitutivos de um material compósito, por exemplo, a obtenção de economias de escala é muito menos linear, em razão da dispersão dos utilizadores e do grande número de técnicas utilizadas. As economias obtidas, até o momento, quanto às fibras de reforço (muito mais importantes para o custo do material do que as resinas, que são produzidas em grandes quantidades, quer se destinem a ser reforçadas ou não) não têm sido suficientes para permitir sua difusão em aplicações de massa.

Por essa razão, os principais produtores parecem estar seguindo outra estratégia, que passa pela redução do ciclo de vida do produto correspondente à introdução de um número muito maior de variedades adaptadas às necessidades específicas de cada aplicação. Através desse tipo de diferenciação se espera obter economias na própria diversificação das aplicações do pro-

duto, as chamadas economias de variedade, resultantes da amortização dos pesados investimentos em pesquisa e desenvolvimento, em infra-estrutura e nos equipamentos necessários ao desenvolvimento de novos materiais sobre uma gama maior de produtos.

4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

O presente estudo consiste em uma primeira abordagem das estratégias de penetração dos grandes grupos produtores de materiais de base no domínio dos chamados "novos" materiais, no quadro da concorrência entre materiais. Para o efeito, são considerados "novos" materiais os plásticos técnicos, os materiais compósitos, as cerâmicas técnicas, os materiais para a eletrônica e supercondutores, os metais amorfos e as superligas.

Embora se procure apresentar, de forma sistemática, uma caracterização das empresas que integram o universo produtor dos materiais avançados, três grupos de produtores, aos quais passaremos a nos referir, foram objeto de um estudo especialmente aprofundado.

(i) **As grandes empresas metalúrgicas do mundo ocidental**, que ocupam o importante segmento do aço e dos metais não-ferrosos, bem como espaços de destaque no que diz respeito aos materiais funcionais para alguns setores específicos, como a eletrônica. Na América do Norte e na Europa, elas podem ser caracterizadas por sua estratégia defensiva face aos materiais concorrentes, enquanto no Japão os produtores de não-ferrosos adotaram estratégias mais agressivas, visando o desenvolvimento de novos usos para seus materiais de base.

(ii) **Os líderes mundiais da indústria química**, que estão preocupados em alargar o espaço conquistado pelos plásticos no universo dos materiais de estrutura, e já desenvolvem no-

vas aplicações (ópticas, condutoras...) no domínio dos materiais de função. Sua atuação no setor de materiais avançados enfatiza as estratégias globais e as complementaridades entre materiais, permitindo a obtenção de economias de variedade.

(iii) **As siderúrgicas japonesas**, que vêm utilizando todo o *know how* desenvolvido na cadeia de produção de aço como ponte para a diversificação, pela entrada nos novos materiais. A exemplo dos outros produtores japoneses de materiais, uma vez efetuada essa entrada, elas concentram seus esforços, na obtenção de economias de escala, na produção de materiais passíveis de serem utilizados em aplicações de grandes difusão.

Ressalte-se, portanto, que o estudo não procura dar conta dos mais recentes produtos desenvolvidos em cada segmento de atividade, nem tão pouco listar exaustivamente todas as áreas ou produtos em que as empresas estão envolvidas. Procura, simplesmente, dar uma interpretação das lógicas de atuação inerentes aos produtores de materiais tradicionais e proporcionar uma visão global de seus movimentos de entrada na área dos materiais avançados.

Esse movimento transformou, essencialmente, produtores exclusivos de *commodities* (químicas, siderúrgicas, não-ferrosos) em empresas diversificadas. Deve, portanto, ser visto no quadro da dinâmica de crescimento das empresas consideradas e de suas estratégias de diversificação para além de suas atividades de base. Por outro lado, deverão também ser analisados o padrão da concorrência existente em relação a cada um dos produtos em questão e as competências técnicas e comerciais desenvolvidas ou adquiridas pelas empresas em seu processo de diversificação.

Nesse contexto, a questão do estado de desenvolvimento das tecnologias ligadas à produção de cada um dos materiais parece ser de extrema importância. Três fatores merecem ser levados

em conta.²

(i) **O primeiro assenta nas características da tecnologia considerada.** É assim que a entrada na produção de muitos materiais é limitada pelo desenvolvimento de um *know how* protegido por anos de experiência e por formas jurídicas apropriadas. Em contrapartida, para os materiais em relação aos quais o *know how* de produção está incorporado aos equipamentos de fabricação, e é, portanto, apropriável de forma relativamente fácil, a entrada pode ser feita por simples integração vertical. Tal é o caso, por exemplo, da entrada da **Rhône-Poulenc** nas cerâmicas, através da compra da **Ceraver**, ou da **Ciba-Geigy** nos compósitos orgânicos, via a aquisição da **Brochier**.

(ii) **O segundo leva em consideração a estrutura financeira dos atores envolvidos.** Assim, por exemplo, a força econômica da siderurgia japonesa permitiu um posicionamento rápido na área de cerâmicas, atividade na qual as empresas dispunham apenas de um *know how* técnico incipiente. Em contrapartida, na Europa, a crise do setor impediu qualquer movimento desse tipo por parte das siderúrgicas européias, o espaço econômico relativo ao desenvolvimento da produção de cerâmicas técnicas tendo sido ocupado, sobretudo, pelas empresas químicas, com uma estrutura financeira muito mais forte.

(iii) **O terceiro fator diz respeito às formas de concorrência existentes para o controle e o desenvolvimento do *know how* ligado aos materiais avançados.** As condições dessa concorrência dependem da fase de desenvolvimento e da apropriabilidade do *know how* em questão.

Quando esse *know how* se encontra já desenvolvido, a penetração tende a fazer-se principalmente por seus detentores tradicionais, mesmo que estes sejam obrigados a evoluir para aten-

²Ver a este respeito Patrick Llerena, do BETA: "Matériaux et processus d'intégration inter-entreprises et intra-entreprises". Seminário do Projeto FAST "Os Novos Materiais", dezembro de 1985.

derem às exigências dos consumidores. As empresas do setor serão tanto mais favorecidas quanto mais as barreiras à entrada na área sejam importantes, resultado de economias de escala ou de uma longa curva de aprendizagem já percorrida.

É assim que os principais desenvolvimentos no campo dos novos materiais metálicos se têm inscrito na órbita de empresas siderúrgicas e metalúrgicas, com especial ênfase nas técnicas de processamento e de fabricação. No entanto, a maior apropriabilidade a nível do *know how* de transformação tem permitido, em alguns casos, uma maior dispersão das estruturas produtivas, especialmente nos Estados Unidos.

Igualmente os materiais plásticos vêm sendo tradicionalmente controlados pelas empresas químicas. Em razão da novidade de alguns dos processos de transformação desses materiais, é previsível a consolidação de uma maior integração a nível da transformação do que a observada nos materiais metálicos.

Entretanto, a proximidade relativa de algumas tecnologias referentes à transformação de materiais concorrentes dos plásticos e a pequena importância relativa das barreiras à entrada na produção de alguns plásticos especiais e técnicos, têm levado alguns grupos não-químicos a tentar entrar nesse segmento. É o caso, por exemplo, do posicionamento de alguns grupos metalúrgicos em produtos intermediários à base de materiais plásticos e da entrada na área de algumas siderúrgicas japonesas e alemãs através do controle das técnicas de injeção e moldagem.

Pelas razões apontadas, em nosso estudo sobre as estratégias de entrada dos produtores de materiais de base na área de novos materiais, nos interessaremos apenas de forma superficial pelos plásticos e novos materiais metálicos, uma vez que continuam sendo o domínio de atuação prioritário dos detentores tradicionais de seu *know how* de produção.

Por outro lado, quando o *know how* não está plenamente de-

envolvido, a questão da liderança do processo de entrada permanece aberta. É o caso dos compósitos e das cerâmicas, objetos de estudos de casos especiais dentro deste trabalho, tratados, respectivamente, na primeira e na segunda partes do primeiro capítulo, que inclui ainda um pequeno resumo do estado atual do desenvolvimento dos materiais supercondutores a altas temperaturas.

Ressalte-se a existência de tecnologias para as quais a evolução se encontra no desenvolvimento de duas ou mais outras já existentes. É o caso dos compósitos, área de convergência e de "criação" de materiais, tal como é apresentada na Figura B. As importantes transformações tecnológicas em curso e as altas taxas de crescimento do mercado esperadas no futuro estão atraindo várias empresas de diferentes setores para o desenvolvimento desse tipo de materiais.

Em princípio, parece que a indústria que inicia as pesquisas básicas e assegura o desenvolvimento do novo material tem uma maior capacidade para controlar o saber teórico subjacente à tecnologia em questão, e assim consolidar uma vantagem comparativa sobre outros postulantes. É o caso da indústria química em relação às cerâmicas, face às quais o interesse de alguns utilizadores, como os construtores de automóveis, parece estar diminuindo. No caso dos compósitos, o interesse de alguns construtores de aviões levou-os a uma posição de supremacia em segmentos específicos.

No que diz respeito ao papel desempenhado pela diversificação em direção aos materiais avançados no quadro da dinâmica de crescimento das firmas consideradas, ela deve ser vista no quadro geral de uma busca de alternativas à saturação de seus produtos de base tradicionais. A situação, amplamente analisada no segundo capítulo deste estudo, é diferente em relação aos três grupos de empresas estudadas.

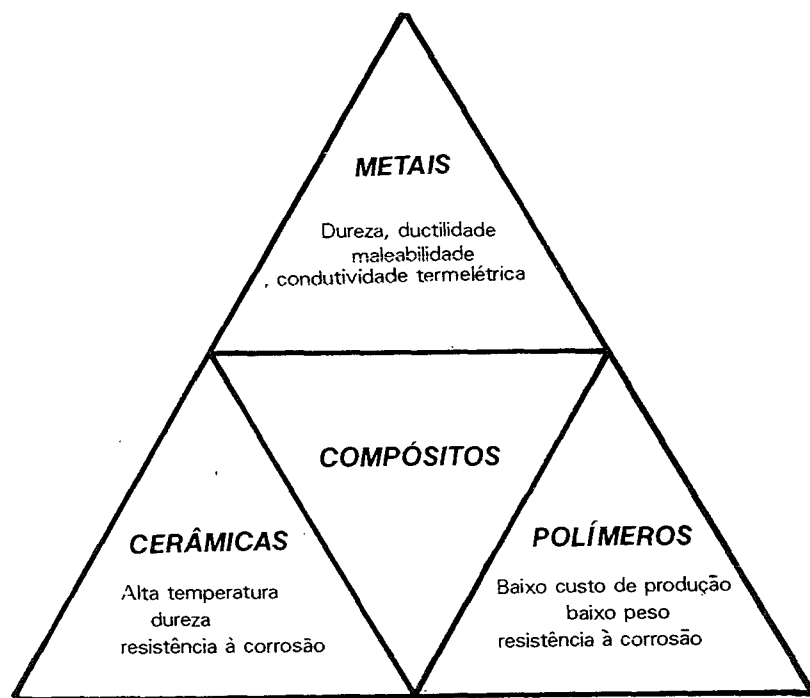


FIG. B - ABORDAGEM INTEGRADA DOS MATERIAIS AVANÇADOS.

(i) Para as grandes empresas metalúrgicas do mundo ocidental, tal diversificação traduziu-se, freqüentemente, num elemento importante de estabilização dos resultados financeiros. Entretanto, face à conjuntura extraordinária que atravessam as *commodities* metálicas a partir do segundo semestre de 1987, esse tipo de empresa preferiu, na maior parte das vezes, frear os desenvolvimentos efetuados na área dos novos materiais. Isto se explica pelo fato de o potencial de crescimento a curto prazo e a rentabilidade das atividades no novo domínio se apresentarem hoje bastante inferiores às possibilidades oferecidas pelos metais.

(ii) O mesmo se aplica, de uma forma geral, às siderúrgicas japonesas, para quem os novos aços técnicos aparecem hoje como um domínio bastante promissor. Integrados num ambiente econômico bastante dinâmico, este grupo de atores continua seguindo as principais evoluções do setor, essencialmente através de um esforço vigoroso a nível de pesquisa e desenvolvimento. Entretanto, e salvo no caso da eletrônica, as siderúrgicas japonesas têm limitado seu engajamento na área dos novos materiais.

(iii) Os líderes mundiais da indústria química são, por enquanto, os atores mais dinâmicos a nível de sua intervenção na área dos novos materiais. Não porque a questão da maior rentabilidade das *commodities* não se coloque atualmente na indústria química, mas basicamente porque a sua reconversão no sentido de uma forte especialização em produtos mais nobres com forte valor agregado está largamente consolidada.

Em razão da polivalência de suas tecnologias de base e da aquisição sistemática de novas áreas de competência, que podem ser aproveitadas no desenvolvimento de novos materiais avançados, os grandes grupos químicos parecem ter optado, irreversivelmente, por um estatuto de grandes fornecedores de diferentes tipos de materiais a seus clientes globais.

IDENTIFICAÇÃO DO UNIVERSO DOS PRODUTORES DE MATERIAIS AVANÇADOS, SUAS ESTRATÉGIAS E DOMÍNIOS DE INTERVENÇÃO

A identificação do universo de produtores de novos materiais e de seus domínios de intervenção deve ser feita no quadro das características singulares do aparelho industrial dos diferentes países produtores e consumidores e de seu diferente posicionamento em termos do desenvolvimento da competição entre materiais.

(i) Os EUA procuram avançar simultaneamente em todas as frentes de desenvolvimento dos materiais. A dominação desse país é entretanto mais visível nos segmentos onde a importância da pesquisa fundamental é crucial. Contudo, lá o debate sobre os materiais avançados permanece largamente dominado pelos problemas de segurança do suprimento e da substituição dos materiais críticos importados. Essa questão tem uma importância muito relativa, tanto no Japão como na Europa.

(ii) O Japão, não dispondo de massa crítica suficiente para se lançar em todos os domínios, decidiu concentrar-se em áreas específicas (cerâmicas avançadas, fibras de carbono, semicondutores...), procurando especializar-se em produtos mais abrigados da concorrência de outros materiais, particularmente dos plásticos. Dispondo de um forte apoio governamental, as atividades japonesas nessas áreas enquadram-se numa estratégia coerente com as escolhas industriais globais feitas pelo país e caracterizam-se por uma forte colaboração entre pesquisadores e industriais, e por uma vontade explícita de encontrar o mais rapidamente possível mercados de grande volume para os produtos

(iii) Na Europa, só há pouco tempo o campo dos novos materiais começou a ser analisado em sua especificidade. Por conseguinte, é difícil falar de estratégias nacionais, e muito menos européias, nessa área. Mais atrasada que os dois países anteriores, e em alguns casos dependente deles, essa região conseguiu, não obstante, desenvolver áreas de concorrência (e mesmo de excelência) em alguns materiais.

1. OS MATERIAIS COMPÓSITOS

1.1 Principais atores no segmento

Os compósitos são materiais de muitos componentes (normalmente constituídos por uma matriz e um reforço) destinados a alcançar um conjunto de propriedades mecânicas superiores às características individuais de cada um dos materiais formadores.

Estes materiais situam-se na interface de três tipos fundamentais de conhecimento científico e tecnológico. No que diz respeito, por exemplo, aos compósitos de matriz orgânica, as competências relativas aos materiais de base das matrizes têm sua origem na química, e as referentes aos reforços, na indústria têxtil. No entanto, a associação fibra-matriz não determina por si só as propriedades finais dos compósitos. Uma parte importante das características do produto final depende igualmente das tecnologias de transformação utilizadas.

A entrada na produção de compósitos está então em princípio aberta a diferentes tipos de empresas: químicas, petrolíferas, metalúrgicas, vidreiras, têxteis, transformadoras etc. A partir de seu *know how* de base, cada uma delas pode desenvolver diversas opções estratégicas: integração, diversificação, especialização...

É então difícil estabelecer de maneira precisa uma síntese das grandes estratégias adotadas nesse segmento.

Não obstante, uma classificação dos diferentes atores presentes na produção de compósitos pode ser feita, em função das características próprias de suas intervenções, decorrentes, como não poderia deixar de ser, de suas tecnologias específicas. Tal classificação inclui três categorias:

(i) os produtores de materiais de base (matrizes e reforços);

(ii) os consumidores, freqüentemente responsáveis pela concepção do material e pelo sistema onde este se integra; e

(iii) os transformadores e fabricantes de produtos intermediários, assim como os fornecedores de equipamentos.

O Quadro 1.1 apresenta um resumo, por tipo de material, dos principais produtores mundiais de fibras, ao passo que o Quadro 1.2 classifica os principais produtores de matrizes orgânicas do mercado europeu por origem da empresa e por tipo de matriz.

Finalmente, no Quadro 1.3 estão relacionados os principais grupos que atuam na área dos compósitos de alto desempenho, setor que apresenta vendas anuais de cerca de US\$ 400 milhões e está atualmente registrando taxas anuais de crescimento da ordem dos 25%.

a) Os produtores de materiais de base.

Três casos podem ser considerados: o dos grandes líderes, o dos produtores agressivos e o dos produtores especializados.

a.1) Os grandes líderes

As grandes empresas químicas ocupam na área um papel de grande destaque, com quatro líderes mundiais presentes em quase todos os segmentos da produção de compósitos: um norte-

americano, a **Du Pont** (EUA), e três europeus, **ICI** (Reino Unido), **BASF** (RFA) e **Ciba-Geigy** (Suíça).

Quadro 1.1

Principais produtores de fibras por materiais e por regiões			
	Carbono	Vidro	Aramida
Estados Unidos	Hercules Amoco	Owens-Corning	Du Pont
Japão	Toho Toray		Toray
Europa	Akzo Soficar Courtaulds	Vetrotex/ Saint-Gobain	Akzo

Quadro 1.2

Principais produtores de matrizes orgânicas presentes no mercado Europeu					
	E.U.A	R.F.A.	França	Grã-Bret.	Outros
Termor- rígidos	Dow	Schering	CdF	Shell	Ciba-Geigy (Suíça)
	Du Pont	Hoechst	SNPE	BP	
	Narmco	Bayer BASF	Rhône- Poulenc		
Termo- plásticos	Du Pont Amoco	Bayer BASF	Rh-Poul. Atochem	ICI	Akzo (Holanda)

Fonte: BIPE

Quadro 1.3

Principais produtoras e produtos na área dos compostos de alto desempenho				
Grupos	Fibras	Resinas	Pré-impregnados	Prod. Acab.
Du Pont	Carbono (piche) Aramida	Polimida Termoplásticas	Sim	Sim
ICI/ Fiberite		Termoplásticas/ Termoestáveis	Sim	
BASF	Carbono (PAN)*	Epoxídicas HP	NARMCO	QUANTUM
Philips Petroleum Ciba-Geigy Shell Dow Rhône-Poulenc	Termoplásticas Termorrígidas Alto desempenho Epoxídicas Polimida			Sim
Hercules	Carbono (PAN)	Epoxídicas de alto desempenho	Sim	Sim
AMOCO/ Union Carbide	Carbono (PAN)	Termoplásticas Termoestáveis		Sim
OCF/HITCO	Vidro S. Carbono (PAN)	US Polymeric**		
PPG	Vidro			
Akzo	Aramida Carbono (PAN)	Wilson Fiberfil**		
BP	Carbono (Hitco)* *	Fenólicas		
Bayer		Epoxídicas de alto desempenho Termoplásticas		
Hoechst		Epoxídicas de alto desempenho		
Courtaulds	Carbono			
EII/SNPE	Carbono (Soficar)**	Termorrígidas		
General Electric		Polieterimida Termoplásticas; Ligas		
Ashland	Carbono (piche)			
3M				Sim
Hexcel				Sim
Sumitomo	Carbono	Epoxídicas; Termoplásticas		
Asahi	Carbono	Epoxídicas; Termoplásticas		
Teljin	Aramida	Termoplásticas		
Toray	Carbono, Aramida	Termoplásticas	Sim	

Fonte: C. BAIHAS, A.M. SAJOI (eds.): "Matériaux Nouveaux aux Etats-Unis", CESIA-AIME, Paris, 1987; Furostat Daísa: "L'Industrie Mondiale des Matériaux Composites", Collection Analyses des Secteurs, Paris, 1988; Info Chimie n° 286, 1987

*PAN = poliácridonitrila. (N.T.)

**Hitco, Soficar, US Polymeric e Wilson Fiberfil são marcas comerciais. (N.T.)

O grupo de líderes deve sua posição dominante à realização intensiva de pesquisas tecnológicas que permitem desenvolver o seu *know how* de base (que normalmente diz respeito a matrizes à base de polímeros), e à compra seletiva de empresas para adquirir as tecnologias de que não dispunham previamente (por exemplo, as referentes à tecelagem de fibras não-orgânicas).

(i) Du Pont

A Du Pont é tradicionalmente um importante produtor de materiais de base - resinas e fibras - desenvolvidos a partir da química orgânica. A firma foi pioneira na produção de fibras sintéticas, e é atualmente a líder mundial com a mais vasta gama de produtos na área, ocupando posições de destaque nos mercados onde se faz presente.

A empresa está igualmente empenhada no desenvolvimento de novas fibras que podem entrar na composição de novos materiais compósitos. Nesse contexto, as fibras cerâmicas - especialmente a fibra FP, uma fibra cerâmica em alumina - estão sendo progressivamente incorporadas nas novas gerações de produtos. Por outro lado, no grupo de empresas compradas à Exxon estava incluída uma unidade de fabricação de fibras de carbono à base de piche. Embora pareça não se interessar especialmente por este tipo de material, a Du Pont está procurando novos usos para ele, como o reforço de cimento.

Apesar de ter investido bastante no desenvolvimento das fibras Kevlar e de alumina, a Du Pont está consciente de que elas apresentam limitações técnicas que dificilmente poderão ser contornadas através da pesquisa básica, o que as torna particularmente vulneráveis à concorrência de outros materiais, especialmente da fibra de polietileno de alto módulo.

Na área das resinas, a Du Pont dispõe de uma grande competência em produtos sofisticados, como as resinas de alta temperatura. O grupo está também presente em todos os

domínios de matrizes orgânicas, mas com especial ênfase no de termoplásticos, em relação aos quais a firma acredita que sua utilização nas matrizes está apenas começando.

A empresa conserva uma área de pesquisa em polímeros cristais líquidos isotrópicos/termotrópicos, enquanto a pesquisa em polímeros técnicos considerados cristalinos (poliamidas, poliacetais, poliésteres aromáticos, Hytel) vem aumentando nos últimos anos.

Entretanto, o esforço mais importante vem incidindo sobre os polímeros técnicos amorfos e, em particular, sobre as poliamidas amorfas ditas "bexloy" (Body-Exterior Alloy). As tentativas de aplicação desse material vêm se focalizando na indústria automobilística, onde a **Du Pont** espera que ele possa ser usado em pára-choques e em painéis de automóveis verticais e horizontais. A empresa planeja ainda produzir produtos intermediários pré-impregnados desse material sob a forma de fitas ou tiras. Entretanto, em 1986, o grupo anunciou o desenvolvimento do Arylon, uma resina poliarilática que absorve menos umidade que o "bexloy", com uma resistência térmica superior.

Para a indústria aeronáutica, a **Du Pont** desenvolveu o Avimid, um compósito orgânico de alto desempenho (poliamida termoplástica), que resiste a temperaturas de 329°C. O objetivo declarado do grupo é o de ocupar posição de destaque enquanto fornecedor de compósitos avançados para o novo avião supersônico ATF (Advanced Technology Fighter). Nesse contexto, os principais concorrentes do Avimid (que já foi selecionado pela Boeing Military) em termos comerciais são o PEEK,³ da **ICI**, o PPS,⁴ da **Philips Petroleum** e o PEI,⁵ da **General Electric**.

A política de pesquisa da **Du Pont**, essencialmente voltada para o futuro e guiada pelas necessidades de materiais dos gran-

³PEEK = poli - éter - éter - cetona (N. do T.)

⁴PPS = polissulfeto de fenileno (N. do T.)

⁵PEI = poli - éter - imidida (N. do T.)

des programas dos Estados Unidos, comporta um número de cientistas envolvidos em pesquisa básica sem equivalente noutras empresas. Entretanto, após ter privilegiado a pesquisa fundamental em detrimento do desenvolvimento de novos usos, a **Du Pont** está agora adotando uma política voluntarista de abordagem funcional, destinada a adaptar os produtos do grupo às necessidades de alguns mercados específicos (automobilístico, aeronáutico, eletrônico, biomédico).

Grupos autônomos com as funções integradas de pesquisa, *marketing* e aplicação foram constituídos em torno de centros técnicos para trabalhar em projetos específicos (produção de elementos para a aeronáutica, fabricação de tecidos, diversos sistemas de matrizes...). Essa transformação foi acompanhada de uma modificação da organização do grupo, com a constituição do Departamento de Fibras Têxteis e de uma Divisão de Compósitos Estruturais para o desenvolvimento tecnológico de novas fibras.

Atualmente a **Du Pont** examina sistematicamente todas as possibilidades de associação fibra-matriz e planeja estender suas atividades a produtos mais elaborados, para além dos simples materiais. Para o efeito, e para alargar suas competências no domínio dos materiais avançados, a firma não hesita em proceder a novas aquisições ou em adquirir novas tecnologias sob licença.

(ii) ICI

Graças à aquisição da **Beatrice Chemicals**, o gigante britânico da química é hoje o número dois mundial dos materiais compósitos e o primeiro nos **EUA**. A atuação do grupo no domínio dos compósitos é conduzida pela Divisão de Materiais Avançados.

O grupo é particularmente ativo na área das resinas termoplásticas. Atualmente seu produto principal é o PEEK, um termoplástico reforçado por fibras contínuas de carbono, que poderá vir a conhecer uma grande aplicação em estruturas de

aviões.

A subsidiária **Fiberite** é o principal fornecedor mundial da indústria aeronáutica (**Boeing, MacDonnel Douglas, Airbus, Saab-Fairchild, ATR...**) em materiais avançados. A empresa é um dos líderes mundiais em pré-impregnação, com unidades nos EUA, Inglaterra e Japão, a última em associação com a **Mitsubishi Chemicals**.

Uma outra subsidiária, a **LNP**, é especializada na linha de produtos Verton (granulados de fibras semilongas) e em matrizes diversas (policarbonato, poliacetal, copolímeros estirenos, polisulfeto de fenileno, politereftalato de butileno, poliamidas, poliuretanas, termoplásticos, poliésteres e elastômeros).

Mais recentemente, o grupo vem desenvolvendo pesquisas no domínio dos compósitos de matrizes metálicas, e em especial das fibras descontínuas alumina-silício para a indústria automobilística.

(iii) **BASF**

Esse importante grupo químico alemão anunciou também sua vontade de estar presente em todos os mercados existentes para os plásticos reforçados e os compósitos avançados, jogando na integração entre fibras de carbono, resinas termoplásticas, pré-impregnados e peças acabadas. O setor de materiais compósitos do grupo é composto por três divisões:

- a de resinas para compósitos, cujo eixo principal de atividades se situa nas resinas poliésteres tradicionais (utilizadas em barcos de recreio e em reservatórios) e nas aplicações para a indústria elétrica e eletrônica; no entanto, o peso dos produtos mais tradicionais está regredindo em favor de materiais de alta qualidade (como as resinas para os SMC⁶ e BMC,⁷ cu-

⁶- Sheet-Molding Compound (N.do T.)

⁷- Bulk-Molding Compound (N. do T.)

jas aplicações em carrocerias de automóvel parecem bastante promissoras;⁸

- a de materiais compósitos para o setor de transportes, divisão especializada, através da filial **Elastrogan**, em produtos intermediários e produtos acabados para a indústria automobilística. Seus produtos vão dos elementos mais tradicionais (elementos de suspensão, peças interiores...) aos produtos compósitos mais avançados, como os termoplásticos reforçados de fibra de vidro e os termoplásticos reforçados estampáveis (TRE);

- a de materiais estruturais, que, através da subsidiária **BASF Structural Materials**, reúne, a partir de 1986, as unidades compradas à **Celanese**, especializadas no atendimento à indústria aeroespacial.⁹ O grupo produz também fibras de carbono pelo processo desenvolvido pelo japonês **Toho Rayon**. A subsidiária **Narmco** fabrica nos EUA pré-impregnados a partir de fibras de carbono, enquanto outra filial, a **Quantum**, realiza a integração até os produtos acabados para a indústria aeroespacial.

(iv) **Ciba-Geigy**

Esse grupo químico suíço começou suas atividades na área de compósitos há mais de 20 anos, com a fabricação de tubos. Recentemente, aumentou consideravelmente suas atividades no segmento, tanto em termos da capacidade de transformação (em especial no caso de matrizes epoxídicas) como de controle de qualidade. O grupo controla atualmente cerca de 50 % do mercado europeu e 20% do mercado mundial de compósitos. Presente em todas as categorias de resinas polímeras e nas fibras (através da **Brochier**), ele parece ter voltado seu crescimento para os

⁸ As resinas BASF são tecnicamente as mais procuradas na Europa para aplicação nos SMC. O grupo é, por exemplo, o fornecedor exclusivo de resinas para o capô do Citroen BX, a maior peça SMC utilizada na Europa na construção em série.

⁹ A BASF havia anteriormente tentado comprar a Fiberite, primeiro fabricante de fibras dos EUA, mas perdeu essa oportunidade para a ICI.

setores automobilístico e aeroespacial. Suas operações estão integradas na Divisão Matérias Plásticas e Aditivos; e englobam quatro centros:

- o de **Brochier**, na França, produtor de tecidos especiais e pré-impregnados;

- o de **Bonded Structure**, no Reino-Unido, e o de **Composite Materials Department**, nos EUA, ambos trabalhando com adesivos em filme, pré-impregnados e estruturas-sanduíche;

- o de **ACC**, *joint-venture* com a **Asahi Chemical** do Japão, que fabrica pré-impregnados e painéis de estruturas-sanduíche.

A estratégia de crescimento do grupo baseia-se tanto no desenvolvimento interno, apoiado num importante esforço de pesquisa e desenvolvimento, como em diversas modalidades de crescimento externo: compra de outras sociedades (a **Brochier**, por exemplo, que permitiu a abertura do mercado aeronáutico, ou a **Heath Tecna**, especializada em peças para motores de aviões), *joint-ventures* (como a com a **Asahi**), ou ainda obtenção de licenças para a exploração de novos processos.

a.2) Os produtores agressivos

Paralelamente, um número reduzido de empresas optou claramente por uma estratégia ambiciosa no âmbito dos materiais compósitos, a qual poderá permitir que algumas delas exerçam com o tempo uma maior concorrência aos líderes. Passamos a tratar das principais.

(i) Hercules

Esta empresa norte-americana tornou-se, a partir de 1983, o maior produtor de polipropileno do mundo, por intermédio da subsidiária **Himont**, uma associação a 50% com a italiana **Montedison**. Além disso, ela é também o maior produtor norte-americano de fibras de carbono (à base de poliacrilonitrila), espe-

cialmente para as indústrias de pneus e aeroespacial.¹⁰ Desenvolve também atividades no domínio da fabricação de peças estruturais e no enrolamento de filamentos. Enfim, produz resinas epoxídicas de alto desempenho, bem como químicos especiais para a indústria eletrônica.

(ii) Allied Chemical

No domínio dos compósitos de matrizes orgânicas, essa empresa norte-americana segue por enquanto uma orientação de pesquisa clássica, próxima do produto, comportando um risco reduzido e incidindo sobre mercados relativamente banalizados. Em contrapartida, a empresa espera bastante de sua nova fibra de polietileno Spectra 900, concorrente direta da fibra de aramida Kevlar da **Du Pont**. A fibra é vendida sob licença no mercado europeu pela firma holandesa **DSM-Deutsch States Mines**.¹¹ A divisão de polímeros técnicos da empresa - a **Plastics and Performance Materials** - comprou recentemente a **KDI Composites Technology**, produtora de peças em materiais compósitos para a aeronáutica. A firma conta ainda com uma atividade de vidros metálicos muito dinâmica.

(iii) PPG-Plate Glass Corporation

Segundo maior produtor mundial de vidro plano e primeiro produtor de revestimentos para automóvel, esta firma norte-americana especializou-se nas fibras de vidro e em suas aplicações. O seu principal produto neste domínio - o **Azdel** - é um compósito de matriz termoplástica de grande difusão junto à indústria automobilística. Após a saída do mercado

¹⁰Uma nova unidade de produção foi inaugurada em 1987 em Utah, Estados Unidos, para suprir as necessidades dos fabricantes norte-americanos de pneus. Além disso, em 1988 a empresa abriu na Espanha uma usina de impregnação de fibras de carbono para atender a indústria aeronáutica européia.

¹¹A **Allied Chemical** foi a primeira empresa a comercializar as fibras de polietileno de alto módulo. Outras companhias americanas, como a **Celanese** e a **American Cyanamid** estão também interessadas por esse tipo de fibra, destinada a aplicações na indústria armamentista e na produção de artigos de esporte.

da placa de matriz poliamida STX da **Allied Chemical**, o produto encontra-se em posição de quase monopólio no mercado norte-americano de estampagem (por meio de placas termoplásticas reforçadas estampáveis). Em 1986, a **PPG** e a **General Electric Plastics** criaram uma associação na Europa para a produção de Azdel e de outros produtos termoplásticos reforçados estampáveis.¹²

(iv) OCF-Owens Corning Fiberglass

Esta firma norte-americana é o maior produtor mundial de fibras de vidro. Em 1985, a empresa adquiriu da siderúrgica norte-americana **ARMCO** a divisão "Aeroespacial e Materiais Estratégicos" e a subsidiária **Hitco**, posteriormente revendida à **BP**. Para conservar sua parcela de mercado, a empresa vem seguindo atentamente as novas utilizações do produto, especialmente nos plásticos reforçados para a indústria automobilística. A aplicação mais promissora está no entanto ligada à difusão de compósitos híbridos, matrizes reforçadas com uma mistura de fibras de vidro e outras fibras.¹³ A subsidiária **E.O.C.F. European Owens Corning Fiberglass** é o principal produtor europeu de fibras de reforço. Ela comprou recentemente duas subsidiárias da **Pilkington** que operavam nessa área.

(v) Akzo

Esse grupo químico holandês, fortemente implantado na Alemanha Ocidental através da subsidiária **Enka**, desenvolve uma estratégia agressiva na área de materiais compósitos a partir da competência adquirida com as fibras de aramida, setor onde a empresa tenta atacar o quase monopólio da **Du Pont**. Assim,

¹²A PPG reforçou recentemente sua implantação na Europa, graças à aquisição da empresa britânica T & P Plastics do produtor de vidros T-Glass Fibers. A firma pretende ainda instalar em breve uma usina na Europa para a produção de fibras de reforço e fibras têxteis.

¹³Com efeito, combinando o vidro com carbono ou aramida, tem-se conseguido baixar consideravelmente o custo de produção de compósitos de alto desempenho sem prejudicar significativamente as suas qualidades.

a empresa comprou nos EUA a sociedade **Fortafil**, produtor de fibras de carbono e de fibras industriais de alta qualidade, e a **Wilson Fiberfil**, especializada em pré-impregnados.

(vi) Courtaulds

Esse gigante britânico do têxtil intervém no domínio dos materiais compósitos através da subsidiária **Hysol Graphil**, quarto produtor mundial de fibras de carbono, e de uma série de aquisições recentes. Merecem destaque a **Fothergill & Harvey**, especializada nos produtos de isolamento elétrica e na tecelagem de fibras de vidro carbono Kevlar para a produção de compósitos, bem como a **Heltra**, especializada nos fios de alta qualidade. Esta subsidiária introduziu um novo pré-impregnado de carbono PEEK,¹⁴ uma mistura de fibras de carbono e de termoplástico.

(vii) BP

Um dos maiores produtores mundiais de resinas à base de fenol, esta empresa consolidou sua presença na área graças a uma série importante de aquisições, onde se destacam a **Bristol Composites Materials**, a **Hitco**, antiga subsidiária da **OCF**, produtora de compósitos para as indústrias aeronáutica, automobilística e naval, e a **Melco**, antiga divisão de compósitos da **Matra**.

Merecem menção ainda as empresas **Toray**, **Sumimoto** e **Asahi**, importantes produtores de compósitos no Japão.

a.3) Os produtores especializados

Enfim, certos grupos detêm uma parte de mercado importante num segmento específico da produção de compósitos. É o caso das empresas **Bayer** e **Hoechst**, na RFA; **Rhône-Poulenc**, **Saint-Gobain**, **CdF Chimie**, **Pechiney** e **Lafarge** na França; **DSM**, **Shell** e **GE Plastics**, na Holanda; **Alcan**, **Alcoa**, **Ashland**, **Babcock & Willcox**, **Monsants**, **3M** e **Hexcel**, na

¹⁴- PEEK = poli - éter - éter - cetona. (V. N. do T.¹)

América do Norte; e da maior parte dos outros grupos japoneses presentes na produção de compósitos.

b) Os consumidores

Neste grupo consideram-se os grandes gestores de sistemas de produção, cuja forte progressão da utilização de materiais compósitos os levou ao desenvolvimento de novas tecnologias e eventualmente a uma integração "para trás". Quatro setores são responsáveis pela aplicação da maior parte dos materiais compósitos: aeronáutico e aeroespacial, automobilístico, de construção civil e eletrônico. Entretanto, as indústrias automobilísticas (por causa da grande série) e aeronáutica (graças ao alto desempenho) têm hoje um papel catalisador no desenvolvimento de soluções industriais novas, ligadas à introdução de novos materiais.

Como exemplo de empresas que pertencem a este grupo de atores cabe destacar as seguintes:

- **Boeing:** a utilização de materiais compósitos em aviões continua limitada às estruturas secundárias (*ailerons*, leme, portas do trem de aterrissagem etc.); não obstante, o 767 comporta já 1.400 kg de compósitos, na sua maioria vidro-epoxy); outros compósitos utilizados são o grafite híbrido e o Kevlar;

- **Mac Donnel Douglas:** através da subsidiária **Mac Donnel Aircraft**, essa empresa possui uma usina ultra-moderna para a produção de materiais compósitos de ponta para a indústria aeronáutica;

- **Lockheed:** esta empresa desenvolveu um método de controle não destrutivo de materiais compósitos, utilizados intensivamente na fabricação de aviões, bem como compósitos metal-cerâmica (alumínio reforçado com carbureto de silício);

- **General Motors:** este construtor norte-americano desenvolve extensas pesquisas sobre a aplicação de compósitos no

automóvel, largamente testadas nos modelos Pontiac Fiero e Chevrolet Corvette;

- **Ford:** desenvolve também pesquisas, principalmente sobre as técnicas de transformação (especialmente as colagens de compósitos e de metais e compósitos), amplamente testadas em modelos como o Escort;

- **Goodyear:** o maior fabricante do mundo de pneus interessa-se pelos compósitos carbono-carbono, para freios de aviões, e pelos compósitos à base de cerâmica;

- **Aerospatiale:** os materiais compósitos representam de 15 a 25% das atividades industriais dessa empresa, que é líder europeu da tecelagem **3 D** e o líder mundial dos diferentes processos automatizados de tecelagem;

- **Renault:** numerosos elementos compósitos integram o modelo Espace (desenvolvido com a Matra) dessa empresa, que também produz lâminas de suspensão em materiais compósitos;

- **Nissan:** esse construtor japonês trabalha especialmente sobre compósitos de matriz metálica (alumínio/alumínio).

c) Os fabricantes de produtos intermediários e fornecedores de equipamentos

Os mais importantes fabricantes de produtos intermediários e transformadores destes em materiais compósitos são controlados pelos grandes grupos produtores. É o caso, por exemplo, da **Brochier**, controlada pela **Ciba-Geigy**, da **Stevens-Genin** integrada **Hexcel**, ou na **Fothergill & Harvey**, pertencente à **Courtaulds**. No entanto, várias dezenas de milhares de empresas de pequeno e médio porte ocupam nichos de mercado específico nesse setor de atividades.

Os fornecedores de equipamentos desempenham um papel essencial no desenvolvimento de novos materiais compósitos, na

medida em que o aperfeiçoamento de equipamentos de transformação e de controle de qualidade confiáveis é um elemento-chave da difusão dos compósitos. A maioria dos entraves atualmente verificados a uma maior difusão dos materiais compósitos se deve a problemas ao nível de automatização (especialmente no setor automobilístico), do controle de qualidade durante a elaboração, da utilização do material e de métodos de transformação (corte, colagem...). Tais problemas deverão provavelmente ser resolvidos pelos fabricantes de equipamentos.

1.2 As fibras de vidro

A fibra de vidro representa atualmente mais de 50% do mercado de fibras para compósitos de matriz orgânica.

O Quadro 1.4 resume a estrutura da oferta mundial de fibras de vidro por região em 1986. Os Estados Unidos ocupam uma posição de destaque, com quase metade da produção mundial, suplantando de longe a Europa e o Japão. Entretanto, a partir do final de 1987, uma má avaliação das tendências de evolução da demanda vem provocando a escassez do produto e o racionamento da oferta norte-americana.

No que diz respeito à demanda, os produtos esportivos continuam sendo os principais consumidores das fibras de vidro correntes. Em 1985, o consumo de fibras de vidro do tipo E na Europa foi estimado em 17.700 toneladas. No mesmo ano, o consumo de fibras de alto desempenho não teria ultrapassado as 300 toneladas.¹⁵

¹⁵Cf. *Composites* n° 3, maio/junho de 1987.

Quadro 1.4

Produção mundial de fibras de vidro em 1986 (milhares de toneladas)	
Estados Unidos	853
Europa Ocidental	375
Japão	314
URSS	110
China	60
Outros países da América	60
Europa do Leste	50
Austrália, Índia, África do Sul	31
TOTAL	1.853

A fibra de vidro vem sofrendo a concorrência da fibra de carbono num certo número de aplicações. No entanto, contrariamente ao desta última, o mercado de fibra de vidro está atualmente deficitário, em razão de uma forte demanda por parte dos transformadores e fabricantes de compósitos vidro-poliéster.

Não obstante a atual tensão existente no mercado, os produtores de vidro mostraram-se prudentes. As perspectivas de crescimento futuro são modestas, e a indústria apresenta tradicionalmente fases de importantes capacidades excedentárias. Os desenvolvimentos mais importantes estão previstos na Ásia do Sudeste, onde a Coreia, a China e Taiwan começaram a desenvolver suas próprias indústrias de fibra de vidro.

O líder mundial do produto é incontestavelmente a **Owens-Corning**. A **PPG - Plate Glass Corp.** é outra empresa norte-americana importante no setor. Na Europa, a **Saint-Gobain** (França) e a **Pilkington** (Grã-Bretanha) são os principais produtores, posição que a **Asahi** ocupa no Japão.

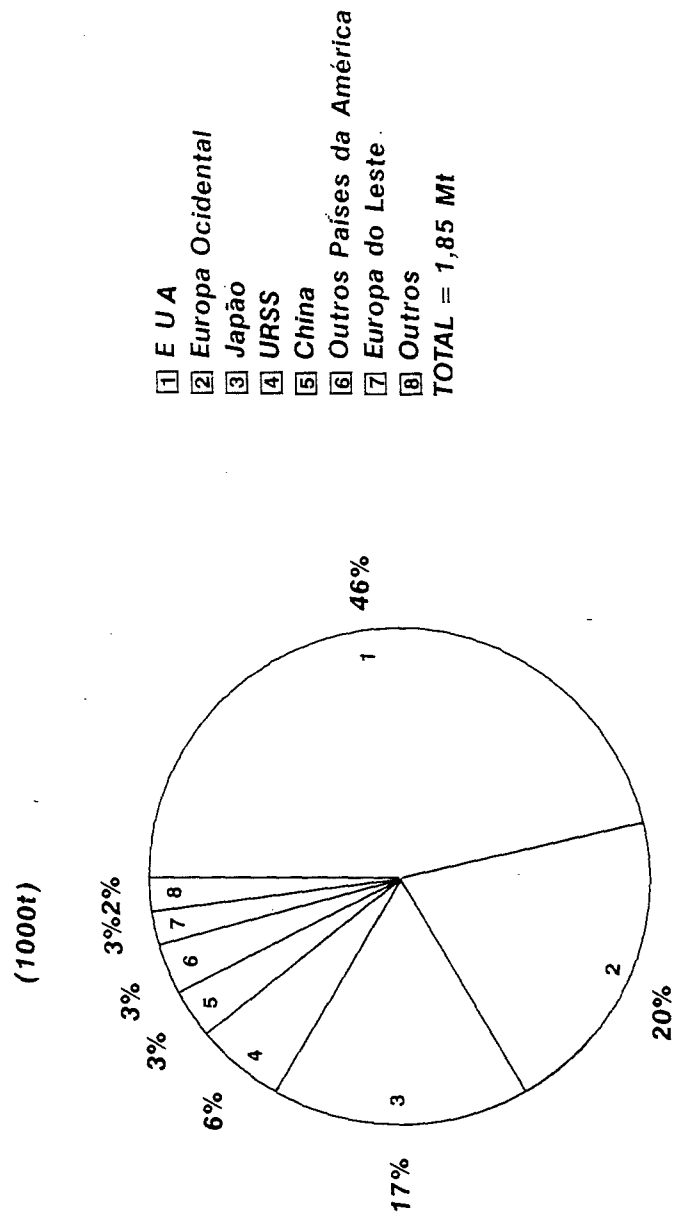


FIG. 1.1 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE FIBRAS DE VIDRO EM 1986

1.3 As fibras de carbono

O desenvolvimento das fibras de carbono ocorreu na Grã-Bretanha no final dos anos 60. Estimuladas pelo governo britânico, firmas como a **Rolls Royce** e a **Courtaulds**, na Inglaterra, testaram as primeiras aplicações deste produto na aeronáutica; o mesmo fez a **Hercules** nos EUA.

Entretanto, a nível mundial, o *know how* estratégico da produção de fibras de carbono está essencialmente sob controle de firmas japonesas, sendo que duas entre elas, a **Toray** e **Toho**, são líderes absolutas nesse segmento. Esse fenômeno deve-se ao fato de que as primeiras aplicações de massa do produto tiveram lugar no Japão (principalmente em material de esporte), e ao de que, apoiadas nessa experiência, as empresas japonesas puderam assumir a liderança nos processos de tecelagem e de controle de qualidade.

O Quadro 1.5 apresenta os principais produtores japoneses e revela a intensa concorrência entre, por um lado, as firmas têxteis, que dispõem de capacidades de produção mais elevadas e na maioria produzem fibras de carbono à base de PAN (poliacrilonitrila) e, por outro, outras empresas, especialmente as químicas e petrolíferas, que produzem normalmente fibras de carbono à base de piche.

Os dois líderes japoneses, **Toray** e **Toho**, desenvolveram uma estratégia de expansão em escala mundial. A **Toray** está presente na Europa por intermédio da **Soficar** (em associação com a **Elf**), e nos Estados Unidos através da **Amoco**, que se transformou recentemente num dos principais produtores norte-americanos, após a compra das atividades da **Union Carbide** nesse segmento. A **Toho** está presente na Europa através da **Akzo**, e nos Estados Unidos por intermédio da **Celion Carbon Fibers**, subsidiária da **BASF**.

Quadro 1.5

Produtores de fibras de carbono no Japão				
Origem	Sociedade	Matéria	Produção	Capacidade lt/ano
Têxtil	Toray	PAN*	Em produção	1.400
	Toho Rayon	PAN	Em produção	1.250
	Mitsubishi Rayon	PAN	Em produção	120
	Toyobo	PAN	Em projeto	
	Nillo Boseki	PICHE	Em projeto	
	Tejin	PICHE	Em projeto	
Química	Asahi-Nippon C.F.	PAN	Em produção	300
	Mitsubishi Chem.	PICHE	Em produção	120
	Kureha Chemical	PICHE	Em produção	400
	Sumitomo Chem.	PICHE	Em produção	...
	DNI-Osaka Gas	PICHE	Em produção	10
	Nippon Carbon	PICHE	Em produção	12
	Showa Denko	PICHE	Em projeto	...
	Petróleo	Fuji Oil	PICHE	Em produção
Nippon Oil		PICHE	Em produção	12
Toa Combustible		PICHE	Em produção	12
Idemitsu Kosan		PICHE	Em projeto	1
Kashima Oil		PICHE	Em projeto	1
Mitsubishi Oil		PICHE	Em projeto	1
Maruzen Petrol.		PICHE	Em projeto	...
Metalurgia		Nippon Steel	PICHE	Em produção
	Nippon Kokkan	PICHE	Em projeto	...
	Kawasaki Steel	PICHE	Em produção	10
	Sumitomo Metal	PICHE	Em projeto	...
	Mecânica	Nikkiso	PAN	Em produção

Fonte: "Composites et Nouveaux Matériaux, setembro de 1986, JETRO.

* PAN = poliacrilonitrila (N.T.)

Não obstante, os Estados Unidos são atualmente o primeiro país do mundo no que se refere ao desenvolvimento e à utilização

de fibras de carbono de alto desempenho técnico. A **Hercules**, **Amoco**, ¹⁶ **Hitco/OCF**, **BASF**, **Great Lakes** e **Hysol** são os principais produtores de fibras à base de poliacrilonitrila e a **Amoco**, **Ashland** e **Du Pont** das fibras à base de piche.

As principais aplicações do primeiro tipo de fibras se destinam à indústria aeronáutica e aeroespacial. Segundo a **Hercules**, as aplicações para fibras de alto módulo são agora reservadas às fibras à base de piches, fabricadas a partir dos resíduos do refino de petróleo ou carvão. Existem duas variedades desse tipo de fibra: as de alto desempenho (produzidas pela **Amoco**, que entretanto parece querer retirar-se do mercado, dadas as suas reduzidas dimensões) e as de menor desempenho (**Du Pont-Ashland**), cujas aplicações potenciais se situam nas indústrias mecânica (freios), elétrica e de construção (concreto estrutural).

Na Europa, os principais produtores são a **Akzo**, a **Courtaulds**, a **Soficar/Elf** e a **BASF** (esta última após a compra da divisão de compósitos da **Celanese** nos Estados Unidos). O Quadro 1.6 mostra que a maior parte das empresas dos Estados Unidos, assim como as da Europa, depende da tecnologia japonesa no que diz respeito à obtenção do precursor.

O Quadro 1.7 apresenta as capacidades e a produção por região em 1986. Embora o Japão disponha da maior capacidade de produção mundial, em 1986 sua produção foi inferior à dos Estados Unidos. Conjuntamente com a Europa, esses dois países controlam a capacidade de produção de fibras de carbono.

¹⁶Ex-Union Carbide.

Quadro 1.6

Principais produtores mundiais de fibras de carbono em 1986 (t)		
	Capacidade	Tecnologia
Toho (Japão)	1.400	Toho
Hercules (EUA)	1.250	Hercules
Toray (Japão)	1.250	Toray
Akzo/Enka (RFA)	400	Toho
Courtaulds (Grã-Bretanha)	350	Courtaulds
Amoco (EUA)	300	Toray
Soficar (França)	300	Toray

Fonte: Info Chimie

Quadro 1.7

Capacidade e produção de fibras de carbono por região em 1986			
(t)	Produção	Capacidade	Nº de firma
Japão	700	3.300	5
Estados Unidos	1.100	3.100	8
Europa	500	1.100	6
Resto do Mundo	600	n.d.	n.d.

Fonte: Composites n.º 4. julho/agosto. Financial Times 25/04/89.

Os siderurgistas japoneses começaram também a investir em fibras de carbono. É o caso da **Nippon Steel**, da **Kawasaki Steel**, da **Kobe Steel** e da **Nippon Kokan**, bem como da siderúrgica sul-coreana **Korean Steel**. O interesse deste grupo de atores se integra em sua estratégia de diversificação e se explica, pelo menos em parte, por uma certa proximidade tecnológica, a nível do tratamento térmico. O objetivo principal é o de abastecer o mercado interno do esporte e diversão que se encontra em plena expansão.

O mercado mundial de fibra de carbono foi estimado em 4.300 toneladas em 1987, o equivalente a uma taxa de crescimento anual médio de cerca de 35% desde 1980, mas com um desaceleramento pronunciado no decorrer dos últimos anos. O Quadro 1.8 apresenta o consumo observado de 1986 a 1988, as previsões por região efetuadas pela **Toray** até 1995, bem como as estimativas mais conservadoras da **Toho-Enka-Cellion Carbon Fibers** que prevê um crescimento de 12% ao ano até 1990.

Quadro 1.8

Demanda mundial de fibras de carbono PAN por região						
	1986	1987	1988e	1989e	1990e	1995e
EUA	1.920	2.270	2.640	3.000	3.500	5.500
Europa Oc.	630	780	900	1.050	1.200	2.800
Japão	620	850	880	770	880	1.200
Outros	500	790	910	800	920	1.200
TOTAL 1	3.670	4.690	5.330	5.620	6.500	10.700
Fonte: Toray Industrie						
TOTAL 2		4.300	4.650	5.300	6.000	
Fonte: Toho-Enka-Cellion Carbon Fibers						

Em resultado da redução das taxas de crescimento da demanda, a indústria atravessou uma fase de forte capacidade excedente, em particular na Europa.¹⁷ O excesso de capacidade de produção pode em parte ser explicado pela má antecipação do aumento das necessidades da indústria aeronáutica - responsável por quase 50% do consumo mundial do produto, dos quais 3/4 nos EUA - e por uma saturação relativa a nível dos artigos de esporte, segundo setor de consumo, com 25% da demanda, 3/4 da qual no Japão e outros países do Sudeste Asiático.

¹⁷O produtor francês Soficar, por exemplo, registrou um prejuízo de 500 milhões de francos em 1987 (cerca de US\$ 90 milhões). Este foi sem dúvida um dos motivos da saída dessa *joint venture* do grupo Pechiney.

Entretanto, a expectativa de uma generalização da utilização de fibras de carbono nas estruturas primárias dos aviões está provocando uma forte concorrência entre os diferentes produtores, especialmente no Japão, onde se observam movimentos agressivos por parte de empresas como a **Mitsubishi Rayon** e a **Asahi**, que pretendem tomar posições para o fornecimento de asas ao novo avião FSX, desenvolvido conjuntamente pelo Japão e pelos EUA. O mesmo se observa em relação a um eventual aumento de utilização das fibras de carbono à base de piche na indústria automobilística japonesa.

Em resultado, os produtores estão investindo pesadamente em novas capacidades, que deverão atingir em 1990 mais de 5.000 t/ano. Entretanto, o Pentágono já revelou sua inquietação quanto à supremacia japonesa nessa área, indicando que os Estados Unidos deveriam estar em medida de produzir dois terços de seus requerimentos de precursores acrílicos em 1990. Isto explica a recente movimentação agressiva de produtores como a **BASF** e a **Hercules**.

1.4 As fibras de aramida

As fibras de aramida são cinco vezes mais resistentes do que o aço, mais leves e flexíveis do que ele, bem como à prova de fogo. Seus principais produtores - a **Du Pont**, dos Estados Unidos, e a **Akzo**, da Holanda - acreditam que a versatilidade dessa fibra e seu preço razoável poderão provocar nos anos 90 uma revolução tão grande na indústria química quanto a do náilon nos anos 50. No entanto, até maio de 1988, as perspectivas de mercado para este tipo de fibras estiveram ameaçadas por um longo processo legal entre seus dois principais produtores.

Com efeito, até o início dos anos 80, o Kevlar da **Du Pont** era a única fibra disponível no mercado. O monopólio desse gigante

químico foi primeiro atacado pela **Akzo**. Mais recentemente, a entrada de novos produtores japoneses está também fazendo evoluir a estrutura da indústria.

A **Du Pont** começou suas pesquisas sobre fibras de aramida em 1964, seguida três anos depois pela **Akzo**. A **Monsanto** dos Estados Unidos e os três gigantes da química alemã (**Bayer**, **BASF** e **Hoechst**) abandonaram as pesquisas que haviam iniciado na área deixando apenas a União Soviética e a **Teijin** do Japão como eventuais concorrentes.

Em 1972, a **Du Pont** começou a produção piloto da fibra. Em 1984, a empresa triplicou sua capacidade de produção nos EUA, passando de 7.000 a 21.000 toneladas por ano. Alguns analistas estimam que o produto representa o maior investimento individual jamais realizado por essa empresa, totalizando quase US\$ 1 bilhão no decorrer dos últimos vinte anos. Uma preocupação excessiva com os problemas ligados à pesquisa básica, em detrimento do desenvolvimento e das aplicações comerciais, levou a uma difusão da fibra bem aquém do esperado pela empresa.¹⁸ Em resultado, a produção de Kevlar pela **Du Pont**, apesar de crescente, só apresentou os primeiros resultados positivos em 1985.

Tendo que enfrentar problemas de organização, decorrentes de sua fusão com a empresa alemã **Enka**, em 1969, e de uma profunda reestruturação de suas atividades de produção de fibras, a **Akzo** pegou um atraso de mais de uma década em relação à sua rival. Estima-se que ela tenha investido 1 bilhão de florins (cerca de US\$ 500 milhões) nos últimos vinte anos desenvolvendo a sua fibra de aramida, cuja produção em estágio comercial começou apenas em 1986, em associação com um fundo de investimento

¹⁸Em relação à concorrência japonesa, extremamente rápida no que respeita à fase de desenvolvimento, a importância concedida pela **Du Pont** à pesquisa básica aparece como uma desvantagem. Assim, a **Teijin** começou já a produzir uma fibra do mesmo tipo, enquanto a **Sumimoto**, embora sem levar seus desenvolvimentos à fase industrial, conseguiu desenvolver uma capacitação importante na área.

controlado pelo governo holandês. Entre 1980 e 1987, este último e um conjunto de bancos comerciais contribuíram com montante adicional de 540 milhões de florins. A **Akzo** espera poder equilibrar o fluxo de caixa dessa operação em 1990.

Após o acordo amigável que pôs fim à guerra de patentes em maio de 1988, os dois produtores estão agora competindo num mercado mundial que poderá aumentar dos atuais US\$ 500 milhões para US\$ 725 milhões em 1991. A **Du Pont** reivindica atualmente uma parte de mercado de 80%, contra os 15% da **Akzo**.

A produção mundial de fibras de aramida é atualmente da ordem das 16.000 a 17.000t/ano, das quais a **Du Pont** é responsável por cerca de 13.500t e a **Akzo** por cerca de 2.500t. Nos termos do acordo secreto entre os dois produtores, a **Du Pont** conservará o monopólio virtual no mercado dos EUA até 1990. Entretanto, a **Akzo**, o maior produtor mundial de fibras industriais, pretende aumentar a sua parte de mercado graças a um esforço comercial inovador e aos laços estreitos desenvolvidos com seus clientes tradicionais. A empresa planeja dobrar sua capacidade de 5.000t entre 1991 e 1995. O objetivo anunciado é o de atingir 40% do mercado mundial.

Os Estados Unidos representam dois terços do mercado mundial; a taxa anual de crescimento naquele mercado é de 10%. Na Europa, região responsável por cerca de um quarto do consumo mundial, a **Akzo** reivindica cerca de 50% do mercado, e pretende manter esta posição, apesar da construção recente de uma nova usina da **Du Pont**, em Londonderry, Irlanda do Norte, com uma capacidade de 7.000t/ano.

A região que apresenta o crescimento de mercado mais forte é o Sudeste Asiático, onde tanto a **Du Pont** como a **Akzo** já estão presentes. Com efeito, em 1988, a **Du Pont** anunciou um investimento de US\$ 75 milhões para a construção de uma

usina com uma capacidade final de 5.000t/ano, para a produção de Kevlar no Japão, no quadro de sua associação com a **Toray** para promover o consumo dessa fibra.

Paralelamente, a **Akzo** associou-se a 50% com a **Sumitomo Chemical** na **Nippon Aramid Yugen Kaisha**, subsidiária destinada à comercialização e eventual venda de fibras aramidadas vendidas sob o nome **Twaron**. O Japão representa apenas cerca de 5% da demanda mundial, mas o mercado está crescendo a uma taxa de 20% ao ano.

As fibras de aramida são usadas em coletes à prova de balas, pneus de automóveis e raquetes de tênis, entre outros produtos. Até o momento, a maior parte das utilizações consiste em empregar a aramida como um substituto das fibras atualmente em uso em produtos como tubos de radiadores, correias de transmissão e pneus de carros. Por exemplo, a **Du Pont** e a **Akzo** estão tentando convencer a **Michelin**, a **Pirelli** e a **Bridgestone** a substituir o aço por aramida no reforço de pneus.

No futuro, os produtores ambicionam penetrar mais nos mercados de produtos à prova de bala, de pneus para caminhão e de aviões, onde as margens de lucro são mais elevadas. Entretanto, outros materiais avançados, como as fibras de cerâmica e de polietileno de alto módulo,¹⁹ estão competindo intensamente com a aramida em aplicações em indústrias de ponta. Nesse contexto, as fibras de aramida são penalizadas pelo fato de serem apenas compatíveis com matrizes de polímeros e serem instáveis a altas temperaturas. Além disso, sua fraca resistência à compressão poderá também frear uma maior difusão em aplicações de alta tecnologia.

Respondendo a essa situação, a **Du Pont** continua apre-

¹⁹A empresa holandesa **DSM**, por exemplo, desenvolveu recentemente uma fibra de polietileno de alto desempenho dotada de propriedades superiores às do Kevlar. Uma associação com a firma japonesa **Toyobo** deverá permitir a construção de uma usina piloto no Japão.

sentando novas versões mais aperfeiçoadas de sua fibra Kevlar. Além disso, o futuro parece promissor para a aplicação de híbridos de carbono-aramida de altíssimo desempenho no setor aeroespacial, apesar de seu custo muito elevado.

1.5 As resinas epoxídicas e as matrizes de compósitos avançados

A família das resinas epoxídicas é a mais utilizada para a elaboração de compósitos de alto desempenho, devido à gama de temperaturas de funcionamento que apresentam. Além disso, essas resinas permitem a obtenção de uma boa adesão com as fibras, e encontram-se disponíveis numa grande variedade de viscosidades, o que as torna compatíveis com a maior parte das técnicas de transformação. Estima-se hoje que cerca de 80% dos compósitos de matriz orgânica de alto desempenho são realizados a partir de resinas epoxídicas.

O Quadro 1.9 apresenta os principais produtores por região.

Quadro 1.9

Principais produtores mundiais de resinas epoxídicas				
ESTADOS UNIDOS	RFA	FRANÇA	JAPÃO	OUTROS
Dow Chemical Union Carbide Schering	Bayer Hoechst	CdF-Chimie	Sumitomo Osahi Mitsui	Ciba-Geigy Shell

As aplicações são numerosas e dizem principalmente respeito

aos setores aeronáutico e aeroespacial: estruturas de avião, elementos de helicóptero, reservatórios para altas pressões etc...

Os compósitos de matrizes metálicas (CMMs) são principalmente utilizados em aplicações a altas temperaturas, atingindo sem problemas o ponto de fusão da maior parte dos polímeros. Dada a sua densidade muito elevada e seu alto custo de produção, é apenas nessa faixa de temperatura, e essencialmente em aplicações para a aeronáutica militar, que os compósitos metálicos podem encontrar sua viabilidade econômica a médio prazo.

No entanto, a **Toyota** já está usando alumínio reforçado por fibras de alumina (ou de alumina-sílica) para uso na parte superior do pistão dos motores a diesel de caminhões. Por outro lado, a **Alcan** anunciou recentemente o lançamento de um compósito de matriz metálica à base de alumínio para aplicação em tubos extrudados para guidons de bicicletas.

Os materiais mais utilizados, por ordem de importância, são o alumínio, o magnésio e o cobre. Para os reforços, o leque de opções passa pelo boro, carbono, alumina, carbureto, nitreto de silício e o tungstênio. Os compósitos à base de alumínio mais conhecidos são o ARALL, um laminado de alumínio e aramida produzido pela **Alcoa**, e o DURALCAN, uma matriz produzida pela **Alcan**, feita de alumínio reforçado com alumina e partículas cerâmicas, como o carбето de silício.

Os principais fatores na pesquisa e produção de compósitos de matrizes metálicas são naturalmente grandes indústrias metalúrgicas, como a **Alcan**, a **Alcoa** e a **Pechiney**. No entanto, as principais empresas que abastecem o mercado dos EUA são por enquanto de pequeno e médio porte, como é o caso das firmas **American**, **American Matril**, **ACM-Advanced Composite Materials Corp.**, **DWA**, **Materials Concepts** e **Novamet**.

O mercado está porém em rápida evolução tecnológica, o que está provocando uma rápida modificação da estrutura da indústria e torna extremamente aleatória a sua quantificação. Assiste-se atualmente à entrada de grandes grupos no setor, motivada, entre outros fatores, pelas necessidades de capital e de recursos científicos e tecnológicos. A entrada da **Alcan**, por exemplo, fez-se por compra de uma pequena empresa, enquanto a **BP**, que adquiriu a **Sigma Fiber** e a **Arco**, absorveu a **Amercom**. Ressalte-se ainda o interesse de alguns consumidores provenientes da indústria aeronáutica.

A metalurgia dos pós é atualmente a tecnologia que oferece o potencial de desenvolvimento mais importante, em particular para aplicações aeronáuticas e aeroespaciais (a exemplo do esqueleto da nave espacial da **NASA**). Outras utilizações dos compósitos de matrizes metálicas dizem respeito a aplicações médicas (próteses), mecânicas (peças para motores) e no setor da construção elétrica.

O Quadro 1.10 apresenta as previsões da **Business Communications Company** sobre a evolução futura do mercado de diferentes tipos de matrizes de compósitos: orgânicas, metálicas e cerâmicas.

Os compósitos de matriz orgânica (CMO) são um segmento que apresenta altas taxas de crescimento, em função da demanda das indústrias aeronáutica e aeroespacial, que já representa 60% das utilizações e continua crescendo a uma taxa anual média de 13%.

As aplicações em material esportivo representam cerca de 25% do consumo desses compósitos, enquanto várias utilizações potenciais na indústria automobilística estão aguardando o desenvolvimento de técnicas de processamento mais simples. Com efeito, atualmente a difusão em massa desse tipo de produtos esbarra no seu alto custo de produção, resultante de processos

de transformação altamente intensivos em trabalho, onde a mão-de-obra especializada é responsável por mais de 60% dos custos de produção.

Quadro 1.10

Mercado potencial de diferentes tipos de matrizes de compósitos				
a) Compósitos de matriz orgânica (US\$ milhões):				
APLICAÇÕES	1982	1987	1992	2000
<u>Aeronáutica/Aeroespacial</u>	<u>374</u>	<u>781</u>	<u>1.607</u>	<u>3.672</u>
Militar	250	528	1.073	1.990
Comercial	48	121	280	910
Industrial	16	27	55	202
Helicópteros	35	60	125	413
Mísseis/Foguetes	22	37	65	127
Programas Espaciais	3	8	9	30
Outras Aplicações	64	145	368	864
T O T A L	438	926	1.975	4.536
b) Compósitos de matriz metálica (US\$ milhões):				
TIPO	1988	1993	2000	TMCA*
Alumínio	12,0	35,0	78,3	16,9%
Magnésio	2,0	8,9	20,0	21,2%
Titânio	1,0	2,6	14,1	24,7%
Cobre	1,4	5,5	28,3	28,5%
Intermetálicos				
c/NASP	1,6	7,0	47,4	32,6%
s/NASP	1,6	7,0	22,9	24,8%
in-situ	<u>1,6</u>	<u>6,5</u>	<u>25,6</u>	<u>26,0%</u>
T O T A I S				
Comercial	3,1	15,2	48,3	25,7%
Defesa				
c/NASP	16,9	53,6	180,5	21,8%
s/NASP	16,9	53,6	156,0	20,3%
Todos				
c/NASP	20,0	68,8	228,8	22,5%
s/NASP	20,0	68,8	204,3	21,4%
c) Compósitos de matriz cerâmica (US\$ milhões):				
APLICAÇÃO	1987	1988	1993	2000
Instrumentos de corte	13,1	18,3	66,0	198,0
Peças estruturais	25,0	30,0	84,4	272,0
Aeroespacial e militar	-	26,7	35,0	51,0
Motores	1,0	2,0	15,6	100,0
Fins energéticos	-	0,1	1,5	6,0
T O T A L	39,1	77,1	202,5	627,0

* Taxa Média de Crescimento/Anual

O NASP (National/Aerospace Plane) é um programa do governo dos EUA

Fonte: Business Communications Company, in Materials Ldgc, Maio/Junho, 1989.

Em resultado, esse tipo de material conhece uma forte evolução técnica, não só a nível das resinas utilizadas, onde os termorrígidos estão sendo progressivamente substituídos pelos termoplásticos técnicos, mas também a nível das fibras. Estas devem apresentar as características necessárias às técnicas específicas de processamento, como o enrolamento por fio e a pultrusão, bem como as próprias a outros métodos de grande série (injeção, estampagem), para aplicação em indústrias como a do material esportivo.

Por esse motivo, muito mais do que simples materiais, os compósitos de matriz orgânica estão transformando-se em estruturas feitas sob encomenda para atender a necessidades específicas.

Entre as sociedades mais ativas nesse campo contam-se as empresas **Du Pont**, **Allied Chemical**, **Hercules**, **Union Carbide**, **Philips Petroleum**, **Akzo**, **American Cyanamid** e **Dow Chemical** (empresas químicas), a **Ford**, **General Motors** e **Goodyear** (consumidores) e a **General Electric**.

O desenvolvimento de compósitos de matriz cerâmica (CMCs) atende principalmente à necessidade de ultrapassar algumas das limitações que se levantam a uma maior difusão das cerâmicas (ver ponto específico sobre cerâmicas neste capítulo). Os mais conhecidos atualmente são os que usam uma base de carbureto ou nitreto de silício, reforçada com fibras de grafite, de carbureto de silício, e outros.

A otimização desse tipo de materiais exige ainda uma melhor compreensão fundamental de seu comportamento, o aperfeiçoamento de processos de transformação mais baratos e, principalmente, o desenvolvimento de fibras mais aperfeiçoadas, com melhor desempenho e resistência à temperatura.

Apesar da supremacia japonesa na área das cerâmicas ser incontestável (Cf. o item 1.2. deste capítulo), no campo es-

pecífico dos compósitos os Estados Unidos parecem ter assumido a liderança, especialmente no que toca às aplicações militares. Existem pelo menos 50 companhias nos EUA trabalhando com compósitos de matriz cerâmica, seja a nível de suprimento de insumos, pesquisa e desenvolvimento, produção do material ou sua transformação subsequente.

No entanto, as elevadas exigências financeiras em termos de instalação e de pesquisa e desenvolvimento vêm levando a uma clara supremacia dos grandes grupos. Assim, paralelamente a novas entradas a partir da química do petróleo - como as das empresas **Arco**, **Mobay** e **Manville** -, a maioria dos produtores são firmas já envolvidas na produção de cerâmicas técnicas em geral, como as empresas **Norton**, **Dow Corning**, **Sohio**, **Carborundum**, **3M**, **GTE**, **Du Pont**, **Lockheed** e **Alcoa**.

No Japão os principais produtores são as firmas **Kyocera** (também presente nos EUA), **NGK**, **Nippon Carbon**, **Tonen**, **Toyota**, e **Ube Industries**. Na Europa, as empresas mais dinâmicas são a **Alcoa**, a **ESK** e a **SEP (Société Européenne de Propulsion)**. De salientar que a **Du Pont** comprou o processo da **SEP** de desenvolvimento de matrizes cerâmicas reforçadas por fibras de carbono para uso no continente norte-americano. Por outro lado, são previstas novas entradas na Europa por parte de grupos químicos, como as da **Montedison** e a da **Ciba-Geigy**.

Os compósitos carbono-carbono são realizados a partir de uma matriz em carbono e de uma estrutura de reforço em grafite. A particularidade desse material reside em sua capacidade para resistir à ruptura em temperaturas de até 2.500°C , o que o transforma num material de fricção especialmente adaptado às aplicações de ponta: freios de aviões, cones de aeronaves espaciais destinadas a regressar à atmosfera, tubos de foguetes etc.

O mercado de matrizes carbono-carbono é dominado pelas

aplicações em freios de avião (63% do volume de produção, mas apenas 30% do valor), seguidas por peças para motores de aviões e de foguetes (14% da produção e 30% do valor) e pelos componentes para a indústria bélica (11% da produção, mas 40% do valor).²⁰

Os Estados Unidos são responsáveis por 60% de um mercado estimado em US\$ 150 milhões em 1986. A Europa seria responsável por 25% do mercado mundial, e o Japão por 15%. Em razão do aumento da utilização em freios de aviões e de trens de alta velocidade, o mercado poderia crescer mais de 10% ao ano, e atingir US\$ 400 milhões em 1995.

Os principais produtores de matrizes de carbono-carbono para aplicação em freios são a **Hercules**, nos EUA, e a **SEP (Société Européenne de Propulsion)**, na França. Outra companhia francesa, a **Carbone-Lorraine**, pertencente ao grupo **Pechiney**, produz também freios e outras peças para aviões. A **TV Aerospace and Defense CO.**, nos EUA, fabrica hélices de turbinas e o reforço da nave orbital da **NASA**.

2. AS CERÂMICAS TÉCNICAS

As cerâmicas técnicas constituem o principal segmento dos materiais avançados em que se verifica uma efetiva liderança japonesa. Com efeito, o Japão é o maior produtor mundial de cerâmicas técnicas e componentes para aplicação na indústria eletrônica (especialmente as embalagens cerâmicas para circuitos integrados), superando nesse segmento os EUA. Mas a superioridade japonesa é ameaçada a nível das cerâmicas para aplicações estruturais, onde as empresas japonesas vêm rivalizando com as norte-americanas no desenvolvimento de novos produtos e no aperfeiçoamento dos existentes.

²⁰Cf. Advanced Composites, maio/junho de 1987.

A estrutura do mercado japonês de cerâmicas técnicas é dominada pelas aplicações para a indústria eletrônica. Em 1985 elas representavam cerca de 83% do consumo japonês, contra apenas 17% para as cerâmicas de aplicações estruturais. No interior do primeiro grupo, as embalagens para circuitos integrados seriam responsáveis por 23% do consumo total, os condensadores por 27% e as ferritas por 18%. No segundo grupo destacam-se os catalisadores para escapamento de automóveis, que representam 10% do consumo total, e os instrumentos de corte, com 3%.²¹

O mercado proporcionado pelas aplicações para a indústria eletrônica começa agora a apresentar os primeiros sintomas de saturação. Os produtores japoneses esperam, entretanto, que o domínio desse tipo de aplicação se atenuar, e mesmo se reverta por volta do fim do século, em razão do aumento do consumo de cerâmicas estruturais nos automóveis.

As estimativas do consumo anual de cerâmicas técnicas nos Estados Unidos apontam para um mercado atual de cerca de US\$ 1,5 bilhão. Essas estimativas, sintetizadas no Quadro 1.11, projetam igualmente um crescimento importante do mercado mundial, que poderia atingir os US\$ 20 bilhões no ano 2000. Tal valor é compatível com as estimativas efetuadas em outubro de 1988 pelo US Office of Technology Assessment.²²

No entanto, certas previsões exageradamente otimistas efetuadas no início dos anos 80 parecem hoje não mais corresponder à realidade. Com efeito, apesar da campanha deliberada de promoção das cerâmicas estruturais orquestrada pelo governo japonês e largamente difundida pela "mídia" (incorporada na noção "ceramic age"), a maior parte dos analistas não acredita numa explosão das aplicações estruturais desse material a curto prazo.

²¹Nomura Research Center. High-Technology Ceramics in Japan, National Academy Pres. Washington D.C., 1984.

²²Financial Times, 14 de outubro de 1988.

É assim, por exemplo, que o otimismo inicial relativo à construção em série de um motor em cerâmica se dissipou. Em contrapartida, é de se prever a rápida difusão de alguns componentes cerâmicos para motores tradicionais (pistões, bielas, rotores...) e uma grande utilização complementar em tratamentos, revestimentos, cargas, enxertos etc...

Quatro barreiras principais vêm opondo-se à plena realização do potencial das cerâmicas técnicas, a saber: seu elevado custo de produção; a confiabilidade técnica no serviço prestado; as dificuldades encontradas na automação dos processos de produção; e o desenvolvimento de métodos não destrutivos de controle de qualidade.

Em resultado, os esforços vêm multiplicando-se, a nível dos laboratórios, no sentido de melhorar as tecnologias de processamento das cerâmicas técnicas e, principalmente, de reduzir a fragilidade inerente do material e sua susceptibilidade a apresentar fraturas. Várias respostas têm sido propostas a nível de cerâmicas reforçadas por fibras. Entretanto, a competência técnica para o efeito estando no essencial concentrada na indústria química, é de se prever que esta indústria assuma no futuro a liderança no desenvolvimento e na introdução em massa de produtos à base de cerâmicas avançadas.

A exemplo do que se passa nos compósitos, a estrutura da indústria mundial de cerâmicas técnicas é bastante heterogênea, apresentando numerosas empresas provenientes das mais diversas origens. Cabe dividi-las em quatro grupos.

(i) Os produtores tradicionais de cerâmicas, como a **Carborundum** (recentemente adquirida pela **Sohio**, subsidiária americana da **BP**), a **Norton** e a **Coors Porcelain**, nos Estados Unidos, a **Céramiques Techniques Desmarquest**, na França, e a **Asahi Glass** e a **NGK Spark Plugs**, no Japão.

Incluem-se também nesse grupo as empresas especializadas constituídas para produzir uma linha única de produtos à base de cerâmicas técnicas, como é o caso da **AVX**, o maior produtor de condensadores cerâmicos dos EUA, e da **Kyocera**, no Japão, o maior produtor mundial de embalagens para circuitos integrados.

(ii) Os coordenadores de grandes sistemas de produção, como as indústrias automobilística e aeronáutica, utilizadores finais de cerâmicas técnicas e envolvidas na pesquisa e desenvolvimento desses materiais. É o caso, por exemplo, da **General Motors** e da **Ford**, nos Estados Unidos, da **Rolls Royce**, na Grã-Bretanha, da **Fiat** na Itália, e da **Nissan** e da **Toyota**, no Japão.

Incluem-se também nesse grupo os gigantes da eletrônica e das telecomunicações, como a **General Electric** (líder, com a **Coors Porcelain**, das aplicações cerâmicas em circuitos integrados nos EUA), a **GTE** e a **Westinghouse**, nos Estados Unidos, a **Siemens**, na RFA, a **Thompson**, na França, a **Hitachi**, a **NTT** e a **Toshiba**, no Japão.

(iii) Os fabricantes de produtos finais concorrentes e os produtores de instrumentos de corte, que entraram na indústria de forma a poder oferecer uma gama completa de produtos, como, por exemplo, a **Kenametal** e a **Kemet**, nos Estados Unidos, a **Sandvik**, na Suécia, e a **Nippon Tungsten**,

no Japão.

(iv) Os produtores de outros materiais de base, que pretendem adaptar a este segmento o *know how* adquirido em outros setores de atividade. É o caso da **Alcoa**, nos Estados Unidos, da **Pechiney**, na França, da **Mitsubishi Metals** e da **Nippon Steel**, no Japão, as três primeiras líderes no setor de não-ferrosos, e a última a maior empresa siderúrgica mundial.

É também o caso das empresas químicas como a **Hoechst**, gigante alemão da química que, através da subsidiária **Ceram Tec**, é o maior produtor europeu de cerâmicas para embalagens de circuitos integrados, e da **Rhône-Poulenc**, que através das filiais **Ceraver** e **Céramiques e Composites** (Aérospatiale 10%), resolveu apostar no potencial futuro das cerâmicas finais. De igual forma, é o da **Corning Glass Works**, empresa originária da produção de vidro e hoje líder na aplicação de cerâmicas técnicas em sensores de gás.

O Quadro 1.12 apresenta uma lista não exaustiva de empresas envolvidas na pesquisa, desenvolvimento e/ou produção de cerâmicas técnicas nos Estados Unidos, e de suas principais áreas de atuação.

Uma característica da estrutura da indústria de cerâmicas técnicas nos Estados Unidos é a sua relativa dispersão. Além disso, a maior parte das empresas envolvidas no setor parecem ser relativamente especializadas, tanto em termos de áreas de atuação como da própria presença no domínio dos materiais avançados.

Com efeito, como sugere o quadro, a grande maioria das empresas norte-americanas do setor são especializadas em uma ou duas áreas de aplicação.²³ Apenas a **Ford** e a **General Elec-**

²³ Ressalvando-se, entretanto, que o corte operado na classificação das áreas de atuação introduz necessariamente um viés na análise, principalmente no que se refere à rubrica "outras aplicações".

tric, e acessoriamente a **Coors Porcelain**, a **GTE** e a **Norton**, parecem seguir estratégias globais, estando presentes em mais de duas áreas de atuação. Na verdade, entre as empresas citadas, apenas a **Alcoa**, a **Corning** e a **TRW** se encontram presentes em mais de uma das quatro grandes áreas de aplicação definidas no quadro.

O Quadro 1.13 apresenta o mesmo tipo de lista em relação aos produtores do Japão. A indústria cerâmica japonesa é muito antiga, dispersa em todo o território e ainda hoje muito enraizada na cultura tradicional do país. A indústria de cerâmicas avançadas apresenta uma continuidade direta com o setor tradicional, apresentando alguns grandes líderes e muitas pequenas empresas.

As empresas **Toshiba**, **Mitsubishi**, **Sumitomo Electric** e **NGK Spark Plugs** são grandes produtoras de cerâmicas para aplicações eletrônicas, também envolvidas na área de cerâmicas estruturais. Todas elas produzem instrumentos de corte (as duas últimas são os dois maiores produtores do Japão) e estão atuando no desenvolvimento de peças e componentes cerâmicos para motores de explosão.

Quadro 1.11

Projeções do mercado mundial de cerâmicas técnicas (US\$ M)				
	1980	1985	1990	1995
Estados Unidos	1.300	1.500	3.000	5.000
Japão	1.300	3.500	6.000	10.000
Europa	400	900	1.400	3.000
Mundo Ocidental	3.100	5.900	11.000	19.000

Fonte: Adaptado de J.B. WAICHMAN - Ceramic Lever - Advanced Ceramics in Japan "Ceramic Industry" nº 121,6 dezembro de 1984; Nomura Research Center - "High Technology Ceramics in Japan". National Academy Press, Washington D.C., e BIPE e BIPE "Observatoire des Materiaux Nouveaux: Evolution à Meyemen et Long Tempe en Europe et dans de Monde", Paris, Outubro de 1987.

Quadro 1.12

EMPRESAS	EMPRESAS NORTE-AMERICANAS ENVOLVIDAS NO SETOR DE CERÂMICAS TÉCNICAS POR ÁREAS DE ATUAÇÃO						
	Aplicações Estruturais		Aplicações Eletrônicas			Aplicações Óticas	Outras Aplic.
	Motores (comp.)	Instrum. de Corte	Condensadores	Sensores de Gás	Embalagem (circ. integ.)	Sistemas Integrados	
Alcoa							
AT & T					X		X
AVX			X			X	
Bacharach/U.T.				X			
Bendix				X			
Carborandum	X						
Centralab			X				
Coors Porcelain	X	X			X		X
Corning	X			X			
Crystal Tech.						X	
Dow-Corning							
Du Pont			X				X
Ford Motor	X	X		X			X
General Electric	X	X					X
General Motors	X			X			
GTE	X	X					
Honeywell							X
IHM					X		
Kentel			X				
Kennametal		X					
McDon. Douglas						X	
Motorela					X		
Norton	X	X					
Sprague			X				X
TRW		X				X	
Texas Instrum.					X		
Unitrode			X				
Vitramen			X				
VR/Watson	X						
W.R. Grace							X
Westinghouse					X		

Fonte: Adaptado a partir de Charles Rivers Associates, 1984.

As empresas japonesas estão intensamente envolvidas nas três áreas de aplicação consideradas (estrutural, eletrônica e ótica) e estão integradas horizontalmente em mais aplicações que suas rivais norte-americanas ou européias.

Quadro 1.13

EMPRESAS	EMPRESAS JAPONESAS ENVOLVIDAS NO SETOR DE CERÂMICAS TÉCNICAS POR ÁREAS DE ATUAÇÃO						
	Aplicações Estruturais		Aplicações Eletrônicas		Aplicações Óticas		Outras Aplic.
	Motores (comp.)	Instrum. de Corte	Condensadores	Sensores de Gás	Embalagem (circ. integ.)	Sistemas Integrados	
Asahi Glass	X						
Denki Onkyo				X			X
Fujitsu							
Isezumi	X						
Kyocera	X	X		X	X		X
Matsushita				X			
Mitsubishi				X			
Murata				X			
NEC						X	
NGK	X	X					X
Nippon Tungs		X					
Nissan	X						
NTT						X	
Sumitomo El	X						
TDK							
Toshiba	X	X					X
Toyota	X			X			

Fonte: Adaptado a partir de Charles Rivers Associates, 1984.

A **Toshiba** é provavelmente a empresa que atua mais intensamente no setor a nível mundial, pelo menos no tocante à pesquisa e desenvolvimento, e o único produtor identificado que atua em todas as áreas de aplicação selecionadas. Entre 1973 e 1982, ela parece ter sido responsável por quase um terço de todas as patentes relacionadas com aplicações cerâmicas no Japão.

A maioria das empresas constituídas especificamente para produzir cerâmicas técnicas são relativamente especializadas, enquanto as firmas envolvidas em várias áreas de atuação dentro do setor são normalmente os gigantes da eletrônica, como a **General Electric** e a **Toshiba**, ou os construtores de automóveis, como a **Ford** e a **Toyota**.

Um caso único é o da **Kyocera**, no sentido em que é uma empresa inicialmente especializada na produção de cerâmicas técnicas, mas largamente diversificada em todas as suas áreas de aplicação.

A **Kyocera** está envolvida em quatro das grandes áreas de atuação aqui definidas: componentes de motores, instrumentos de corte, condensadores e, especialmente, embalagens cerâmicas para circuitos integrados, em relação às quais a empresa é responsável por quase dois terços da produção das economias de mercado. A empresa é também um importante produtor de condensadores e, a nível das aplicações estruturais, produz componentes cerâmicos para motores.²⁴

²⁴A utilização pela Isuzu de duas peças estruturais em cerâmicas fabricadas pela Kyocera, em alguns de seus motores diesel, representou a primeira aplicação comercial de peças de cerâmica estrutural em motores.

Quadro 1.14

EMPRESAS EUROPEIAS ENVOLVIDAS NO SETOR DE CERÂMICAS TÉCNICAS POR ÁREAS DE ATUAÇÃO							
EMPRESAS	Aplicações Estruturais		Aplicações Eletrônicas			Aplicações Óticas	Outras Aplic.
	Motores (comp.)	Instrum. de Corte	Condensadores	Sensores de Gás	Embalagem (circ. integ.)	Sistemas Integrados	
RFA:							
Annawerk	X						
Daintier Benz	X						
Drägerwerk AG				X			
Feldmühle		X					
Friedrichsfeld							X
Hoechst					X		X
Krupp-Widia		X					
Rosenthal	X						
Siemens						X	
Volkswagen	X						
Dow-Corning							X
Reino Unido:							
British Tel.						X	
Lucas Aerosp.	X	X					
Plessey					X		X
França:							
Desmarquest					X		X
GICE					X		X
Ceraver							X
Thompson						X	
Holanda:							
Phillips						X	
Itália:							
Fiat	X						
Suécia:							
Ericson						X	
SAAB-Scania	X						
Saundvik		X					
Volvo	X						

Fonte: Adaptado a partir de Charles Rivers Associates, 1984.

A estratégia atualmente seguida por esta empresa parece ser a de procurar uma posição de liderança a nível das cerâmicas estruturais, transferindo as tecnologias e o *know how* desenvolvidos na aplicação para a indústria eletrônica em que está envolvida. Uma prática freqüentemente adotada por ela é a rápida construção de escalas de produção importantes e a adoção da estratégia de preço futuro, ou seja, a de fixar um preço apenas ligeiramente superior aos custos de produção obtidos a uma taxa de operação equivalente a plena capacidade.

O Quadro 1.14 apresentado anteriormente contém o mesmo tipo de listagem para as firmas europeias.

Quadro 1.15

Comparação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento efetuados no setor de cerâmicas técnicas, por área de aplicação

Aplicação	EUA	Japão	Europa
Eletrônica			
Condensadores	US\$ 10-15 milhões/ano	Inv. em P&D não dispõe 10 vezes o nº de engenhheiros e patentes dos EUA (est.)	Não disponível
Sensores a gás	US\$ 1-2 milhões/ano	Inv. em P&D não disponíveis. 10 vezes o nº de patentes e 3 o de artigos científicos dos EUA (est.)	Equivalente aos
Estrutural:			
Motores	US\$ 35-40 milhões/ano	Mais de US\$ 50 milhões/ano	Interior aos EUA, RFA e Suécia são líderes
Instr. de corte	Mais de US\$ 1 milhão/ano	20 vezes o nº de patentes dos EUA no período 1973-82	Superior aos EUA RFA=EUA em nº de patentes em 1973-82
Ótica			
Ótica integrada	US\$ 10 milhões/ano	Ligeiramente inferior aos EUA	50% dos EUA UK e França líderes

Fonte: Charles River Associates, 1984.

Contrariamente ao ocorrido na maioria dos casos observados em outros setores industriais, no das cerâmicas técnicas o governo dos Estados Unidos desempenhou um papel importante no financiamento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, especialmente no que se refere aos motores a explosão. A intervenção do governo dos EUA nessa área remonta a 1971, e relaciona-se com cerca de 50% dos investimentos atuais. Entretanto, os gastos do governo americano nessa aplicação específica vêm reduzindo-se ao longo dos últimos anos.

Em contraste, a intervenção do governo japonês nesse setor é inferior à observada em muitos outros. O governo começou a financiar a pesquisa relacionada à utilização das cerâmicas em

As cerâmicas técnicas podem ser consideradas como uma indústria emergente. Nesse contexto, a concorrência exerce-se principalmente sob a forma de avanços tecnológicos, que aumentam o desempenho tecnológico do produto e reduzem seus custos de produção.

O Quadro 1.15 apresenta alguns elementos de comparação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento efetuados no setor de cerâmicas técnicas, por áreas de aplicação, nos Estados Unidos, no Japão e na Europa. O quadro sugere que o Japão está investindo mais do que os Estados Unidos em todas as áreas de aplicações analisadas, excetuando as óticas. Estima-se, no entanto, que atualmente os investimentos japoneses nessa área são já superiores aos dos Estados Unidos.

Quadro 1.15

Comparação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento efetuados no setor de cerâmicas técnicas, por área de aplicação

Aplicação	EUA	Japão	Europa
Eletrônica			
Condensadores	US\$ 10-15 milhões/ano	Inv. em P&D não dispõe 10 vezes o nº de engenheiros e patentes dos EUA (est.)	Não disponível
Sensores a gás	US\$ 1-2 milhões/ano	Inv. em P&D não dispõe 10 vezes o nº de patentes e 3 o de artigos científicos dos EUA (est.)	Equivalente aos
Estrutural:			
Motores	US\$ 35-40 milhões/ano	Mais de US\$ 50 milhões/ano	Interior aos EUA, RPA e Suécia são líderes
Instr. de corte	Mais de US\$ 1 milhão/ano	20 vezes o nº de patentes dos EUA no período 1973-82	Superior aos EUA RPA=EUA em nº de patentes em 1973-82
Ótica			
Ótica integrada	US\$ 10 milhões/ano	Ligeiramente inferior aos EUA	50% dos EUA UK e França líderes

Fonte: Charles River Associates, 1984.

Contrariamente ao ocorrido na maioria dos casos observados em outros setores industriais, no das cerâmicas técnicas o governo dos Estados Unidos desempenhou um papel importante no financiamento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, especialmente no que se refere aos motores a explosão. A intervenção do governo dos EUA nessa área remonta a 1971, e relaciona-se com cerca de 50% dos investimentos atuais. Entretanto, os gastos do governo americano nessa aplicação específica vêm reduzindo-se ao longo dos últimos anos.

Em contraste, a intervenção do governo japonês nesse setor é inferior à observada em muitos outros. O governo começou a financiar a pesquisa relacionada à utilização das cerâmicas em

As cerâmicas técnicas podem ser consideradas como uma indústria emergente. Nesse contexto, a concorrência exerce-se principalmente sob a forma de avanços tecnológicos, que aumentam o desempenho tecnológico do produto e reduzem seus custos de produção.

O Quadro 1.15 apresenta alguns elementos de comparação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento efetuados no setor de cerâmicas técnicas, por áreas de aplicação, nos Estados Unidos, no Japão e na Europa. O quadro sugere que o Japão está investindo mais do que os Estados Unidos em todas as áreas de aplicações analisadas, excetuando as óticas. Estima-se, no entanto, que atualmente os investimentos japoneses nessa área são já superiores aos dos Estados Unidos.

motores a explosão apenas em 1978, e sua contribuição financeira, embora crescente, não ultrapassou os US\$ 10 milhões anuais. Uma parte substancial da liderança japonesa na área é o resultado de pesquisa aplicada e desenvolvimento de processos efetuados em departamentos técnicos de empresas privadas.

Os esforços japoneses em pesquisa e desenvolvimento na área de cerâmicas técnicas não provocaram ainda nenhuma descoberta científica ou tecnológica de importância maior, procurando antes a otimização das tecnologias existentes de forma a reduzir o período de tempo que separa o desenvolvimento dos novos produtos da sua comercialização. Com efeito, tais esforços incidem principalmente sobre a caracterização dos materiais, otimização dos compostos e aperfeiçoamento dos produtos.

Nesse contexto, a aquisição e o desenvolvimento de uma experiência industrial transforma-se no elemento crucial da intensa concorrência que opõe os diferentes produtores japoneses. Dadas as características do sistema japonês, as oportunidades de mercado mais promissoras têm menor probabilidade de surgir do trabalho isolado de laboratório do que da interação entre as atividades de pesquisa e de produção, e da conseqüente resposta do mercado.

A estratégia agressiva das empresas japonesas na procura rápida de formas de comercialização para seus produtos de cerâmica (mesmo em aplicações de massa de "baixa tecnologia", como tesouras e anzóis) baseia-se na teoria da curva de experiência. Nesse quadro, as primeiras oportunidades comerciais são vislumbradas em mercados especiais, normalmente altamente especializados, onde uma relação privilegiada com os clientes permite o lançamento de produtos com alta incorporação tecnológica a preços superiores aos existentes.

A partir da introdução de um produto deste tipo, a sua própria produção teria um efeito de aprendizagem e conduziria

ao aumento da experiência do produtor, à redução do custo da produção, ao aperfeiçoamento das características técnicas e a uma melhor adaptação do produto às necessidades do consumidor.

Em contrapartida, a pesquisa nos Estados Unidos é essencialmente feita por departamentos universitários de ciência dos materiais e em laboratórios do governo, e voltada para questões básicas. Uma pesquisa efetuada pela **Advanced Ceramics Association** dos EUA junto a 23 empresas revelou que, em 1987, os gastos destas em pesquisa e desenvolvimento com cerâmicas técnicas totalizou US\$ 153 milhões, um valor que não obstante representa 23% de suas vendas.

Alguns analistas consideram que a relativa fragmentação da estrutura da indústria norte-americana se traduz num obstáculo maior a um maior dinamismo na introdução de inovações. Essa fragmentação impediria a transferência de *know how* entre diferentes segmentos da produção de materiais avançados e, dentro do setor de cerâmicas, limitaria a transferência de tecnologia de uns domínios de aplicação para outros.

Em conclusão, parece então que a produção de cerâmicas técnicas atravessa atualmente uma fase de reestruturação, onde se observa uma certa redistribuição de cartas entre os principais atores envolvidos nessa atividade: ceramistas tradicionais, organizadores de grandes sistemas de produção (as indústrias automobilística, eletrônica...) e grandes produtores de materiais com vocação multimaterial. As transformações observadas correspondem a três formas principais de redirecionamento da atividade.

Em primeiro lugar, temos a passagem das cerâmicas tradicionais às cerâmicas técnicas. Embora a presença de pequenos grupos independentes no setor seja cada vez menor, os ceramistas tradicionais continuam a desempenhar um papel importante

a nível do desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas técnicas de usinagem e de transformação das cerâmicas técnicas.

Em seguida, há a questão do suprimento, nesse tipo de materiais, dos grandes projetistas e montadores de sistemas, como as indústrias eletrônica e automobilística. A maior parte desse grupo começou a se interessar pelas cerâmicas técnicas a partir do momento em que tomou conhecimento de seu potencial, especialmente em termos do interesse estratégico que esse material poderia representar para seus sistemas, como é o caso do motor de cerâmica.

Parece agora evidente que os projetistas de sistemas não podem trabalhar sozinhos, e que necessitam freqüentemente do *know how* oferecido por seus fornecedores. Seu empenho nesse setor é então função do interesse estratégico que representa para suas atividades de base a introdução de peças ou produtos em cerâmica avançada. Tal é o caso do desenvolvimento pela **Rolls Royce** do motor de avião com um grande número de peças em cerâmica.

Porém, em caso de existência de um número razoável de fornecedores que apresentam produtos de qualidade dentro das especificações definidas, a permanência desse tipo de empresas no setor das cerâmicas avançadas passa mais pela questão do interesse econômico da integração dessa atividade às operações de base. Nesse sentido, alguns construtores de automóveis europeus estão abandonando progressivamente a produção de cerâmicas técnicas.

Finalmente, a reestruturação da oferta de cerâmicas técnicas está ligada à estratégia deliberada de constituição de variada gama de materiais por parte de alguns grupos químicos. Tal estratégia inscreve-se no movimento de diversificação em produtos que permitam uma maior agregação de valor, em resposta à crise em suas atividades de *commodities*.

A partir da produção de materiais de base e de pós, a atuação das empresas químicas a nível específico das cerâmicas vem-se traduzindo no controle crescente exercido sobre ceramistas independentes. Ela será mais amplamente tratada no Capítulo 2.

3. OS SUPERCONDUTORES

Os supercondutores são materiais que não oferecem resistência à eletricidade quando esfriados em temperaturas muito baixas. Contrariamente ao que acontece com os condutores normais, a passagem de corrente elétrica por um cabo supercondutor não provoca o seu aquecimento, nem a conseqüente perda de energia.

Os supercondutores metálicos foram descobertos pela primeira vez em 1911, num laboratório universitário na Holanda. Contudo, até a descoberta, em 1986, por cientistas da **IBM**, de cerâmicas supercondutoras compostas de óxidos de cobre, todos os supercondutores até então conhecidos tinham de ser esfriados à temperatura do hélio líquido, ou seja, a 1 grau Kelvin, ou -458°F . Merecem especial referência nesse contexto as ligas supercondutoras de nióbio, correntemente utilizadas depois de 1973, especialmente em ímãs para sondas médicas e científicas.

Em janeiro de 1986, Alex Muller e Georg Bednorz, dois cientistas do laboratório de pesquisa de Zurique, da **IBM**, descobriram o primeiro supercondutor a "alta temperatura". Trata-se de um material cerâmico que perde a resistência à corrente elétrica a uma temperatura de 30 graus Kelvin (-406°F). Essa descoberta constituiu uma inovação maior dentro do domínio da supercondutividade, e abriu uma nova rota tecnológica, possibilitando o surgimento de múltiplos aperfeiçoamentos e de supercondutores que operam a temperaturas cada vez mais elevadas.

Assim, no início de 1987, o Professor Paul Chu, da Universi-

dade de Houston, Texas, descobriu um novo tipo de cerâmica supercondutora a temperaturas superiores à do nitrogênio líquido, ou seja, 64 graus Kelvin ($-344^{\circ}F$). Essa temperatura permite a utilização de materiais supercondutores em circuitos de computadores de alta velocidade de processamento. Em 1988, a **Du Pont** assinou um acordo com aquela Universidade, o que lhe dará direitos exclusivos de licenciar as aplicações de supercondutores.

Por outro lado, no início de 1988, o cientista japonês Hiroshi Maeda, do Instituto Nacional de Pesquisa de Metais, elevou a temperatura a que a supercondutividade pode ser obtida a 120 graus Kelvin, a partir da elaboração de um composto contendo bismuto. Uma descoberta semelhante foi efetuada pelo físico norte-americano Ronald Burgoin, que afirma ter desenvolvido um supercondutor a partir de filamentos superfinos de bismuto metálico, o qual perde sua resistência à eletricidade a $76^{\circ}F$, ou seja, à temperatura ambiente.

Paralelamente, cientistas norte-americanos descobriram um supercondutor à base de tálio que opera a 123 graus Kelvin e se assemelha ao composto de bismuto desenvolvido no Japão. Outros desenvolvimentos interessantes parecem poder provir dos cristais de borato de titânio, igualmente supercondutores a temperatura ambiente.

Essa corrida à inovação tecnológica vem sendo acompanhada por uma intensa competição entre as empresas japonesas e norte-americanas, no intuito de tentar explorar as oportunidades comerciais facultadas por essa revolução tecnológica em potencial.

De uma certa forma, as empresas japonesas podem ser consideradas como a principal força que impulsiona a pesquisa em supercondutores. Segundo a National Science Foundation dos EUA, o Japão teria investido em 1988 cerca de US\$ 258 milhões na pesquisa de supercondutores, sensivelmente o mesmo mon-

tante que os Estados Unidos.

No passado, como no caso da tecnologia de semicondutores, o governo japonês, além de coordenar as estratégias dos diferentes produtores, foi obrigado a intervir no sentido de estimular a realização de pesquisa básica financiada pelas empresas. No caso dos supercondutores, esse estímulo não foi necessário. Dados do Office of Technology Assessment do Congresso dos EUA mostram que cerca de 56% do orçamento de pesquisa em supercondutores do Japão vêm sendo financiados pelo setor privado, contra 38% nos Estados Unidos.²⁵

Em 1988, os investimentos dos órgãos governamentais japoneses teriam sido ligeiramente superiores a US\$ 50 milhões.²⁶ Em contrapartida, o orçamento do governo dos EUA para esse efeito aumentou de cerca de US\$ 92 milhões, em 1988, para US\$ 124 milhões, em 1989.

A **Sumitomo Electric**, uma empresa pioneira nessa área, estima que o mercado potencial para os supercondutores que operam a temperaturas do nitrogênio líquido (ou seja, hoje disponíveis em laboratório) poderá atingir os US\$ 3,6 bilhões no ano 2000. No entanto, se forem encontradas aplicações correntes para os supercondutores que operam a temperatura ambiente, o mercado mundial para esse tipo de produtos poderá aumentar dez vezes, e atingir os US\$ 36 bilhões no ano 2000.²⁷

Os pesquisadores japoneses não subestimam as dificuldades técnicas que se apresentam ainda para difusão em massa dos supercondutores. Os novos materiais de cerâmica são frágeis, podem transmitir apenas correntes elétricas de pequena potência, e

²⁵Este relatório afirma também que numa ampla gama de tecnologias - da concepção e construção de automóveis às fibras óticas - o Japão já assumiu a liderança do processo de inovação tecnológica. A capacidade de inovação do Japão é questionável apenas no que diz respeito à área científica, mais concretamente em termos de pesquisa básica.

²⁶CPE Bulletin n^o 48, junho de 1988.

²⁷Stephan WAGSTYL: Japan thinks its way to the top, Financial Times, 1 de novembro de 1988.

são facilmente perturbáveis por campos magnéticos. Em contrapartida, podem levar a uma redução considerável dos custos dos motores elétricos e de transmissão de energia. Podem também permitir a construção de computadores muito mais potentes, resolvendo um dos maiores problemas das máquinas atuais, ou seja, o risco de superaquecimento dos circuitos.

No Japão, a utilização mais promissora a longo prazo para os supercondutores parece ser no setor de transportes. Com efeito, aquele país já construiu um trem experimental de levitação magnética no qual os supercondutores metálicos tradicionais são utilizados. O uso de supercondutores cerâmicos poderia reduzir sensivelmente os custos de operação e, em consequência, aumentar o mercado para esse tipo de utilização.

O segundo mercado potencial em importância poderá vir a ser o do uso de supercondutores para armazenagem de energia, por exemplo em baterias gigantes. Isto permitirá que as centrais elétricas reduzam enormemente seus custos, uma vez que poderão trabalhar a uma taxa uniforme, em vez de adaptar sua taxa de operação às flutuações horárias da demanda.

A **Sumitomo Electric** e a **Furukawa Electric**, os dois maiores produtores de fios e cabos de cobre do Japão, estão liderando as pesquisas na área. Seus esforços vêm concentrando-se no aumento da tensão de corrente que os materiais cerâmicos podem suportar e na redução da influência dos campos magnéticos que podem tolerar. Recentemente, o produtor finlandês **Outokumpu**, um dos mais importantes produtores de fios e cabos de cobre da Europa, associou-se às pesquisas desenvolvidas pela **Sumitomo Electric**.

Uma terceira utilização potencial dos supercondutores é no setor de informática. A idéia não é nova, e é nesse sentido que se vêm orientando as pesquisas da **IBM**, nos EUA, e da **NEC** e da **Toshiba**, no Japão. É nessa área que as empresas

norte-americanas parecem estar concentrando seus esforços. O desenvolvimento de microchips supercondutores, por exemplo, mais rápidos que os chips tradicionais à base de semicondutores, poderia constituir o ponto de partida para uma nova geração de computadores de melhor desempenho.

A **Conductus Inc.**, uma empresa do Silicon Valley, pretende se transformar no primeiro produtor de microchips supercondutores a "alta temperatura". Essa empresa foi constituída em setembro de 1987 por um grupo de investidores que conseguiram atrair cientistas da Stanford University e da University of California, de Berkeley, para dirigir os trabalhos.²⁸ A **Hewlett-Packard**, uma das maiores empresas do Silicon Valley, tomou uma participação de 15% naquela empresa, a um custo estimado de US\$ 5 milhões, facultando igualmente à nova companhia o acesso a seus equipamentos de pesquisa, bem como a recursos humanos e financeiros.

Por outro lado, a empresa norte-americana **Magnetic Power** está tentando desenvolver as aplicações dos supercondutores à base de filamentos superfinos de bismuto metálico em sistemas de refrigeração para geladeiras e aparelhos de ar refrigerado.²⁹

Na Europa, as principais empresas envolvidas na pesquisa de materiais supercondutores de cerâmica são a **General Electric** e a **ICI**, ambas na Grã-Bretanha, e a **Siemens**, na RFA.

²⁸Financial Times, 2 de novembro de 1988.

²⁹Business Week International, 9 de janeiro de 1989.

CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS MOVIMENTOS DE ENTRADA E ATUAÇÃO DOS PRODUTORES DE MATERIAIS DE BASE NA ÁREA DOS MATERIAIS ANVAÇADOS

Em termos de estratégia industrial, é necessário sublinhar que os grandes grupos de materiais são normalmente provenientes de setores monomateriais. O potencial de crescimento limitado de seus mercados tradicionais está na origem de movimentos de diversificação em direção a: atividades mais "para a frente", a jusante da indústria; outros tipos de materiais; desenvolvimento de novos produtos, e eventualmente de novos tipos de materiais dentro do mesmo setor; atividades de serviços.

Neste capítulo serão abordados os seguintes casos:

- o dos gigantes da química, que vêm procurando uma diversificação nos materiais através da aquisição progressiva de novas tecnologias e que, apesar de algumas hesitações, se preparam para o atendimento global nesse setor a indústrias consumidoras específicas;

- o das siderúrgicas japonesas, que procuram valorizar ao máximo as competências adquiridas no exercício integrado de suas atividades de base, reorganizando sua estrutura para permitir a exploração de sinergias e a identificação de oportunidades de entrada em setores de forte crescimento;

- o da indústria metalúrgica dos não-ferrosos, que na área dos materiais avançados vêm adotando posições defensivas face à concorrência entre materiais, procurando resguardar as posições adquiridas; o seu dilema estratégico atual pode ser assim resumido: impedir a formação de capacidades excedentes

em suas áreas tradicionais de operação ou acentuar a diversificação; essa última, sendo ditada pelos setores utilizadores, no que respeita aos materiais, é caracterizada por uma passagem a materiais capazes de desempenhar as mesmas funções que as dos materiais do *know how* de origem dessa indústria.

A dimensão dos grupos analisados faz com que sua estratégia global ultrapasse largamente o domínio estrito dos materiais avançados. Por esse motivo, dois grandes tipos de estratégia de diversificação serão analisados:

- a valorização da competência adquirida dentro de um setor, seja através da procura de uma especialização em domínios específicos no seu interior ou de uma forte implantação nos principais segmentos estratégicos de um novo setor;

- a diversificação na área de novos materiais no contexto da concorrência entre materiais; identificação das competências que o grupo pretende valorizar ou procura de um posicionamento em setores com forte potencial de crescimento.

1. AS EMPRESAS QUÍMICAS

À semelhança do que aconteceu com a indústria metalúrgica, a química viveu uma "idade dourada" nos trinta anos compreendidos entre a Segunda Guerra Mundial e meados dos anos 70. Durante esse período, a redução constante do preço do petróleo em termos reais e o aumento sistemático da eficiência e da escala crítica de operação das usinas ¹ provocaram uma redução sensível dos custos de produção dos produtos petroquímicos.

Esse aumento da escala de eficiência crítica das usinas conduziu, como é evidente, a uma concentração industrial bastante

¹As unidades de produção de etileno, por exemplo, passaram progressivamente de uma capacidade de 30-50 mil t/ano a mais de 1 milhão t/ano.

importante, em razão da intensidade de capitais das instalações petroquímicas.

No decorrer desse período, um grupo reduzido de empresas conseguiu consolidar uma dominação relativa da indústria. Com efeito, um grupo de sete empresas - duas norte-americanas, a **Du Pont** e a **Dow Chemical**, e cinco européias, a **ICI** da Inglaterra, a **Ciba-Geigy** da Suíça, e as três gigantes da química alemã, **Bayer**, **BASF** e **Hoechst** - aparece sistematicamente à cabeça das firmas de maior faturamento do setor.

Respaldadas por importantes investimentos em pesquisa e desenvolvimento e por um serviço comercial dinâmico e agressivo, as empresas do setor conseguiram conquistar novos mercados para seus produtos. Os plásticos, por exemplo, após substituírem com sucesso materiais naturais como a madeira, o vidro e o papelão, conseguiram penetrar em domínios até então reservados aos metais e suas ligas.

Mas após ter conhecido taxas de crescimento superiores a 10% ao ano (três a quatro vezes superiores ao crescimento do PIB mundial), a química entrou, a partir de 1973, numa fase de relativa estagnação. A saturação relativa das perspectivas de crescimento de *commodities*² como os plásticos ou as fibras *standard* pareciam ser a manifestação mais clara deste fenômeno.

Entretanto, manifestam-se também ao mesmo tempo, e com bastante evidência, os sintomas de um desenvolvimento técnico mais avançado em direção aos produtos químicos especiais (as chamadas "especialidades"³), de maior complexidade e rela-

²Dentro da categoria de *commodities* estão incluídos os produtos químicos vendidos segundo características físicas e químicas específicas - pureza, cor, densidade, ponto de fusão etc. -, como as fibras e os químicos industriais *standard*, os plásticos de grande difusão (etileno, poliestireno, PVC, polietileno, polipropileno etc.) e os fertilizantes.

³As "especialidades" químicas são vendidas na base de sua capacidade de desempenhar funções determinadas, e não segundo especificações padronizadas. Elas compreendem uma vasta gama de produtos, como antioxidantes, biocidas, catalisadores, enzimas, fragrâncias, drogas farmacêuticas, polímeros especiais, termoplásticos reforçados, polímeros biodegradáveis, compósitos avançados, purificadores de água, ade-

cionados com as atividades das empresas químicas nas áreas farmacêutica, de biotecnologia, agroquímica, de revestimentos e de materiais avançados. Tais sintomas, patentes em firmas norte-americanas como a **Du Pont** e a **Monsanto**, são talvez mais evidentes a nível da indústria química européia.

A estratégia de atuação das empresas químicas na área dos materiais avançados deve ser entendida no quadro mais geral das tendências recentes de evolução da indústria e de suas características atuais.

1.1 A crise da indústria química

A partir de 1974 a indústria química mergulhou numa profunda crise, da qual as empresas só começaram a recuperar-se financeiramente de forma expressiva a partir de 1986. Para melhor analisar as conseqüências da crise sobre as estratégias de introdução e difusão de materiais avançados por parte das empresas químicas, é interessante distinguir os quatro fatores de influência principais.⁴

(i) O aumento do preço do petróleo teve um efeito duplo sobre as *commodities* químicas, tanto a nível do custo da matéria-prima como do insumo energético. Em resultado, o preço delas aumentou rapidamente. As conseqüências disso foram essencialmente de duas ordens.

Por um lado, foram desenvolvidos esforços intensivos para reduzir o consumo de energia. As empresas do setor parecem ter

sivos, cerâmicas, cosméticos, substâncias para a indústria eletrônica, aditivos para alimentos, detergentes industriais, lubrificantes sintéticos, aditivos para lubrificantes, tintas, material de reprografia etc. Por conseguinte, a concorrência a nível destes produtos se faz muito mais pela garantia do desempenho nas aplicações a que se destinam do que propriamente pelo preço.

⁴Ver a este respeito Patrick COHENDET (ed.): *La Chimie en Europe: Innovations, Mutations et Perspectives*, Economica, Paris, 1984.

obtido um sucesso maior nesse campo do que as firmas metalúrgicas em seu domínio respectivo de atuação.⁵ Contudo, tais resultados foram obtidos à custa de um redirecionamento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, da descoberta de novos compostos e do desenvolvimento de novos produtos para a melhoria do rendimento energético dos processos ou sua modificação, de modo a torná-los aptos a receber outras matérias-primas mais baratas.

Essa tendência à redução dos custos de produção foi reforçada em alguns casos por tentativas de integração "para trás" no domínio da produção de petróleo, no intuito de reduzir a dependência em relação aos fornecedores de matéria-prima. É o caso, por exemplo, da compra da **Conoco** pela **Du Pont**. Em contrapartida, empresas não integradas, como a **Monsanto** ou a **Rhône-Poulenc**, tiveram de se retirar de um certo número de atividades químicas, para as quais não dispunham de suprimento competitivo assegurado.⁶

Por outro lado, o aumento dos preços dos produtos petroquímicos e a escassez artificial observada em 1974 (resultante de uma estocagem em antecipação a elevações posteriores de preços) provocaram a entrada em massa de novas empresas no setor, em especial a das sociedades petrolíferas. Estas pensaram encontrar em suas fontes cativas de petróleo barato uma vantagem comparativa incontornável, capaz de lhes facultar uma rápida expansão no setor petroquímico. É o caso, por exemplo, da **Shell**, que graças, à construção de usinas ultramodernas e eficientes, conseguiu rapidamente se transformar no segundo maior produtor mundial de polipropileno.

⁵É o caso, por exemplo, do processo **BASF** de produção de poliestireno expandido, que economiza 40% de energia, do processo **Rhône-Poulenc** de fabricação de policloreto de vinila, que economiza 50%, e da introdução, pela **Union Carbide** e outras empresas químicas, do polietileno de baixa pressão e baixa densidade.

⁶As atividades petroquímicas da **Rhône-Poulenc** foram vendidas em 1979 à **Elf-Aquitaine**. Em 1982, a empresa cedeu também suas operações na área de fertilizantes à **CdF Chimie**.

(ii) A redução da atividade econômica provocou uma diminuição sensível da demanda por *commodities* químicas. Para além da simples queda do consumo provocada pelo desaceleração do ritmo de atividade econômica, a elevação dos preços provocou uma baixa sensível da intensidade de consumo desse tipo de produtos, sintoma clássico da entrada de uma indústria em uma fase de maturidade.

Paralelamente, a redução da atividade econômica revelou também, de forma bruta, a fragilidade econômica das grandes unidades petroquímicas. Não permitindo mais a saturação de suas capacidades de produção, ela conduziu a uma feroz guerra de preços entre os produtores, destinada a aumentar as partes do mercado relativas de cada um deles.

(iii) O acirramento da concorrência no interior da indústria resultou diretamente dos dois fatores anteriores. A capacidade de produção aumentou muito mais rapidamente do que o consumo, os preços caíram e a rentabilidade das empresas declinou ou desapareceu por completo.

Em 1982-1983, momento mais duro da recessão, algumas subsidiárias de empresas petrolíferas estavam perdendo mais de US\$ 1 milhão por dia, e a indústria química europeia, em seu conjunto, apresentava prejuízos mensais superiores a US\$ 200 milhões.⁷ Ressalte-se entretanto, como foi recentemente levantado pela Comissão de Bruxelas, que durante a crise as grandes empresas químicas europeias foram capazes de encontrar formas de cooperação no intuito de sustentar os preços, algo sem precedentes nas indústrias metalúrgica ou siderúrgica.⁸

No entanto, nessa época novas unidades estavam ainda en-

⁷Cf. *European Chemicals Business Profile*, *The Economist*, de 16 de julho de 1988.

⁸Com efeito, vários acordos de preços ou cartéis entre firmas europeias foram descobertos pela CEE no auge da crise de 1982-83. Tais acordos incidiram sobre produtos como a soda cáustica, o policloreto de vinila (PVC), o polipropileno e o polietileno de baixa densidade. Empresas como a **Alochem**, da França, a **Enichem**, da Itália, a **ICI**, a **BP** e a **BASF** foram condenadas ao pagamento de multas pesadas.

trando em operação, em razão dos erros de planejamento realizados nos anos 70. Dado o aumento brutal dos custos de produção, muitas das novas unidades foram construídas junto às fontes de suprimento, para beneficiar-se de vantagens comparativas no suprimento de matérias-primas, sendo uma grande percentagem da produção destinada à exportação.⁹ A rápida comercialização dos processos de produção mais modernos contribuiu para acentuar ainda mais a internacionalização da indústria.¹⁰

Em resultado, o comércio internacional de produtos químicos aumentou consideravelmente, e a indústria se internacionalizou, tanto em termos da produção como dos mercados (Quadro 2.1).

(iv) A aceleração da evolução tecnológica e a emergência de novas tecnologias provocou, a partir do final, dos anos 70, uma mudança na política de pesquisa e desenvolvimento das firmas químicas, que passaram a investir pesadamente em especialidades químicas e em biotecnologia. Com efeito, algumas empresas compreenderam que, em termos estratégicos, sua vantagem comparativa principal residia precisamente em sua competência técnica, e na capacidade de melhorá-la e a estendê-la a

⁹O colapso dos preços de petróleo observado em 1986 anulou grande parte das vantagens comparativas de que dispunham os países produtores de petróleo na área petroquímica. Estima-se que, a um preço inferior a US\$20 por barril, nenhuma das usinas construídas fora do Japão, dos Estados Unidos e da Europa depois de 1973 é rentável, à exceção possível das usinas de metanol e de uréia construídas na Arábia Saudita. Cf. SRI International/Business Intelligence Program: "The Chemical Industry: Lessons for Change", Stanford, 1987.

¹⁰Esta rápida comercialização das tecnologias desenvolvidas remonta aos anos 50 e ao processo anti-trust levantado pelo Governo dos Estados Unidos contra a Du Pont e a ICI que havia desenvolvido o processo de produção original de polietileno de alta pressão. Rapidamente outras empresas decidiram também vender seus processos tecnológicos, como a Dow Chemical e a Monsanto. Em seguida, à medida que novos processos foram desenvolvidos, sua disponibilidade no mercado passou a ser quase imediatamente assegurada por empresas não pertencentes ao grupo de líderes. É, por exemplo, o caso do polietileno de alta densidade (originalmente licenciado pela Philips Petroleum e pela Standard Oil), do polipropileno (Montecatini) e do polietileno de baixa densidade (Union Carbide). Estima-se que algumas empresas ganharam mais dinheiro com a venda de certos processos técnicos do que propriamente com a comercialização dos respectivos produtos. Cf. SRI International, op.cit.

outros setores de atividade.

Quadro 2.1

Comércio Mundial de Etileno em 1987 (Total = 603.000 toneladas)			
Importadores		Exportadores	
Europa Ocidental	32%	Arábia Saudita	23%
Coréia do Sul	22%	Japão	21%
Tailândia	19%	Líbia	21%
Iugoslávia	15%	Qatar	14%
		Europa Ocidental	12%
Outros	12%	Outros	9%
(Japão, Líbia, Egito, Marrocos, Argentina e Venezuela)		(Argélia, México, Brasil, Austrália e Turquia)	

Fonte: CMAI Europe

Contrariamente à maioria dos produtores do Terceiro Mundo, os grupos químicos estabelecidos junto aos principais mercados consumidores dispõem ainda de uma vantagem adicional, que é a possibilidade de estabelecer contatos estreitos com seus clientes, um fator crítico no desenvolvimento da maior parte das especialidades químicas.

Em conclusão, ressalte-se que a forma como a indústria química conseguiu recuperar-se da crise dos anos 80, a mais severa depois da dos anos 30, é um sintoma de seu dinamismo, especialmente se comparada com o exemplo das indústrias siderúrgica e metalúrgica.

1.2 A reestruturação das atividades

Caracterizada por uma forte mobilidade, tanto em termos de entrada e saída de setores como da capacidade em mobilizar capitais para financiar os investimentos necessários, a reestru-

turação das empresas químicas consistiu essencialmente numa reorganização de suas atividades produtivas, no sentido da redução da concentração excessiva em *commodities*.

A reestruturação começou por uma redução pura e simples das atividades, através do encerramento de capacidades marginais ou da venda de divisões inteiras. Entre 1982 e 1987, a Europa reduziu de quase 25% sua capacidade de produção de etileno e cerca de 20% da capacidade de policloreto de vinila (PVC). Assim, por exemplo, a **Hoechst** retirou-se da produção de polietileno e poliestireno de baixa densidade, o primeiro grande desinvestimento da história da empresa. Nos Estados Unidos, a **Du Pont** fechou ou vendeu diversas unidades produtoras de *commodities* em razão da supercapacidade da indústria e do conseqüente declínio dos preços.¹¹

No caso dos EUA, alguns investidores de Wall Street (Raiders), aproveitando o enfraquecimento financeiro da indústria, investiram sobre as empresas em dificuldades, vendendo-as por departamentos após tomada de controle ou obrigando-as a importantes esforços de reestruturação. Salvo em casos de grandes firmas, como a **Du Pont**, essa ameaça conduziu a maioria das empresas, mesmo gigantes como a **Union Carbide**, a vender os setores de especialidades para financiar uma modernização e uma recentragem nas *commodities* em território nacional.

Os dois choques do petróleo afetaram muito mais a indústria química japonesa do que a de seus rivais norte-americanos ou europeus, na medida em que o país dependia fortemente da importação de matérias-primas, e em que sua presença nas especialidades estava muito menos desenvolvidas. Por outro lado, o Japão teve de enfrentar uma concorrência acirrada por parte de novos complexos petroquímicos em países como o Canadá e a

¹¹É o caso, por exemplo, de várias usinas petroquímicas que pertenciam à **Conoco**, vendidas em sua maioria à **Sterling**, fundada por antigos funcionários da empresa.

Arábia Saudita.

Por esse motivo, a indústria foi alvo de uma reestruturação precoce, seguida de especialização acentuada em domínios altamente específicos como os plásticos para a eletrônica. Mais recentemente, algumas empresas têm demonstrado interesse, ainda que por enquanto tímido, em aprofundar seus investimentos nos EUA.

Contrariamente ao exemplo da maioria das empresas químicas norte-americanas, as grandes empresas européias aproveitaram a crise para operar uma profunda reorientação dos setores de atuação, tanto em termos de produtos como de áreas geográficas de atuação. Ao invés de continuarem a tendência generalista, que as havia conduzido a um envolvimento em quase todos os produtos da indústria, as empresas do setor vêm agora privilegiando o reforço de sua presença em áreas estáveis e com maior potencial de crescimento.

A tendência atual é no sentido de uma especialização em alguns produtos selecionados que permitem uma maior agregação de valor. Ao passo que quase todas as operações de pequena ou média escala na área de *commodities* foram vendidas ou fechadas, as empresas procuraram aumentar rapidamente sua parte de mercado nas áreas selecionadas para crescimento, no intuito de alcançar uma posição de liderança nesse segmentos.

Num primeiro momento, a reorganização das atividades começou por ser feita a nível regional (Europa, América do Norte...), as principais empresas cooperando entre si numa extraordinária redistribuição de seus ativos. A **ICI**, por exemplo, empresa que começou a produção de polietileno em escala industrial, cedeu suas atividades nessa área à **BP**, em troca das usinas de policloreto de vinila (PVC) desta última. Posteriormente, em 1986, a **ICI** e a **ENI** fundiram suas operações de PVC no seio de uma única empresa - **European Vinyls Cop. (EVC)** -, o maior pro-

dutor europeu da substância, com 20% do mercado. Ainda na Europa, cedeu suas atividades nos silicões à **Rhône-Poulenc**. Na América do Norte, a empresa racionalizou sua produção de tintas através de troca de ativos entre sua subsidiária no Canadá e a **Gidden**, empresa recém-comprada nos Estados Unidos.

Em seguida, as empresas procuraram expandir suas atividades internacionais, acentuando o caráter mundial da indústria. Assim, a **Du Pont** construiu recentemente na Irlanda do Norte uma usina de Kevlar para expandir as vendas desse produto no mercado europeu e consolidar sua liderança mundial. No entanto, o movimento mais visível desse processo de internacionalização consistiu no investimento das empresas européias nos Estados Unidos.¹²

O Quadro 2.2 mostra algumas características das atividades químicas dos seis maiores grupos europeus nos Estados Unidos - os alemães **Hoechst**, **Bayer** e **BASF**, a **Shell Chemicals**, o inglês **ICI** e o suíço **Ciba Geigy** - todos figurando entre as 20 maiores empresas químicas nos EUA.

Maior mercado do mundo, responsável por cerca de 30% do consumo de produtos químicos, os Estados Unidos são também o principal mercado para os produtos de alto valor agregado. No caso dos materiais avançados, por exemplo, aquele país representa cerca de metade da demanda mundial. Além disso, indústria e governo investem mais de US\$ 100 bilhões anuais em pesquisa e desenvolvimento, e o país é uma fonte permanente de descobertas científicas e inovações tecnológicas a que as empresas européias querem ter acesso.

¹² Amplificado pela baixa do dólar em relação às moedas européias, o valor dos investimentos europeus na indústria química dos EUA atingiram em 1987 um volume estimado de US\$ 26,5 bilhões, superior ao de qualquer outro setor industrial (exceto petróleo) ou atividade de serviços, incluindo financeira ou imobiliária. Cf. *The Economist*, 16/7/88.

Quadro 2.2

Atividades de 6 Grandes Grupos Químicos Europeus nos EUA em 1987				
Firma	Vendas (US\$ bi)	% Vendas Mundiais	Empregados (1.000)	% Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento
Hoechst	4,5	25	34,0	17
Bayer	4,0	20	25,0	23
BASF	3,8	19	21,0	19
Shell Chem.	3,7	34	n.d.	n.d.
ICI	3,5	23	20,0	22
Ciba- Geigy	2,4	30	12,5	n.d.

Fonte: Relatórios Anuais

A **ICI**, por exemplo, gastou mais de US\$3,5 bilhões na compra da **Beatrice Chemicals**, o maior fabricante americano de plásticos técnicos, da **Gidden** e da divisão agroquímica e farmacêutica da **Stauffer**. A **Hoechst** investiu quase US\$ 3 bilhões para adquirir a **Celanese**, e a **BASF** cerca de US\$ 2 bilhões para comprar as divisões de compósitos dessa última empresa, da **American Enka** (fibras) e da **Inmont** (tintas).

Atualmente, a típica grande empresa química européia quer estar presente em todos os grandes mercados do continente, faturar menos de 25% em seu país de origem e realizar um igual percentual de suas vendas nos EUA, de preferência 80% das quais a partir de usinas instaladas naquele país.

No curso dos últimos três anos, a **Rhône-Poulenc** procedeu a uma reconversão radical de suas atividades, para se livrar da imagem adquirida nos anos 60 de "peso morto" da indústria química mundial, devido à concentração excessiva de suas atividades no setor têxtil.

Após ter cedido a outras empresas químicas francesas suas atividades na área de petroquímica e fertilizantes, a empresa incorreu em despesas extraordinárias, de quase US\$ 3 bilhões em 1986, para poder se retirar da atividade têxtil, seu setor tradicional. A firma está também tentando vender sua divisão de produtos para a eletrônica, porque suas dimensões são insuficientes para fazer face à concorrência.

Em contrapartida, a **Rhône-Poulenc** elegeu quatro áreas prioritárias de crescimento: a química de base, a agroquímica, a química sanitária e farmacêutica, e a produção de fibras. De especial importância nesse contexto foi a compra, por mais de US\$ 1 bilhão, da divisão de agroquímica da **Union Carbide**, nos EUA, e das atividades de química inorgânica da **Stauffer**. A primeira aquisição fez da **Rhône-Poulenc** o terceiro produtor mundial de pesticidas agrícolas, posição partilhada com a **ICI**, logo após a **Bayer** e a **Ciba-Geigy**.

Na área da química de base, que incide especialmente sobre produtos inorgânicos como ácido sulfúrico, cloro e soda, a empresa reforçou sua posição nos silicões, comprando as operações da **ICI** por cerca de US\$ 57 milhões. Essa aquisição, associada à expansão de suas atividades na França e à construção de uma usina de colas nos EUA, conferiu à **Rhône-Poulenc** o estatuto de primeiro produtor europeu e terceiro mundial de silicões (cerca de 10% do mercado mundial), após as *joint-ventures* entre a **Dow Chemical** e a **Corning** (33%) e entre a **General Electric** e a **Union Carbide** (24%).

Líder mundial na separação das terras-raras, com mais de 60 anos de experiência, o grupo está seguindo também uma estratégia agressiva no domínio do gálio, no intuito de se transformar no maior produtor mundial de gálio "6 noves", para aplicações eletrônicas. A empresa encontra-se ainda envolvida na produção de cerâmicas, tendo-se integrado na produção de peças graças à compra da **Ceravet**, antiga subsidiária da **GTE**

que tinha sido antes comprada pela **Renault**.

A divisão farmacêutica, atualmente responsável por 25% das vendas do grupo, foi comprada em 1982 à antiga **PCUK** (**Chemie d'Ugine Kuhlmann**), antiga filial da **Pechiney** hoje desmembrada. Para fugir à intensa concorrência que se observa na Europa na área de fibras comuns (como o *rayon*, fonte principal das perdas da divisão) e acentuar o desenvolvimento de fibras especiais de alta incorporação tecnológica, onde a competição é menos intensa.

Em resultado da recomposição do perfil de atividades, o grupo mudou também consideravelmente a orientação geográfica das operações. Enquanto no início dos anos 80 a principal subsidiária no exterior estava implantada no Brasil (**Rhodia**), as vendas nos Estados Unidos passaram de 3% das vendas totais do grupo em 1986 a 13% em 1988. O objetivo é fazer aumentar esse percentual para 20% até 1993, e transformar os EUA na segunda região de influência, após a França (25% das vendas). Para tal feito, a **Rhône-Poulenc** acaba de comprar a divisão das especialidades químicas da empresa inglesa **RTZ**, cujas atividades se encontram majoritariamente implantadas.

Paralelamente, a empresa deseja aumentar sua presença no Japão dos atuais 5% das vendas para 10% no início dos anos 90. A abertura recente de um centro de pesquisa e desenvolvimento naquele país deverá contribuir nesse sentido.

A amplitude das reestruturações observadas na indústria química européia é surpreendente pela magnitude, pelas somas de dinheiro envolvidas e pela extensão geográfica e setorial das operações realizadas. A mais recente etapa desse movimento foi concluída na Itália no fim de 1988, com a constituição da **Enichem**,¹³ resultado da fusão das atividades em *commodities*

¹³ A nova empresa será o maior produtor europeu de uma série de *commodities* químicas, como o etileno (11% do mercado Europeu), polietileno (12%), PVC (20%), acrílicos (29%) e borrachas sintéticas (21%).

da Montedison e da ENI.

Devido a seu dinamismo, as empresas químicas européias estão hoje posicionadas entre as maiores do setor. O Quadro 2.3 revela que em 1987, entre as 20 maiores empresas químicas do mundo em volume de vendas, 15 são européias. Elas são também os maiores produtores mundiais de toda uma série de produtos, como acrílicos, polipropileno, rayon, agroquímicos e explosivos industriais. Cinco dessas empresas estão entre as oito maiores firmas farmacêuticas do mundo (Hoechst, Bayer, Ciba-Geigy, Sandoz e Glaxo) e duas entre os quatro maiores produtores de fibra (Hoechst e Akzo). Três grandes químicas alemãs estão também entre os cinco maiores produtores mundiais de plásticos de engenharia ditos tradicionais (Hoechst, Bayer e BASF).

A dimensão das empresas européias lhes confere as economias de escala e a parte do mercado suficientes para exercer uma efetiva liderança da indústria em termos mundiais. Também lhes dá a envergadura suficiente para se interessarem seriamente por áreas de rápido crescimento que exijam tecnologias próximas das que elas já detêm. É o caso das diferentes especialidades químicas e, em particular, dos materiais avançados.

Quadro 2.3

As 20 maiores empresas químicas do mundo em faturamento em 1987		
Companhia	País	Faturamento (US\$ bilhões)
BASF	RFA	25,6
Bayer	RFA	23,6
Hoechst	RFA	23,5
ICI	Grã-Bretanha	21,0
Du Pont	E.U.A.	17,6
Dow Chemical	E.U.A.	13,4
Ciba-Geigy	Suíça	12,4
Montedison	Itália	11,9
Shell	Holanda/G.B.	11,7
Rhône-Poulenc	França	10,6
AKZO	Holanda	8,8
Monsanto	E.U.A.	7,6
Exxon	E.U.A.	7,2
Sandoz	Suíça	7,1
Union Carbide	E.U.A.	6,9
Solvay	Bélgica	6,8
Roche Sapac	Suíça	6,1
Enichem	Itália	5,3
Norsk Hydre	Noruega	5,3
DSM	Holanda	5,1

Fonte: Chemical/Nsigth

1.3 O dilema estratégico: *commodities* ou especialidades?

Em 1970, as *commodities* representavam cerca de 60% das atividades das principais sociedades químicas européias, contra 40% das especialidades. Em 1985, as proporções respectivas eram de 53% e 47%.¹⁴ No entanto, a estratégia que privilegia uma fuga das *commodities* em direção às especialidades não

¹⁴Cf. Serpe TCHURUK, Presidente da Oikem (ex-CdF Chimie), em palestra proferida no Forum Internacional da Química, Paris, março de 1989.

tem nada de pacífico, especialmente em período de alta de preços das matérias-primas de base, sejam elas sintéticas ou não.

A produção de *commodities* representa ainda hoje a parte mais importante da atividade química. As *commodities* plásticas, por exemplo, representam quase 95% do consumo total, e mais de 80% de um faturamento anual de cerca de US\$150 bilhões. Em seu conjunto, as especialidades químicas representam um mercado de mais de US\$100 bilhões anuais, dos quais os EUA representam cerca de 40%.

A grande maioria das especialidades químicas é produzida por dois tipos de empresas: um grande número de pequenas e médias empresas que se concentram exclusivamente na produção de uma gama reduzida de produtos, e os grandes gigantes da química, que vêm acentuando sua penetração nos segmentos especiais do mercado (Du Pont, Hoechst, Bayer, BASF, ICI, Rhône-Poulenc...).

Paradoxalmente, agora que a reconversão dos gigantes da química nas especialidades está praticamente realizada, nunca a petroquímica de base conheceu conjuntura tão favorável. Em 1988, por exemplo, os EUA tiveram de importar etileno, um dos insumos básicos da indústria química, com um mercado mundial estimado em US\$35 bilhões por ano.

Esse fato, resultante de um aumento imprevisto da demanda e do encerramento de um número considerável de unidades produtivas, seria impensável alguns meses atrás, dada a capacidade excedente da indústria. Entretanto, se ele se revelou altamente favorável para empresas como os cinco maiores produtores mundiais - Dow Chemical, Exxon e Union Carbide, dos EUA, Nova do Canadá e Shell -, provocou também um intenso debate sobre a oportunidade da construção de novas usinas e sobre quem deveria liderar esse processo.

Na Europa, as expansões de capacidade vêm sendo promovi-

das principalmente pelas subsidiárias das companhias petrolíferas: Shell, Statoil (Noruega), Neste (Finlândia), Petrofina (Bélgica). Elas convergem para áreas mais promissoras, como o polipropileno, que vêm apresentando taxas de crescimento da demanda superiores. Com uma capacidade anual de 1,2 Mt de polipropileno, a Shell é o segundo produtor mundial, após a Himent, uma empresa controlada pela italiana Montedison. Ela foi uma das primeiras a anunciar a expansão de sua capacidade de produção nesse setor, primeiro na RFA (em 1987), e em seguida na Austrália (em 1989).

A Dow Chemical, segunda maior empresa química dos EUA, é de longe a firma que mais sucesso obteve ao longo dos últimos 15 anos em suas atividades de *commodities*. Contrariamente a muitos concorrentes, nos anos 80 a Dow optou por consolidar sua atuação em *commodities*, onde ocupa posições de destaque mundial, como no polietileno e em químicos inorgânicos de base, como cloro e soda cáustica.

Não obstante, o grupo obteve um bom crescimento em dois segmentos de especialidades em que se estabeleceu no início dos anos 80: o dos plásticos técnicos¹⁵ e o farmacêutico. No início de 1989, a fusão da divisão de química para a agricultura da empresa com as da Eli Lilly permitiu guindá-la da décima à quinta posição mundial no setor (após a Bayer, a Ciba-Geigy, a ICI e a Rhône-Poulenc).

Em resultado, a Dow pôde beneficiar-se integralmente da recuperação recente dos preços das *commodities* e apresentar em 1988 um resultado líquido recorde, próximo a US\$2,4 bilhões, obtido a partir de um faturamento da ordem dos US\$16 bilhões. A empresa planeja agora investir US\$1,6 bilhão em 1989, dos quais 60% na expansão da capacidade de produção de *commodities* ou na sua otimização.

¹⁵As atividades da empresa neste domínio incidem especialmente sobre poliuretanas, epóxies e plásticos técnicos tais como os policarbonatos.

Mesmo a **Union Carbide** - que após o acidente de Bhopal, na Índia, se viu obrigada a reduzir consideravelmente suas atividades, sob a ameaça de uma proposta hostil de compra de uma empresa química norte-americana de médias dimensões - aproveitou a subida dos preços das *commodities* químicas para apresentar uma extraordinária recuperação em seus resultados financeiros. Em conseqüência a empresa anunciou no final de 1988 um ambicioso programa de investimentos, prevendo expansões de capacidade para o etileno, o óxido de etileno, o polietileno e polímeros flexômeros e elastômeros.

Em contrapartida, os grandes grupos diversificados vêm demonstrando grande relutância em expandir suas capacidades através da construção de novas unidades, que requerem investimentos superiores a US\$500 milhões. Investimentos consideráveis vêm contudo sendo realizados em aumentos de produtividade e na "remoção de gargalos" nas usinas existentes.

Esses grupos apresentaram um comportamento financeiro muito mais regular, mas foram aparentemente incapazes de se beneficiar integralmente da alta dos preços das *commodities*. Assim, por exemplo, na França o resultado líquido da **Rhône-Poulenc** em 1988 foi da mesma ordem do da pequena **Orkem** (ex-CdF Chimie).

De igual forma, os analistas financeiros de Londres começam a lamentar a excessiva ênfase conferida às especialidades pela ICI. Essas representam já 60% das vendas, graças a cerca de US\$ 5 bilhões investidos em aquisições nos últimos quatro anos. Contudo, se em 1987 esses dois tipos de produtos repartiam equitativamente seu peso nos resultados do grupo, em 1988 os resultados das *commodities* aumentaram de 26%, para 745 milhões, enquanto as especialidades registraram apenas um aumento de 6%.

Enquanto isso, duas das mais avançadas empresas químicas

norte-americanas em termos de especialidades, a **Du Pont** e a **Monsanto**, viram seu desempenho financeiro ofuscado pelos resultados excepcionais de firmas como a **Dow Chemical** e a **Union Carbide**.

Em 1988, o desempenho financeiro da **Du Pont**, líder tradicional do setor e quinta maior empresa química do mundo, com mais de US\$30 bilhões de vendas, pode ser considerado modesto se comparado com os grandes produtores de *commodities* químicos dos EUA.

Entretanto, ao longo dos anos 80 a empresa modificou radicalmente o perfil de suas atividades, tendo em vista o aumento de sua rentabilidade. É assim que ela operou uma retirada em força das *commodities* plásticas, vendendo em 1986 as atividades de polipropileno, de poliésteres e de celofane, e em 1987 as de polietileno de alta densidade. Somente o polietileno de baixa densidade foi conservado, onde a **Du Pont** fez um acordo com a **Enichem** para aumentar a presença no mercado europeu.

Adicionalmente, a empresa retirou-se também da produção de metanol das operações correntes de tintas e pigmentos coloridos, reforçando em contrapartida sua atuação nas áreas eletrônica, farmacêutica, agroquímica e de biotecnologia.

Apesar da vasta gama de produtos comercializados, as especialidades (agroquímicos, produtos para a eletrônica e polímeros de engenharia) representam apenas 25% do faturamento da empresa, contra 40% de *commodities* (químicos industriais *standard*, fibras sintéticas e plásticos de grande difusão) e 35% de carvão, petróleo e gás.

Entretanto, a maior parte dos analistas considera que os maiores problemas da empresa resultam da compra do produtor norte-americano de petróleo **Conoco**, em 1981. Preocupada com seu abastecimento em matérias-primas, e querendo se posicionar num setor que estava apresentando fortes lucros, a **Du**

Pont acabou fazendo um negócio que até final de 1988 vinha apresentando uma baixa rentabilidade.

A **Monsanto**, terceira empresa química dos Estados Unidos, para se refugiar do caráter cíclico das *commodities*, procurou alcançar novas plataformas de crescimento através da diversificação em especialidades químicas de alto desempenho.

Desde o início dos anos 80, a empresa vendeu ou fechou cerca de US\$4 bilhões de ativos periféricos e marginais, saindo da produção de petróleo e gás de produtos petroquímicos de base, como o etileno e o estireno, de náilon e acrílicos na Europa e de fibras de poliéster nos EUA. As operações atuais na química e nos plásticos - equivalentes a US\$3,8 bilhões, ou seja, pouco mais de 50% das vendas - estão concentradas em mercados relativamente estáveis ou dominados pela firma, a exemplo de fibras de náilon para carpetes, detergentes e alguns plásticos técnicos.

Paralelamente, a **Monsanto** investiu mais de US\$3 bilhões para entrar no setor farmacêutico, através da compra da **G.D. Searle** e de consideráveis investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Além disso, a empresa investiu também dezenas de bilhões de dólares em pesquisa na área de biotecnologia vegetal, animal e humana.

Apesar da diversificação nas especialidades químicas não estar dando os resultados financeiros antecipados, nem ter permitido tirar o máximo partido da subida dos preços das *commodities*, a verdade é que ela está facilitando o lançamento de bases para um crescimento de longo prazo mais sólido, ao permitir o desenvolvimento de novas atividades, baseadas não mais em parte de mercado mas na capacitação científica e tecnológica.

O raciocínio anterior é obviamente válido para o principal material produzido pela indústria química, os plásticos. Os Quadros 2.4, 2.5 e 2.6 apresentam o posicionamento de alguns grandes grupos químicos, respectivamente na área das *commodities* plás-

tic, dos plásticos termorrígidos e dos termoplásticos técnicos.

A partir da observação desses quadros é possível aferir a diversidade das estratégias dos operadores químicos no domínio dos materiais plásticos, como visto a seguir.

(i) Um primeiro grupo de empresas, como a **Dow Chemical**, a **DSM** (Holanda) e a maior parte das filiais das grandes produtoras de petróleo - **BP Chemical**, **Shell Chemical**, **Enichem** - permanecem fortemente especializadas nas *commodities* plásticas, se bem que apresentando uma gama extremamente variada desse tipo de produtos. A exceção é a **Exxon**, que se especializou exclusivamente nos polietilenos. Dentro das empresas químicas, só a **BASF**, e acessoriamente a **Hoechst**, apresentam uma gama de *commodities* comparável à das petrolíferas. Evidentemente as empresas deste grupo desenvolvem também alguns plásticos especiais. Assim, por exemplo, a **Dow** encontra-se fortemente implantada nos plásticos termorrígidos, a **Shell** desenvolveu poliestirenos elastômeros, e a **Enichem**, policarbonatos.

(ii) A **BASF** conservou todas as suas *commodities* plásticas, e o seu posicionamento nos polímeros especiais permanece modesto. O grupo parece antes interessado em desenvolver ativamente os compósitos.

(iii) Em contraste, a **ICI** concentrou suas atividades nas *commodities* plásticas em dois produtos principais, o policloreto de vinila (PVC) e o polipropileno, desenvolvendo intensamente os polímeros especiais, como os elastômeros a partir do polipropileno e da poliuretana, e plásticos de engenharia como o politereftalato de etileno (PET). A **Akzo**, muito mais envolvida com *commodities* em outros setores da química, seguiu uma política semelhante à da **ICI** no que diz respeito aos plásticos, limitando sua atuação nas *commodities* ao PVC e desenvolvendo principalmente os plásticos técnicos.

(iv) A **Rhône-Poulenc** e a **Ciba-Geigy** aparecem como

grupos altamente especializados, sem produção expressiva de **commodities** e com uma orientação nas especialidades claramente voltada para os compósitos.

(v) Sem renunciarem totalmente às *commodities*, firmas como a **Bayer**, a **Du Pont**, a **Solvay** acentuaram recentemente uma orientação no sentido dos plásticos técnicos e, no caso da **Du Pont**, das ligas e das especialidades químicas.

Ressalte-se entretanto que, mesmo em atividades de base que podem ser consideradas como *commodities*, algumas empresas se diversificaram na produção de produtos mais especializados. Graças a uma escolha criteriosa das diferentes características das *commodities* produzidas, elas conseguiram diferenciar seus produtos e obter uma rentabilidade para seus investimentos superior à média, a exemplo da **Du Pont** e **Solvay**. Esta última empresa, por exemplo, vende 52 tipos de PVC para uma variedade de usos que vão de esquadrias de janelas a garrafas de molho de tomate.

Paralelamente ao dilema *commodities* versus especialidades, a alta dos preços dos produtos tradicionais recolocou a questão da oportunidade de uma maior integração para trás. Com efeito, alguns grupos químicos que durante a crise haviam procurado obter deliberadamente um maior espaço de liberdade através de uma desintegração mais importante, como a **Akzo** e a **Rhône-Poulenc**, se revelaram agora incapazes de se beneficiar integralmente da alta dos preços.

Em conclusão, pode dizer-se que integrar-se para a frente ou para trás, recentrar as operações em torno de produtos específicos (sejam eles *commodities* ou especialidades) ou se diversificar, internacionalizar-se ou procurar uma especialização orientada para determinados nichos geográficos, tais são os dilemas atuais da indústria química mundial.

Quadro 2.4¹⁶

Os grupos químicos e a produção de <i>commodities</i> plásticas							
Grupos	PEBD	PEAD	PP	PVC	ABS	PS	PSE
Exxon	x	x					
Dow Chemical	x	x			x	x	
Du Pont	x						
Phillips Petrol.		x					
Amoco/Hercules			x				
Monsanto					x		
BP Chemical	x	x	x			x	x
ICI			x	x			
Shell Chemical	x		x	x			x
Akzo				x			
DSM	x		x	x	x		
Atochem	x	x	x	x		x	
Rhône-Poulenc							
Montedison			x		x	x	
Enichem	x	x		x	x		
BASF	x	x	x	x	x	x	x
Bayer	x	x			x		
Hoechst		x	x	x		x	
Solvay		x	x	x			
Ciba-Geigy							

¹⁶PSE - poliestireno expandido.

Quadro 2.5¹⁷

Os grupos químicos e a produção de plásticos termorrígidos						
Grupos	Polibisma leimidas	Amino plást.	Poliéster	Epoxi	PI	PU
Exxon						
Dow Chemical			x	x	x	x
Du Pont					x	
Phillips Petroleum						
Amoco/Hercules						
Monsanto						
BP Chemical						
ICI			x			x
Shell Chemical				x		x
Akzo						
DSM	x		x			
Atochem	x					
Rhône-Poulenc					x	
Montedison						x
Enichem						
BASF			x			x
Bayer			x	x		x
Hoechst	x	x	x			
Solvay						
Ciba-Geigy				x		

¹⁷PI - poliimida; PU - poliuretano.

Quadro 2.6¹⁸

Grupos	Os grandes grupos químicos e a produção de termoplásticos técnicos													
	PMMA	PC	PET	PBT	PPO	PPS	POM	PAs	PEBA	PPE	PVDF			
Exxon														
Dow Chemical		x												
Du Pont			x				x							x
Phillips Petroleum														
Amoco/Hercules							x							
Monsanto														
BP Chemical														
ICI			x											x
Shell Chemical														
Akzo			x											
DSM														
Atochem														
Rhône-Poulenc														
Montedison														
Enichem														
BASF														
Bayer														
Hoechst														
Solvay														
Ciba-Geigy														

¹⁸PMMA - polimetacrilato de metila; PC - policarbonato; PET - politereftalato de etileno; PBT - politereftalato de butileno; PPO - polióxido de fenileno; PPS - polissulfato de fenileno; POM - poliacetal; PAs - poliamida; PEBA - poli-eter-bloco-amida (uma variedade de poli-eter-amida que pode ser consumido em blocos); PPE - polióxido; PVDF - Polidifloreto de vinilideno. (N.do T.)

1.4 A nova orientação da política de pesquisa e desenvolvimento

A relutância de certos produtores em se tornarem de novo excessivamente dependentes das *commodities* vem provocando não só uma modificação do perfil de seus produtos mas também de seu tipo de investimentos. Com efeito, na incapacidade de poderem proceder indefinidamente a aumentos de capacidade, sob o risco de provocarem uma vez mais uma situação de capacidade excedente, as empresas estão aumentando seus investimentos em engenharia de processo e em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos.

No que diz respeito à engenharia de processo, a tendência na Europa é no sentido de uma redução das dimensões das instalações industriais, que se tornariam mais flexíveis, de forma a produzir volumes relativamente menores de produtos manufaturados sob encomenda, cujas características poderiam ser modificadas rapidamente de acordo com as necessidades do cliente. A indústria está investindo atualmente importantes somas em instrumentação e em novas técnicas de computação, de forma a proceder ao controle desta nova geração de usinas.

Por outro lado, devido à estagnação dos mercados de *commodities* e à mudança estratégica em direção às especialidades, os investimentos em pesquisa e desenvolvimento passaram a ser freqüentemente superiores àqueles em imobilizações. A indústria parece estar assim passando de uma química tradicional a uma química de alto conteúdo tecnológico. Na primeira, era normal consagrar de 5 a 8% das vendas a investimentos físicos, e apenas de 1 a 2% à pesquisa, e igual montante à formação. Na química de forte valor agregado, os investimentos físicos são menos importantes (entre 3 a 6% das vendas), mas a pesquisa (de 5 a 15%) e a formação (de 2 a 5%) são muito mais importantes,

como passamos a mostrar em seguida.

Há 15 anos atrás, os investimentos em novas capacidades da **Bayer** eram equivalentes a duas vezes seus gastos em pesquisa e desenvolvimento. Atualmente os dois tipos de investimento são sensivelmente idênticos. Cerca de metade dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento em 1987 (US\$ 1,35 bilhão, ou 6% das vendas) foram para as áreas farmacêutica e agroquímica, contra apenas um quarto no início dos anos 70. As outras áreas prioritárias são a de tecnologias para a informática (19%) e a de polímeros (17%). A firma emprega 12.000 pessoas em seus departamentos de pesquisa, e reparte seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento da seguinte forma: EUA, 20%; RFA, 65%; resto da Europa, 12%.

A **Hoechst** investiu em 1987 cerca de US\$1,3 bilhão em pesquisa e desenvolvimento (6% das vendas), dos quais 56% consagrados às ciências biológicas e 17% aos materiais avançados. A empresa tem uma política de pesquisa centralizada, com cerca de 50% dos 14.000 efetivos trabalhando no laboratório central de Frankfurt.

A **BASF** investiu em 1987 cerca de US\$950 milhões (4% das vendas), concentrando seus esforços nas áreas de ciências biológicas, materiais avançados e polímeros. A empresa tem uma política de pesquisa extremamente centralizada, com mais de 75% dos 12.000 pesquisadores sediados no laboratório de Ludwigshafen.

A **ICI** investiu em 1987 cerca de US\$870 milhões (4% das vendas), dando prioridade às áreas de ciências biológicas (52%) e materiais avançados (22%). Disposto de cerca de 10.000 pesquisadores, o grupo realiza 70% de seus investimentos no Reino Unido, mas está tentando aumentar sua presença em outros países, especialmente nos EUA e no Japão.

A **Rhône-Poulenc** investiu em 1987 FFr3,7 bilhões (US\$600

milhões), seja 6,5% do faturamento e 150% dos lucros, contra um investimento físico inferior a FFr5 bilhões. Aproximadamente 50% daquele valor foi consagrado à área farmacêutica, dos quais FFr1 bilhão se destinou à modernização dos laboratórios de pesquisa do grupo.

Em 1988, as empresas químicas norte-americanas investiram cerca de US\$ 5 bilhões no desenvolvimento de produtos e na pesquisa de novos processos nas áreas de plásticos, fibras sintéticas e agroquímicos. A previsão dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento para 1989 é de US\$5,3 bilhões, o que é incentivado pela prorrogação do crédito de imposto de 20% concedida pelo Governo.¹⁹

Paralelamente ao aumento dos investimentos, assiste-se também à emergência de novos métodos de gestão de pesquisa e desenvolvimento. Os objetivos principais deste movimento são de três ordens.

(i) **Por um lado, procura-se concentrar as atividades nas áreas mais promissoras em termos de crescimento e nos produtos mais interessantes do ponto de vista de seu sucesso comercial.**²⁰ Nesse contexto, a mudança mais radical é o interesse suscitado pela pesquisa biológica, ligada aos setores farmacêutico e agroquímico. Enquanto nos anos 70 as fibras e os polímeros básicos dominavam os esforços de pesquisa e desenvolvimento dos grandes grupos químicos, a pesquisa biológica é atualmente responsável por mais de 50% desse tipo de gastos na Bayer, na Hoechst e na ICI, contra menos de um terço nos anos 70.

¹⁹ Cf. "US Chemical Industry R&D outlook for 1989", *Business Week International*, 9 Janeiro de 1989.

²⁰ A ICI conta com diversas comissões científicas mais ou menos informais para assessorar o grupo na escolha das áreas mais relevantes em termos de sua evolução futura. No caso da Hoechst, esse processo é efetuado em reuniões mensais entre o pessoal do marketing e da pesquisa das diferentes divisões do grupo. Nessas reuniões são estipulados programas de pesquisa para cada uma das divisões, modificáveis todos os anos.

Outras áreas prioritárias para essas empresas incluem as fibras industriais, poliuretanos, revestimentos, óleos de alta qualidade para motores e plásticos de alto valor agregado para aplicação na indústria aeronáutica e em bens de consumo final. Assim, por exemplo, a **BASF** vem se especializando em áreas como o revestimento de superfícies para a indústria automobilística e os químicos intermediários para a produção de remédios e cosméticos, e a **Akzo** está concentrando-se em pesquisa e desenvolvimento de produtos para a indústria farmacêutica e nas fibras para aplicações industriais.

A **Ciba-Geigy** está focalizando seus esforços em produtos químicos para a indústria eletrônica. A empresa está desenvolvendo novos tipos de plásticos e cerâmicas destinadas às próximas gerações de microchips e de circuitos integrados. Ela é também um dos líderes europeus no campo dos sistemas de resinas poliméricas para aplicação em materiais compósitos utilizados em carros e aviões.

Essa tendência à concentração das áreas de atividade vem sendo seguida por uma progressiva segmentação dos mercados, como demonstra o exemplo da **Hoechst**, que dividiu suas atividades na área de fibras industriais e plásticos em dez divisões operacionais, para dar uma maior autonomia ao pessoal que vende produtos especiais em nichos específicos do mercado.

(ii) **Paralelamente, a capacidade de desenvolver industrialmente os produtos no mais curto período de tempo possível está tornando-se crítica, à medida que o ciclo de vida dos produtos diminui e os custos de pesquisa e desenvolvimento aumentam.** Nesse contexto, torna-se crucial uma maior articulação com as divisões operacionais e comerciais. Essas últimas têm normalmente uma palavra importante a dizer sobre a forma de levar o trabalho de pesquisa à fase de produção industrial.

(iii) **Enfim, assiste-se a uma tendência à descentrali-**

zação dos esforços em pesquisa e desenvolvimento, de forma a fazer com que a internacionalização das atividades de pesquisa siga cada vez mais a própria internacionalização das atividades produtivas dos grupos.

Assim, enquanto a maioria das empresas européias procura aumentar sua implantação nos Estados Unidos, inclusive a nível de pesquisa, os grandes grupos estão revelando um interesse crescente numa aproximação com seus clientes japoneses, através da instalação de laboratórios de pesquisa no Japão. Eles acreditam que o estabelecimento de uma base científica naquele país poderá permitir o aproveitamento de novas idéias que venham sendo discutidas nele nas áreas de biotecnologia e materiais avançados, especialmente no que diz respeito à indústria eletrônica.

A **Bayer**, por exemplo, planeja aumentar até meados dos anos 90 seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento no Japão de 3 para 10% do total. Como o Quadro 2.7 indica, outros grupos anunciaram também a implantação de laboratórios de pesquisa no Japão, como a **ICI** e a **Glaxo** (Reino-Unido), **Ciba-Geigy** (Suíça), e a **Du Pont** (EUA).²¹

Ressalte-se ainda que a maioria dos grandes grupos distingue entre a pesquisa a longo prazo, financiada pela administração central das empresas, e a de curto prazo, destinada a obter resultados rápidos e feita por conta das divisões operacionais. No caso dos quatro gigantes europeus, a repartição dos investimentos entre os dois tipos de esforços é aproximadamente de 20 para 80. Saliente-se entretanto que a **Hoechst** e a **BASF** têm políticas de pesquisa e desenvolvimento muito mais centralizadas do que a **Bayer** ou a **ICI**.

Em conclusão, pode-se afirmar que as empresas que atuam no setor das especialidades químicas, e notadamente dos materiais

²¹ Como veremos adiante, existe também uma corrente em sentido inverso, liderada pelas grandes siderúrgicas japonesas.

avançados, vêm acentuando uma abordagem global dos mercados de forma a poderem amortizar os pesados gastos em pesquisa e desenvolvimento. Paralelamente, elas vêm enfatizando sua atuação comercial junto aos clientes, no sentido de os sensibilizar para produtos destinados a resolver problemas específicos. Em resultado, a indústria química está transformando-se numa atividade de serviços tecnológicos para aplicações específicas, esforço que exige uma enorme interação com os clientes.

Os centros de pesquisa dos grandes grupos estão preocupados sobretudo com a identificação e o aperfeiçoamento de uma variedade de características ou efeitos funcionais que possam ser incorporados de forma fiel, segura e econômica em produtos destinados ao mercado mundial. Essa abordagem da indústria aplica-se não somente aos produtos para as indústrias eletrônica e informática, como para as indústrias automobilística, agroquímica, farmacêutica e veterinária.

Grandes produtores de poliuretana como a **Bayer** e a **ICI**, por exemplo, estão trabalhando cada vez mais com uma gama de polímeros que, em certas circunstâncias, podem ser misturados "sob encomenda" num produto final cujas características (dureza, resistência ao calor, propriedades eletrônicas etc) são definidas de acordo com sua aplicação precisa. Paralelamente, a **BASF** está fornecendo tanto os produtos químicos quanto a engenharia, em suas vendas ao setor gráfico.

Quadro 2.7

Laboratórios de pesquisa e desenvolvimento no Japão por grandes empresas multinacionais			
Empresa	Localização	Data	Área de atuação
Air Liquide	Tsukuba	02/86	Gases ind. para a ind. eletrônica
Du Pont	Yokohama	09/86	Novos materiais, fármacos
Hoechst	Sabbu, Chiba	09/86	Materiais para a ind. eletrônica
Henkel	Sowa, Ibaraki	02/87	Detergentes, óleos e gorduras
ICI	Ushiku, Ibaraki	10/87	Novos materiais, eletrônica
ICI	Sanda, Hyogo	12/87	Especialidades químicas, fármacos
W.R.Grace	Atsugi	12/87	Especialidades químicas
Upjohn	Tsukuba	06/88	Biofármacos
Glaxo	n.d.	1989	Fármacos
Ciba-Geigy	Takarazuka	1989	Novos materiais, biofármacos
Bayer	n.d.	1989	Polímeros de alto desempenho
Shell	Tsukuba	1990	Especialidades químicas, polímeros
Rhône-Poulenc	Kanto	1990	Pesticidas

Fonte: Japan Economic Almanac, 1987.

1.5 A reorganização para o atendimento de indústrias específicas

Numa análise superficial, a reestruturação das empresas químicas europeias pode parecer emanar de uma simples reconversão de ativos de setores saturados para áreas mais promissoras, numa lógica financeira de conglomerado que é clássica. Porém, o deslocamento de uma excessiva concentração em *commodities* em direção a especialidades com maior valor agregado tem subjacente uma lógica industrial que privilegia o desenvolvimento de produtos voltados para o atendimento de grupos específicos de clientes; por exemplo, os materiais avançados para a indústria eletrônica.

Com efeito, apenas 50% dos produtos dessa indústria, que fatura anualmente cerca de US\$ 1 trilhão, são vendidos diretamente ao consumidor. Os outros são vendidos a outras indústrias para serem incorporados em outros bens de consumo final. Esse fator vem provocando transformações notáveis no comporta-

to tradicional das empresas químicas.

Por um lado, o aumento exponencial dos custos de pesquisa e de *marketing* provocou a redução dos alvos potenciais de expansão das atividades. Por exemplo, a ICI, no início de 1989, renunciou a suas operações na área da saúde animal, preferindo acelerar sua expansão no setor de tintas e revestimentos, onde ocupa o primeiro lugar mundial.

No entanto, a transformação mais importante foi a mudança de ênfase observada nas relações da indústria química com outros clientes industriais. De simples fornecedores genéricos de matérias primas organizados em diferentes divisões de acordo com a origem do insumo, as empresas químicas estão transformando-se em fornecedores privilegiados de produtos e serviços orientados para setores industriais-chave.

A Du Pont, por exemplo, modificou em 1988 sua estrutura organizacional, de forma a combinar sua competência na área de materiais e seus recursos tecnológicos numa só divisão - o Departamento de Produtos para o Automóvel (DPA) -, destinada a atender exclusivamente, mas em âmbito mundial, à indústria automobilística, que foi em 1988 o maior cliente da empresa, representando vendas de US\$2,5 bilhões a nível mundial, das quais cerca de US\$ 500 milhões na Europa.

A constituição dessa divisão representa para a Du Pont não só um meio de reforçar seu relacionamento com a indústria automobilística, mas também o início de um maior envolvimento em todos os níveis do processo de produção. Isto implica num trabalho conjunto com os processadores de matérias-primas, os produtores de componentes, os fornecedores de sistemas e os próprios construtores de automóveis na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos, no intuito de intensificar o uso de polímeros e outros materiais avançados produzidos pela firma, ou seja:

- **plásticos de engenharia**, segmento em que o grupo é o segundo produtor dos Estados Unidos, após a **General Electric**, e em que, além dos desenvolvimentos já apontados (Cf. Capítulo 1), sobressai o PVB (polivinil butiral); a empresa expandiu a capacidade para este produto nos EUA e criou na Bélgica um pólo central para a Europa;

- **compósitos estruturais e polímeros especiais**, especialmente borrachas sintéticas e elastômeros, para os quais a capacidade de produção na Europa duplicou;

- **tintas industriais de alto desempenho** (após a compra das atividades da **Ford** no setor, que marcam o retorno da **Du Pont** após as cessões efetuadas em 1983);

- **produtos para a eletrônica** usados no automóvel, como filmes e conectores elétricos e eletrônicos;

- **fibras têxteis** para assentos e revestimentos interiores etc.

Para desenvolver sua atividade nesse setor, a empresa fez construir um laboratório no Michigan para demonstração de novas tecnologias de acabamento, uma linha de demonstração que produz peças estruturais de grandes dimensões para automóveis em compósitos avançados, e uma usina em Kansas City, que monta e pinta pára-choques dianteiros e traseiros para uma unidade vizinha da **General Motors**. De forma idêntica, a **BASF** e a **ICI** abriram centros de pesquisa em Detroit para atender às necessidades da indústria automobilística americana.

Entretanto, uma das exigências dos construtores de automóveis é a capacidade dos produtores de materiais de montar organizações mundiais, multiplicando sua estrutura produtiva em todas as partes do mundo onde as usinas dos primeiros se encontram implantadas.

Um exemplo flagrante dessa orientação é a produção de tintas industriais, largamente controlada pelos grandes grupos

químicos, onde os produtores de automóveis dos EUA reduziram seu número de fornecedores a apenas três: **Du Pont**, **BASF** e **PPG**. Na Europa, a construção do mercado único em 1992 deverá produzir os mesmos efeitos. A **Hoechst** e a **Akzo** estão disputando intensamente o mercado europeu, mas em 1988 a **Du Pont** e a **ICI** criaram uma subsidiária conjunta, a **IDAC**, para atender os construtores de automóveis naquele mercado.

De uma forma global, em 1980 os dez maiores fabricantes de tintas mundiais controlavam entre eles menos de 20% do mercado, contra mais de 30% em 1987. Metade das vendas provêm de tintas comuns, ditas "decorativas", de características semelhantes a *commodities*. Porém a outra metade compreende produtos cada vez mais sofisticados, sob a forma de complexos de polímeros com funções como as de proteção contra a corrosão, resistência à abrasão e capacidade para resistir a altas temperaturas ou a condições atmosféricas extremas. Para além da "universalização" dos consumidores, o nível sofisticado de tecnologia necessário para permanecer competitivo e o aumento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento vêm também favorecendo a concentração observada.

Por outro lado, os grandes grupos químicos estão fazendo convergir cada vez mais suas atividades do setor de tintas para o atendimento a duas áreas: a indústria automobilística e o recobrimento de embalagens metálicas e de cascos de navios, para reduzir a corrosão e a facilitar a manutenção, ou de mísseis e aviões de combate, de forma a reduzir sua identificação pelo radar.²²

A **Du Pont** é considerada um dos líderes mundiais na produção de lacas e tintas para a indústria automobilística, com vendas anuais da ordem de US\$ 1 bilhão. Em contrapartida, a **ICI**, primeiro produtor mundial, com vendas da ordem de US\$ 2,5

²²Uma outra área de aplicação que vem aumentando de importância é o revestimento à base de poliuretano para dar uma cobertura rígida a "sanduíches" de vários tipos de plástico. Firms como a Bayer, ICI e Dow Chemical encontram-se entre os líderes desse tipo de aplicações.

bilhões, controla, através da subsidiária **Glidden** (adquirida em 1986), cerca de 90% do revestimento de latas de bebida nos EUA. Antes de tal compra, a **ICI** já era o líder mundial no recobrimento de latas para alimentos sólidos.

As exigências dos consumidores, que procuram obter uma maior consistência para seus produtos a nível mundial, levaram a empresa em 1989 a fundir todas as operações de revestimento de latas no interior de uma única divisão, que controla atualmente 28% do mercado mundial. Para conseguir aumentar sua parte no mercado de modo a atingir o objetivo de 40%, a nova divisão planeja expandir-se no Sudeste Asiático, onde a construção de um laboratório de pesquisa já está em estudo.

A estratégia global que consiste em tornar-se um dos poucos fornecedores mundiais de uma indústria em rápido crescimento vem assim polarizando a capacidade de crescimento dos grandes grupos químicos. Um dos objetivos mais pretendidos é evidentemente a penetração junto à indústria eletrônica japonesa, de forma a permitir a produção em massa de materiais integrados a produtos que serão comercializados em todo o mundo ou copiados por empresas locais.

Além disso, essa política vem provocando uma modificação das estratégias de penetração dos grandes grupos químicos no domínio dos materiais avançados. Face às exigências dos consumidores e no quadro da intensificação da concorrência entre materiais e da "globalização" dos mercados, eles estão vendo nessa penetração a oportunidade de aquisição de novas tecnologias no sentido de constituir extensas gamas de materiais.

Por essa razão, as principais empresas químicas que atuam nos materiais avançados parecem estar seguindo uma estratégia oposta à da difusão em massa dos produtores japoneses, e dando prioridade à política de redução do ciclo de vida do produto e da introdução correspondente de um número muito maior de vari-

antes, adaptadas às necessidades específicas de cada uso. Dessa forma esperam obter economias na diversificação das aplicações do produto e na amortização dos pesados investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e infra-estrutura e equipamento necessários ao desenvolvimento de novos materiais sobre uma gama maior de produtos.

Através desse processo, as empresas procuram introduzir-se nos mecanismos de substituição e de evolução dos materiais e adquirir competências que podem vir a ser necessárias para não saírem perdedoras num eventual desfecho de um combate de concorrência entre materiais.²³ Se com essa variedade a complexidade dos conhecimentos necessários ao desenvolvimento da atividade aumenta, isso significa que será necessário manter as diferentes opções econômicas e tecnológicas em aberto, de forma contínua, e não apenas até que uma delas se imponha de forma definitiva.²⁴

É assim que, no interior das estruturas de pesquisa e desenvolvimento de muitos grupos químicos, materiais tidos antes como concorrentes aparecem agora como complementares. Isso significa que, dada a diminuição da padronização dos produtos, a orientação das pesquisas das propriedades técnicas dos materiais está desviando-se da procura de substitutos para a busca de complementariedades, o que implica que, à semelhança do que acontece já entre metais primários e sucatas, os materiais serão cada vez menos mutuamente exclusivos.

Parece então que, para além das estratégias de penetração dos produtores de metais não ferrosos - que atuam prioritariamente no desenvolvimento de materiais que lhe são específicos

²³ Ver a este respeito Patrick Llerena, do Instituto BETA: "Matériaux et processus d'intégration inter-entreprises et intra-entreprises", Seminário do Projeto FAST, publicado em 1984 sob o título Os Novos Materiais.

²⁴ Ver a este respeito Danièle Kieny e Ehud Zuscovitch, do Instituto BETA: "Les céramiques techniques entre l'apprentissage et la variété", do mesmo livro da nota anterior.

para combater a substituição ou, em caso limite, tomam posições na produção de materiais que lhe são específicos para combater a substituição ou, em caso limite, tomam posições na produção de materiais concorrentes -, as empresas químicas compreenderam que podem beneficiar-se de seu *know how* de base para desenvolverem sinergias na aquisição de tecnologia relativa a outros materiais -, e assim serem capazes de melhor fornecer as melhores opções a seus clientes.

2. AS SIDERÚRGICAS JAPONESAS

2.1 A dinâmica de desenvolvimento dos materiais avançados no Japão

A siderurgia japonesa é atualmente a primeira do mundo em termos de volume de produção, de produtividade e do nível tecnológico que caracteriza tanto seu aparelho industrial como os produtos por ela fabricados. Estimulada pelo desenvolvimento da indústria automobilística, ela conseguiu aumentar quantitativa e qualitativamente sua produção, orientando-a para aços mais funcionais e de mais alto desempenho.

O sucesso obtido por essa dinâmica de crescimento, associado a uma boa compreensão dos efeitos que uma estratégia industrial coerente a nível dos materiais pode ter sobre a competitividade, está na origem de uma reflexão que começou no final dos anos 70 sobre o impacto das mutações tecnológicas sobre as estruturas industriais.

Coordenada pelo Governo, a indústria e as universidades, a discussão fez ressaltar a importância fundamental do desempenho dos materiais em diferentes funções técnicas para a evolução não só de novas indústrias como das próprias indústrias tradicionais.

No início dos anos 80, ela serviu de base à implementação de uma estratégia coerente e de um apoio sistemático à pesquisa e desenvolvimento na área de novos materiais. Uma correlação foi estabelecida entre os diferentes tipos de materiais avançados e os campos funcionais potencialmente coberto por cada um deles. O Quadro 2.8 apresenta uma versão simplificada desse cruzamento.

Resulta desse quadro que os quatro tipos principais de materiais têm aptidões diferentes para responder às necessidades funcionais do desenvolvimento tecnológico das indústrias consumidoras:

- as **cerâmicas avançadas** aparecem como tendo as capacidades funcionais mais amplas, cobrindo todas as funções de classificação;

- os **polímeros de alto desempenho e alta funcionalidade** apresentam o mesma polivalência, exceto no que se refere às funções magnéticas, marginais em termos de mercado (lembramos que as prioridades do Governo nesse domínio foram para os polímeros com alta resistência estrutural e baixo peso para a indústria aeronáutica, os polímeros condutores e materiais para utilização em processos de separação por membranas) ²⁵;

- os **metais e novas ligas** estão bem posicionais nos segmentos mais promissores do mercado, à exceção das funções óticas; segundo as prioridades do MITI, o desenvolvimento desse tipo de materiais deveria ter em vista as aplicações em semicondutores, elementos fotovoltaicos e em produtos sujeitos a fortes tensões, como lâminas de turbinas;

- os **compósitos** aparecem como tendo a mais fraca cobertura funcional, limitada às funções mecânicas e térmicas.

Este quadro corresponde de forma bastante precisa aos

²⁵Ver a este respeito, por exemplo, Gene Gregory: "New Materials Technology in Japan", in Tom FORESTER (ed.): The Materials in Revolution, Basil, Blackweel, Oxford, 1988.

padrões de consumo japonês de materiais avançados quando comparados à Europa e aos Estados Unidos, ou seja: alto consumo de cerâmicas avançadas e de polímeros de alto desempenho (plásticos técnicos), bom posicionamento nos metais de alta pureza bem como nos funcionais (metais amorfos e com memória de forma, silício etc) e fraca utilização dos compósitos.

Quadro 2.8

Principais propriedades funcionais dos materiais avançados segundo o MITI				
Funções Cobertas	MATERIAIS			
	Cerâmicas avançadas	Polímeros de alto desempenho e funcionalidade	Novas ligas e metais de alta pureza	Compósitos e plásticos reforçados
Mecânicas	x	x	x	x
Térmicas	x	x	x	x
Elétricas/Eletrônic.	x	x	x	
Magnéticas	x		x	
Óticas	x	x		
Químicas	x	x		
Biológicas	x	x		

Fonte: MITI

A focalização sobre as cerâmicas avançadas constitui a característica flagrante da política japonesa para os materiais avançados. De uma forma geral, a estratégia japonesa nesse domínio situa-se em continuidade com uma especialização internacional já existente, à qual se sobrepõe a aposta do desenvolvimento das cerâmicas estruturais.

O outro setor de forte desenvolvimento de materiais avançados no Japão são os polímeros de alto desempenho e funcionalidade, em razão de sua fácil adaptação às mais diversas exigências e facilidade de transformação em grandes séries. Esses materiais constituem a estrutura de base dos produtos miniaturizados de forte valor acrescentado da indústria eletrônica, e deverão acompanhar a evolução desta em direção a uma sofisticação crescente.

Praticamente todos os grandes produtores estão presentes nesse segmento, tanto os grupos químicos como os siderúrgicos. Trata-se de uma área onde o Japão ocupa já uma posição de liderança mundial, devido à sua especialização internacional, e que deverá continuar a atender as necessidades em materiais dos novos produtos industriais.

Em contrapartida, dois setores parecem particularmente menosprezados na visão japonesa: o alumínio e os compósitos.

A indústria de alumínio vem diminuindo de importância, dado o encerramento da quase totalidade da capacidade de eletrolise no Japão, devido à perda de competitividade estrutural. Os grupos atualmente presentes na transformação de alumínio não têm nesse setor sua atividade principal, mas sim na química, na siderurgia ou na transformação de outros não-ferrosos (especialmente o cobre).

Por outro lado, a posição dos grupos japoneses na área dos compósitos é muito especial, a indústria química sendo uma das poucas áreas onde o Japão é relativamente mais fraco que a Europa e os EUA. Em resultado, não apareceram ainda grupos japoneses capazes de concorrer com os grandes químicos europeus e americanos no desenvolvimento de uma estratégia global no domínio dos compósitos. Saliente-se entretanto as ambições manifestas pelos grupos Sumitomo, Asahi e Mitsui.

Os grupos japoneses parecem então ter abordado os materiais compósitos evitando as áreas onde se exerce o domínio europeu e norte-americano, especializando-se em segmentos de alto desempenho bem específicos: inicialmente as fibras de carbono, onde atualmente sua liderança é incontestável, e, mais recentemente, os compósitos de matrizes cerâmica e metálica. Embora as empresas japonesas sejam muito ativas nessas áreas, sua alta especialização em áreas de alta sofisticação não lhes tem facultado, pelo menos por enquanto, aplicações de massa no domínio dos compósitos.

Assim, por exemplo, o consumo de plásticos reforçados por unidade do PNB no Japão é semelhante ao da Europa e inferior de um terço em relação ao dos EUA. Esse consumo corresponde essencialmente a aplicações não industriais (como mate-

rial sanitário e reservatórios), uma vez que as grandes séries da indústria japonesa (automobilística, elétrica e eletrônica essencialmente) limitaram fortemente sua utilização fora dos mercados particularmente adaptados.

Os principais beneficiários do bloqueio da difusão desse tipo de materiais parecem ser os plásticos técnicos e os metais, que vêm sofrendo evoluções técnicas a nível de sua utilização muito mais acentuadas do que nos Estados Unidos e na Europa.

2.2 Presença das siderúrgicas japonesas nos materiais avançados

No início dos anos 80, os grandes grupos siderúrgicos integrados japoneses atravessaram uma espécie de crise de identidade, revelando-se temporariamente incapazes de identificar as medidas necessárias para reverter a contínua redução de sua rentabilidade, resultante da recessão econômica, da alta do yen em relação ao dólar, de uma competição feroz dos pequenos produtores e dos produtores dos novos países industrializados, de um protecionismo crescente a nível do comércio internacional de aço e de uma ameaça progressiva de perda de parte do mercado em favor dos materiais avançados.

Respondendo a essa situação, esses grupos lançaram-se numa importante campanha de inovação tecnológica, destinada a reverter a erosão de sua atividade de base. As funções desempenhadas pelo aço, que continua sendo o material mais importante na grande maioria dos setores industriais, foram chamadas a evoluir consideravelmente ao longo dos últimos anos, respondendo à diversidade crescente das necessidades dos consumidores e às demandas de uma sofisticação do material. Assim nasceram os aços funcionais, como os aços de alta resistência, os laminados revestidos, os aços eletromagnéticos, as placas contra a vibração

etc.

Por outro lado, as siderúrgicas japonesas procuraram posicionar-se em novos setores que apresentam um forte potencial de crescimento, como é o caso dos materiais avançados, que permite, além disso, a utilização de tecnologias próximas às já desenvolvidas por estes produtores, e facultam a manutenção de um *status quo* que lhes é caro, a saber, o de grandes fornecedores de materiais a setores industriais específicos.

a) Um "conglomerado de técnicas de ponta"

Estimulados por uma dinâmica de crescimento própria e pela necessidade de gerir a interface entre seus produtos tradicionais e os materiais de alta funcionalidade, os grandes grupos siderúrgicos japoneses posicionaram-se sobre uma vasta gama de materiais avançados no decorrer dos últimos anos (Quadro 2.9).

Os setores onde essas empresas já atingiram a fase de produção são as cerâmicas avançadas (todas cinco), os plásticos de engenharia (**Kawasaki, Nippon Kokan e Sumitomo**), as fibras de carbono (**Nippon Steel e Sumitomo**) e os novos materiais metálicos: pós, superligas e ferritas (todas cinco), titânio (**Nippon Steel e Sumitomo**, e **Kobe Steel** desde 1949) e silício para semicondutores (**Nippon Steel, Nippon Kokan, Kawasaki e Sumitomo**).

O objetivo pretendido das siderúrgicas era o de romper com a lógica tradicional que fazia passar seu crescimento pelas expansões sistemáticas de capacidade de produção de aço, para, através de uma diversificação de grande amplitude, reposicionarem-se como produtores de uma larga gama de materiais de engenharia, incluindo o aço. Os principais setores visados são o automobilístico e eletrônico. Nesse movimento, estas empresas puderam contar com duas enormes vantagens comparativas.

Quadro 2.9

Atuação das siderúrgicas japonesas nos materiais avançados					
Constituição da Divisão	Nippon Steel	Nippon Kokan	Sumitomo Metals	Kobe Steel	Kawasaki Steel
	07/84	07/83	05/84	08/83	05/85
Novos Materiais					
Titânio	x	x	x	x	
Metais Amorfos		x	x		
Ligas com memória de forma			x	x	
Materiais Compostos					
Fibras de Aço	x	x	x	x	x
Fibras de Aço Plásticos	x	x	x	x	x
Fibras de carbono	x	x	x	x	x
Cerâmicas					
Alumina	x				
Cerâmicas Avançadas	x	x	x	x	x

(i) Uma forte competência na produção em grande escala de aço para todos os tipos de aplicações estruturais. A elas se veio juntar, após o segundo choque do petróleo, o desenvolvimento de processos de produção em contínuo ou seqüenciais,

essencialmente destinados à conservação de energia e à redução da mão-de-obra.

(ii) Um eficaz sistema de distribuição, facilitando o contato com os clientes e a comercialização dos produtos. A tendência à diversificação das necessidades dos consumidores, associada aos notáveis progressos conseguidos a nível dos equipamentos e das tecnologias de operação, permitiram o desenvolvimento de processos de produção mais eficientes e a descoberta de novas funções para os produtos das empresas.

Assim, em resultado de um esforço contínuo de pesquisa e desenvolvimento e de inovação tecnológica, a siderurgia japonesa conseguiu transformar muitos de seus produtos tradicionais de aço em verdadeiros materiais avançados. Constituindo as tecnologias siderúrgicas um "conglomerado de técnicas de ponta", elas permitiram também lançar as bases técnicas para o desenvolvimento de outros materiais avançados (Figura 2.1).

As técnicas de solidificação e laminagem, por exemplo, permitiram a fabricação de materiais compósitos à base de um metal amorfo reforçado por fibras. As tecnologias de controle de precisão, processamento e análise de cristais, desenvolvidas pela indústria para melhorar a qualidade dos produtos siderúrgicos, puderam ser aplicadas às técnicas de manufatura de novos materiais metálicos, como o dos metais com memória de forma ou dos *wafers* de silicone. De igual forma, os processos siderúrgicos exigiram dos produtores o domínio da metalurgia de ligas avançadas e do silício, utilizado na produção de placas eletromagnéticas.

Por outro lado, os refratários dos altos-fornos permitiram a aquisição de experiência que pode ser aplicada nas cerâmicas técnicas, e a produção de laminados "sanduíche" e de aços revestidos introduziram as siderúrgicas nas técnicas necessárias ao processamento de resinas e de materias compósitos.

Paralelamente, as tecnologias e os sistemas de monitoramento

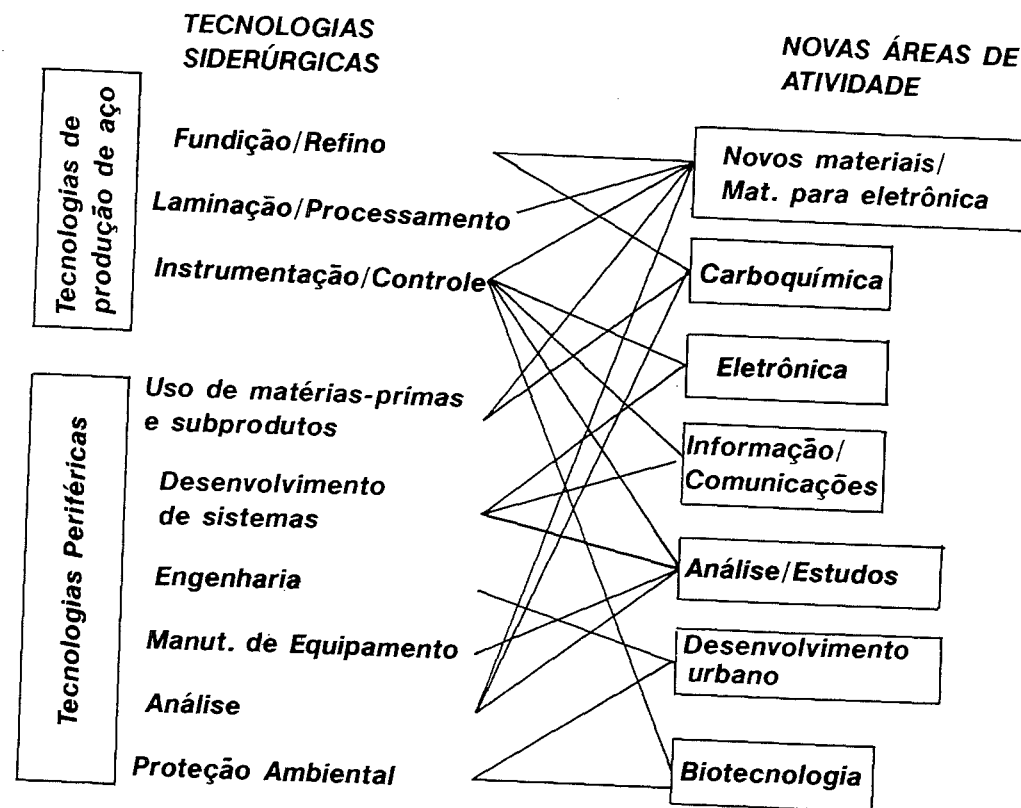


FIG. 2.1 - POTENCIAL DE NOVAS APLICAÇÕES PARA TECNOLOGIAS SIDERÚRGICAS

e controle informatizado dos processos siderúrgicos facilitaram a entrada na indústria eletrônica e de comunicações, enquanto as técnicas de apoio para a construção de unidades industriais estão permitindo a intervenção em projetos de desenvolvimento urbano, e as medidas de proteção ambiental, como o reflorestamento e o tratamento de resíduos, se prestam a um envolvimento na biotecnologia.

A importância econômica da indústria siderúrgica japonesa e a capacidade financeira das empresas que a constituem levou as últimas a procurarem responder a uma visão de declínio da produção de aço através de um posicionamento na indústria dos materiais simultaneamente generalista e sofisticado, e capaz de oferecer novos pólos de crescimento em domínios próximos ao de sua atividade tradicional.

b) A autonomia da química e a reorganização das atividades de pesquisa e desenvolvimento

A diversificação das siderúrgicas japonesas nos materiais avançados se fez, a maior parte das vezes, a partir do desenvolvimento de uma atividade química preexistente e da reorganização das atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Assim, o acompanhamento das rápidas evoluções tecnológicas no domínio dos materiais avançados exigiu uma profunda reorganização dessas últimas atividades, o que passou normalmente pela constituição de novos laboratórios mais ou menos independentes da pesquisa siderúrgica, considerados como verdadeiras "jazidas tecnológicas" para o desenvolvimento de novos produtos e permitindo alavancar a diversificação na área dos materiais.

Na **Nippon Steel**, por exemplo, as estruturas de organização de pesquisa e desenvolvimento foram totalmente reformuladas em 1983. As três comissões de pesquisa antes existentes, orientadas para os aspectos básicos, produtos e processos, foram reagrupadas num único órgão que integrou pesquisa de novos

produtos ao longo de todas as fases de produção, dos aspectos fundamentais até a aplicação industrial.

Por outro lado, a produção de aço é em si o resultado de uma gigantesca reação química, o que permitiu a aquisição de um conhecimento e de uma capacitação própria dentro do setor químico. Entretanto, devido à utilização em grande escala do carvão, a abordagem da química pelas siderúrgicas japonesas se fez quase exclusivamente pelo lado da carboquímica.

A **Nippon Steel**, presente no setor químico desde a sua formação em 1907, foi a primeira siderúrgica japonesa a se interessar pelo setor. Começando pela destilação do alcatrão, a empresa passou rapidamente à produção de óleos leves (1916), e de benzeno e de fenol (1924). Interrompidas durante a Guerra, as atividades no setor foram retomadas em 1956, com a adoção das técnicas da petroquímica para a produção de metanol, amônia e estireno a partir dos gases de coque.

A partir de então, a empresa separou suas atividades químicas das operações siderúrgicas, e estabeleceu subsidiárias autônomas para o desenvolvimento das atividades no setor químico. A subsequente expansão das operações fez dessa empresa, no início dos anos 80, uma das dez maiores empresas químicas do Japão, atuando em áreas como o coque para eletrodos de alumínio, naf-taleno, poliestireno, náilon e amônia.

Nos anos 80, a crise de energia colocou em posição de relevo as vantagens e o potencial da carboquímica no Japão. Novos desenvolvimentos tecnológicos estão sendo pesquisados no domínio dos materiais compósitos (essencialmente plásticos reforçados), dos materiais à base de carbono, dos materiais magnéticos e da química dos gases.

No entanto, devido à concorrência das grandes unidades de produção petroquímicas, uma grande parte das atividades carboquímicas desenvolvidas por outras empresas siderúrgicas ja-

ponesas não conheceram o sucesso obtido pela **Nippon Steel**. Atualmente apenas três empresas desenvolvem atividades nessa área: a **Nippon Steel**, **Kawasaki Steel** e **Sumitomo Metals**. O Quadro 2.10 apresenta um resumo da atuação desses três grupos siderúrgicos no setor químico.

A **Kawasaki Steel** instituiu em 1984 a sua Divisão Química, por integração de sua subsidiária nesse setor, a **Kawatetsu Kagaku**. Após uma fase de consolidação, centrada principalmente em torno da produção de ferritas e outros materiais de ponta para a eletrônica e na pesquisa de fibras de carbono e cerâmicas estruturais, essa divisão opera atualmente uma importante mudança na direção de seu crescimento.

Graças à constituição de novas filiais e à introdução de um certo número de novos produtos, a empresa está empenhada em se afastar progressivamente da produção de *commodities* carboquímicas, responsáveis ainda em 1987 por 90% de um faturamento que se manteve sensivelmente estável no decorrer dos últimos cinco anos.

A empresa pretende antes acelerar a penetração nas especialidades químicas e nos plásticos de engenharia,²⁶ setores que permitem um maior valor agregado e uma maior proteção face à concorrência, porque voltados para a satisfação das necessidades dos consumidores e à prestação de um serviço técnico.²⁷ Da mesma forma, os esforços de pesquisa convergem atualmente para o desenvolvimento de plásticos de engenharia de alta dureza e resistência ao calor, de oligômeros reativos de estireno e de compósitos carbono-carbono, para uso na indústria aeronáutica.

²⁶É o caso, por exemplo, do **KMFC (Kawasaki Mesophase Fine Carbon)**, do surfactante uma especialidade química produzida pela subsidiária **K & D Fine Chemical Corp.** e do **Valerex**, um tipo de polietileno produzido pela subsidiária **Sun River Plastics Co.** todos introduzidos em 1987. Cf. *Newsletter Kawasaki Steel Corp.* Vol. 11 nº 1, Janeiro/Fevereiro 1989.

²⁷Paralelamente, a empresa associou-se a 50% com a **TOTO Ltda**, um importante produtor de equipamento em cerâmicas avançadas, constituindo ainda a **Nihon Yupro Co.** para a produção de esquentadores a gás.

Quanto à **Sumitomo Metals Industries**, sua atuação na indústria química se faz através da subsidiária **Sumikin Kako**. Em associação com a sociedade **Kureha Kagaku**, o grupo **Sumi-tomo** desenvolveu, a partir de carvão, fibras de carbono à base de piche, tendo em vista sua aplicação prioritária em cimento reforçado por fibras de carbono. O grupo colabora ainda com a **NEDO (Organização para Desenvolvimento de Novas Energias)** no aperfeiçoamento de um sistema de secagem industrial por energia solar. Já testado nos EUA, esse sistema utiliza fibras de carbono nas palhetas do aparelho coletor de energia solar.

Cabe referir ainda a atuação de outros grupos siderúrgicos também presentes na química mas com atividades de menor peso. É o caso da **Nippon Kokan**, que em 1984 decidiu lançar-se na carboquímica, a partir da destilação do alcatrão, atividade que a empresa havia abandonado no início dos anos 1970. A médio prazo, seus objetivos são a produção de fibras de carbono, de materiais sofisticados em carbono para a indústria nuclear, de instrumentos de fabricação de semicondutores etc.

Quadro 2.10

Perfil da diversificação dos grupos siderúrgicos japoneses na indústria química				
Nippon Steel			Kawasaki Steel	Sumitomo
Nippon Steel Corp.	Nippon Steel Chemical	Nittatsu Chem. Industrial Co.	Kawatetsu Kagaku	Sumikin Kako Co.
Óleo de carvão	Coque	Coque de alcatrão	Coque	Coque
Alcatrão	Amônia	Carbono negro	Sulf. amônia	Alcatrão
Gasóleo	Sulfato amônia	Epóxi para verniz	Alcatrão	Gasóleo
Sulf. amônia	Amianto unidirecionado	Tintas especiais	Óleo creosotado	Naftaleno
Fenol	Escória de alto forno para cimento	Outros	Naftaleno	Óleo creosotado
Naftaleno			Gasóleo	Amônia
Benzeno	Alcatrão, Benzeno		Benzeno	Sulf. amônia
Tolueno	Tolueno, Naftaleno		Tolueno	Ácido sulfúrico
Cicloexano	Estireno, Xileno		Xileno	Gesso
Outros	Óleo creosotado		Epóxiemamal	Outros
	Resina de poliestireno		Óxidos de ferro	
	Bifenil e derivados		Ferritas	
	Gases		Outros	
	Fibras cerâmicas			
	Outros			

Fonte: Japan Steel Bulletin

No que diz respeito à **Kobe Steel**, sua competência na área de compostos é reconhecida. Isso permitiu à empresa um rápido desenvolvimento a nível das fibras de carbono de alta resistência

e elasticidade utilizadas na construção mecânica.

c) Três modelos de diversificação diferentes

Antes de apresentarmos o perfil de atuação de três grupos siderúrgicos nos materiais avançados - **Nippon Steel, Nippon Kokan e Kobe Steel** -, cabe referir que o modo de diversificação não é idêntico para todos os casos observados.

O modelo dominante é o da **Nippon Steel**, empresa mais importante e de certa forma líder do setor. Consiste no desenvolver de atividades em "arborescência" a partir das tecnologias adquiridas pela empresa, e pode ser resumido na figura da árvore apresentada mais adiante.

A concepção desse modelo de diversificação é um exemplo acabado de diversificação atual, onde cada uma das tecnologias necessárias ao exercício da atividade siderúrgica é valorizada através de sua utilização como "cabeça de ponte" para a entrada numa atividade correlata.

Entretanto, a entrada numa nova atividade sendo frequentemente uma operação arriscada, este tipo de operação tem sido na maior parte dos casos conduzido de forma prudente, através de um forte esforço preliminar de P&D. Se este comportamento permite acompanhar "do interior" as mais importantes evoluções em curso no domínio de atividade em questão, ele tem o inconveniente de ser manifestamente insuficiente para a tomada de uma posição de força no seu interior.

Desta forma, num momento em que a atividade siderúrgica conhece uma espetacular mudança de conjuntura e que a produção do aço conhece rápidas evoluções tecnológicas, caberia se interrogar sobre as verdadeiras intenções industriais da presença em certas áreas dos materiais avançados da **Nippon Steel** e de outras siderúrgicas japonesas que seguiram o mesmo modelo de diversificação, como a **Nippon Kokan** e a **Kawasaki Steel**.

Cabe ressaltar que os investimentos efetuados nessas áreas não são de forma nenhuma um engajamento firme que arrume no médio prazo estas empresas aos setores de atividade em questão.

Completamente diferente é a abordagem seguida pela **Kobe Steel**, que apesar da menor envergadura financeira segue uma orientação mais próxima da indústria química. Ou seja, apoiada por um serviço global de P&D, a firma procura um posicionamento a nível mundial em certas áreas onde ela já ocupa uma situação de liderança.

A diferença do exemplo anterior, as sinergias necessárias à diversificação aparecem essencialmente a nível das tecnologias de processamento, controle e transformação, área onde a empresa detém uma forte competência para diversos materiais.

Um terceiro caso não analisado mas na aparência igualmente sólido é o da **Sumitomo Metals**, onde o grupo pode contar no que respeita ao desenvolvimento de sinergias para a entrada em outros materiais com os inúmeros *know hows* já desenvolvidos em outras empresas do mesmo grupo.

A partir do posicionamento em materiais concorrentes mas complementares - metais, plásticos e cerâmicas - o grupo desenvolve agora no seu interior uma estratégia de entrada nos materiais compósitos para aplicação em setores específicos onde suas empresas ocupam posições de destaque.

2.3 A Estratégia de diversificação da Nippon Steel

O objetivo da **Nippon Steel** na área dos materiais avançados é o de tornar-se o maior produtor mundial, envolvido em todas as fases de sua produção, das matérias-primas até o produto acabado. A atuação da empresa rege-se pela vontade de alcançar, tanto no Japão como a nível internacional, uma superioridade

técnica semelhante à que caracteriza atualmente sua produção de aço.

Para o efeito, a empresa conta antes de mais com sua vasta experiência técnica adquirida em suas atividades de base. Com efeito, a atividade siderúrgica engloba uma série de tecnologias, da metalurgia e transformação do metal até o controle, instrumentação e computarização dos processos. Mais recentemente, a siderurgia vem fazendo apelo às mais modernas tecnologias como a eletrônica, o *laser* e mesmo a biotecnologia, cada vez mais utilizadas tanto a nível de microtextura como do tratamento de superfície dos aços avançados.

Com base em sua experiência anterior, a **Nippon Steel** adquiriu e otimizou uma forte capacitação a nível de recursos humanos e tecnológicos não só em termos de produção de aço mas também nas áreas de pesquisa básica, sistematização, instrumentação e controle de produção, conservação da energia e automatização.

Esta capacitação está agora sendo usada para a diversificação da empresa em três novos setores - a química, os novos materiais e a eletrônica, que conjuntamente com a siderurgia e a engenharia constituem as cinco principais áreas de atuação da empresa (Figura 2.2).

As atividades químicas da empresa foram apresentadas anteriormente. Passaremos agora a uma rápida discussão dos outros setores resultantes da diversificação da **Nippon Steel**, todos eles contendo um forte componente ligado ao desenvolvimento e a produção de novos materiais. Ressalta-se entretanto que o aço continua sendo responsável por quase 90% do faturamento da firma.

a) Novos materiais

Criada em 1984, esta divisão atua em cinco áreas principais.

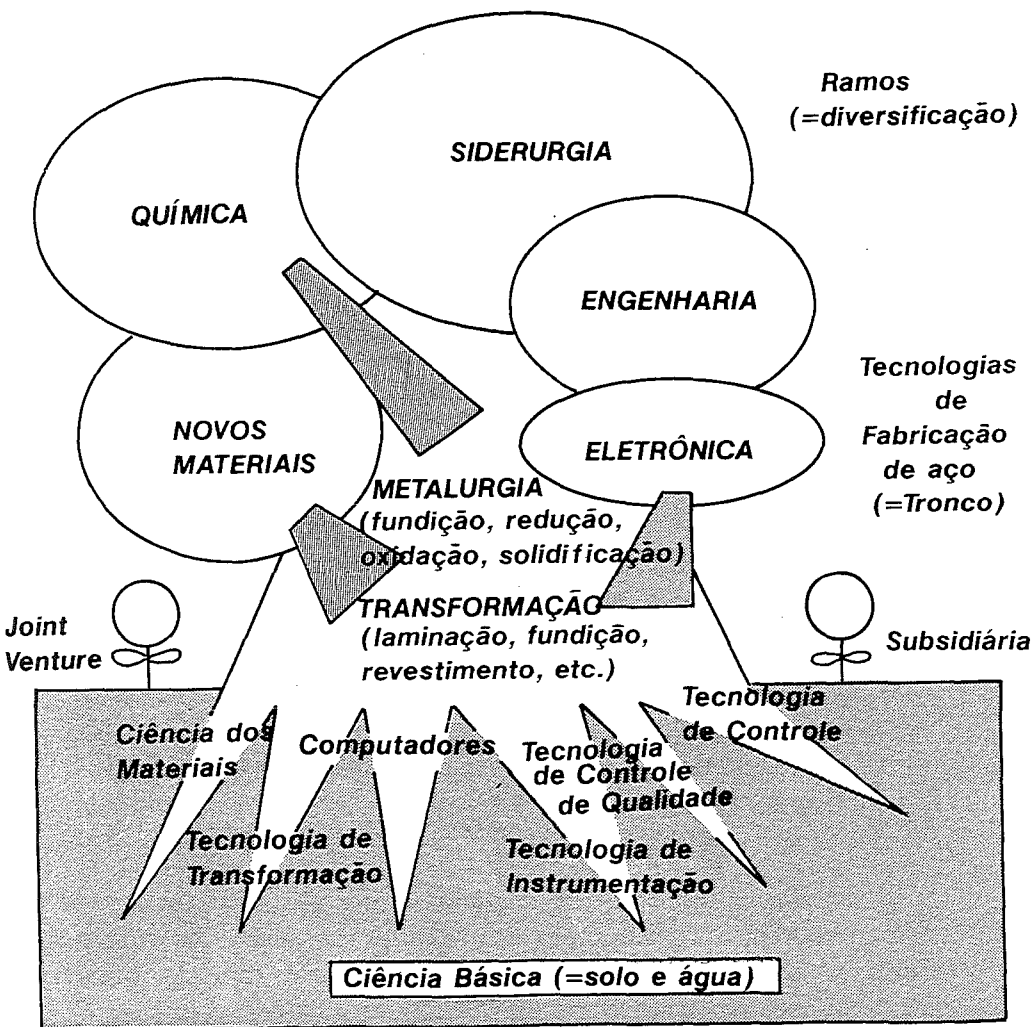


FIG. 2.2 - A ÁRVORE TECNOLÓGICA DA NIPPON STEEL. OU COMO TECNOLOGIAS PROVENIENTES DA ATIVIDADE SIDERÚRGICA PODEM ESTAR NA ORIGEM DA DIVERSIFICAÇÃO EM ATIVIDADES DE PONTA.

(i) **Cerâmicas avançadas.** A pesquisa neste setor foi iniciada em 1982, voltada para os pós e produtos cerâmicos sinterizados e suas aplicações nos processos siderúrgicos. O primeiro laboratório da empresa especializado em cerâmicas data de 1983.

Atualmente, a subsidiária **Micron Corporation** (60% **Hari-ma Refractories** e 40% **Nippon Steel**), produz microesferas de cerâmica sílica-alumina para embalagens de circuitos integrados, enquanto que a **PNN Corporation** fabrica componentes cerâmicos para a indústria eletrônica (Ver Eletrônica).

Através da subsidiária **Kurosaki Yogo**, a companhia está ainda engajada no desenvolvimento de cerâmicas técnicas à base de alumina, zircônio, carbureto de silício e sialon (ZACs). Um novo tipo de cerâmica avançada à base de compostos de nitreto e carbureto de silício introduzida pela empresa - a **Kuroceram-N** - abre novas perspectivas à utilização de cerâmicas em peças de construção mecânica (trocaadores térmicos, tubos etc).

Paralelamente, a **Nippon Steel** e a **Nittetsu Kagaku**, uma subsidiária da área química, começaram a produzir lã mineral de alta qualidade, o "**Ace Mat**", um novo tipo de fibra cerâmica usado como suporte ativo para plantação de arroz fora do solo.

(ii) **Produtos químicos e compostos.** Através da *joint-venture* **Finetec Co.** (**Nittetsu Shoji**: 70%, **Nippon Steel**: 30%), a firma produz materiais desoxidantes. Além disso, em 1985, a empresa desenvolveu fibras de carbono longas à base de piche em seu laboratório de Kawasaki, criado para esse efeito em 1981. Trata-se do aperfeiçoamento de um processo industrial integrado, envolvendo o refino do brai, sua transformação em fibra, a carbonização, a grafitização e a comercialização do produto assim como da engenharia do processo.

(iii) **Materiais magnéticos.** Grande produtor de óxidos de ferro através da subsidiária **Tetsugen**, a empresa está envolvida na pesquisa e desenvolvimento de ferritas magnéticas e de mag-

netos de terras raras, bem como na fabricação de semiprodutos neste tipo de materiais.

(iv) **Ligas funcionais.** A empresa desenvolve pesquisas na área de ligas com memória de forma, metais amorfos e híbridos metálicos.

(v) **Eletrônica.**

b) **Eletrônica**

A divisão de eletrônica da empresa foi constituída em 1986 visando uma atuação integrada dos materiais até a produção de sistemas e equipamentos. Num primeiro momento, as atividades da empresa se orientam para quatro segmentos:

(i) **Materiais para a eletrônica.** Beneficiando-se de sua competência siderúrgica na área das técnicas de controle de cristalização, a **Nippon Steel** associou-se em 1985 à **Nittetsu Electron Corporation** para a produção de silicone *wafers*; a Divisão de Materiais Avançados produz também compostos químicos, materiais magnéticos, cerâmicas e outros produtos.

(ii) **Instrumentos e acessórios para a eletrônica.** Em 1986, a **Nippon Steel** estabeleceu uma associação com a **Gloeil-ampnenfabrieken da Phillips (40%)** e a **Nippon Chemi-Con Corporation of Japan (30%)** para a produção de um condensador cerâmico multicamadas utilizando um processo técnico da **Phillips**. Dois anos mais tarde, a empresa tornou-se o principal acionista (18%) da sociedade **Sankyo Selki**, um dos mais importantes produtores de componentes eletrônicos do Japão.

(iii) **Computadores.** Neste segmento a firma estabeleceu uma *joint-venture* com o produtor norte-americano **Concurrent Computer Corporation - Concurrent Nippon Corporation** - para a comercialização e posteriormente a produção de super-mini computadores.

(IV) **Sistemas de equipamentos eletrônicos.** Num primeiro momento, esta atividade consiste essencialmente na produção e venda de equipamentos desenvolvidos pela empresa para a produção de aço como, por exemplo, processadores de imagens, equipamentos de controle por medição e robôs.

c) **Engenharia**

Este setor, que em 1974 se tornou autônomo dentro da estrutura de organização da empresa, desenvolve essencialmente três tipos de atividades.

- construção de plantas para a siderurgia e a indústria química;

- transferência de tecnologia siderúrgica, apoiada na tecnologia operacional da empresa e na produção de equipamentos;

- consolidação de novas atividades no âmbito da engenharia civil e da transformação do aço através do desenvolvimento de tecnologias permitindo a introdução de novos usos para o aço e o aumento do valor agregado dos produtos siderúrgicos.

A partir de 1986, esta divisão passou também a integrar um serviço de fabricação de equipamentos de transformação de novos materiais que atualmente constrói e comercializa aparelhos de deposição plásmica a baixa pressão "LPPS" (Low Pressure Spray) e prensas isostáticas a quente e a frio ("HIP" e "CIP", respectivamente *hot e cold isostatic presses*).

d) **Outros setores**

Em 1986, a **Nippon Steel** entrou também na biotecnologia e no setor de informação e comunicações, onde a subsidiária **Nippon Steel Information & Communication Systems Inc.** efetuou três *joint-ventures* com líderes do setor: a **Nippon Steel System Service Corp. (IBM:44%)**, a **Nittetsu Hitachi Systems Engineering Inc. (com a Hitachi)** e a **NCI**

Systems Integration Inc. (com a **C. Itoh**). Acessoriamente, a empresa está procurando novas oportunidades de investimento nos setores imobiliários (desenvolvimento urbano e regional) e de serviços.

2.4 A diversificação da **Nippon Kokan** nos materiais avançados.

A **Nippon Kokan** é o segundo maior produtor de aço do Japão, após a **Nippon Steel**. Sua divisão de novos materiais foi constituída em 1985, a partir do setor de ferroligas e da criação prévia de um centro de desenvolvimento de novos materiais em 1983. O ponto de partida foi a vontade de explorar as técnicas de fabricação de materiais utilizados nos setores da siderurgia e de ferroligas em associação com as tecnologias de transformação aplicadas nos setores de construção naval e de mecânica pesada.

Atualmente, seus principais campos de atuação são a carboquímica e as cerâmicas avançadas, embora a divisão atue igualmente nas áreas de plásticos e de novos materiais metálicos.

a) Cerâmicas

A partir de 1985, a **Nippon Kokan** começou a produzir pó de silício (nitreto e carbureto de silício), enviado à subsidiária **Shinagawa Shiroenga** para a produção de refratários de alta qualidade para circuitos integrados. Em 1987, a empresa começou também a produzir zircônio de alta pureza. Atualmente, a subsidiária desenvolve uma cerâmica avançada à base de zircônio em fibras longas de 20 a 30mm, para diversificar a produção face à redução da demanda de refratários.

Por outro lado, a empresa desenvolve também uma cerâmica sintetizada à base de diboreto de titânio, e, em colaboração com a **Tokyo Yogyo**, um compósito de cerâmica avançada à base de

sialon e de nitreto de boro para aplicação em peças de construção mecânica de alta temperatura.

b) Plásticos

A **Nippon Kokan** é a segunda siderúrgica japonesa a penetrar no mercado de tubos de plástico, após a **Kubota Tekko**. As atividades começaram em 1986, incidindo sobre a fabricação de tubos e juntas em polietileno para condutores de gás. O equipamento de extrusão foi adquirido na Alemanha Ocidental, e o equipamento para a produção de juntas à **Toshiba Kikai**, do Japão.

Seu departamento de polímeros da divisão de novos materiais desenvolve ainda toda uma gama de produtos extrudados de plástico reforçado com fibras de vidro (FRP) para utilização na construção civil e nas indústrias automobilística e naval. Essa atividade é o resultado de uma longa experiência nos domínios da análise de estruturas (divisão de siderurgia), da fabricação de materiais sujeitos a altas pressões (divisão de construção mecânica) e da construção de coques de navio utilizando plásticos reforçados (divisão de construção naval).

c) Novos Materiais Metálicos

Em 1984 a **Nippon Kokan** comprou da **General Electric** o processo de produção de silício policristalino para a fabricação de semicondutores. Dois anos mais tarde, a empresa japonesa adquiriu de seu concorrente norte-americano a usina de **Great Western Silicon** no Arizona, EUA, com uma capacidade de produção de 220t/ano desse produto. Uma nova usina com uma capacidade de 1000t/ano foi inaugurada em 1988, igualmente nos EUA (Oregon).

Entretanto, desde 1987, a empresa dispõe em sua usina de **Toyama** de um centro de serviços de silício policristalino destinado à estocagem, venda, assistência técnica e à realização

de pesquisa e desenvolvimento nessa área. Por outro lado, sua divisão de novos materiais realiza ainda pesquisas na área de pós ultrafinos de metais amorfos, de superligas e de ligas armazenadoras de hidrogênio.

2.5 O caso da Kobe Steel

A **Kobe Steel** encontra-se entre os vinte maiores produtores de aço do mundo, e é uma das empresas siderúrgicas japonesas mais diversificadas, com menos de 50% do faturamento proveniente da produção de aço. Em seus 82 anos de existência, a firma passou do estatuto de produtor de fundidos e forjados de aço ao de grande empresa diversificada nas seguintes atividades:

- **alumínio e cobre:** importante produtor de laminados em alumínio e cobre, a firma detém 60% do mercado mundial de placas para discos de computadores em alumínio; os desenvolvimentos na área do alumínio vêm incidindo sobre a produção de embalagens metálicas, enquanto no cobre a prioridade tem sido para as aplicações na eletrônica (*lead frames* para circuitos integrados);

- **titânio:** com atividades remontando a 1949, a Kobe é o mais antigo e o mais importante produtor japonês de titânio; a empresa desenvolveu recentemente pós de ligas de titânio através de tecnologia de plasma;

- **fundidos e forjados,** cujo segmento tradicional de produção de peças para a construção naval se deslocou durante os anos 80 para a indústria nuclear e outras aplicações de ponta;

- **equipamentos de construção e industriais:** após a compra da sociedade P&H, a Kobe lançou-se na expansão mundial de suas atividades de equipamentos de construção, ao mesmo tempo que centrava a produção de equipamentos industriais nos

segmentos de eletrônica e de robôs;

- **engenharia e assistência técnica:** área constituída em 1980 para coordenar a experiência e o *know how* das divisões envolvidas nas exportações de usinas prontas;

- **instrumentos de corte,** comercializados sob o nome de **Kobelco TIP**, que se beneficia das tecnologias desenvolvidas no interior da empresa no que respeita à metalurgia dos pós e à manufatura de prensas isostáticas a quente e a frio;

- **soldagem:** além da produção de robôs, essa divisão é uma forte estimuladora dos desenvolvimentos nas áreas dos materiais avançados, como demonstra a comercialização de quatro produtos em cerâmicas avançadas e do composto GC, um material de grande resistência utilizado na construção de usinas elétricas não poluentes.

A dinâmica de inovação nestas duas últimas divisões está intimamente ligada aos progressos realizados no desenvolvimento de aços com novas características de resistência.

Entretanto, a força da **Kobe Steel** não reside apenas na simples diversificação de suas atividades. As diferentes divisões da empresa são coordenadas por um sistema de gestão integrado, cuja principal função é de manter a circulação de informações no que diz respeito aos desenvolvimentos técnicos, ao *marketing* e ao *know how* operacional e técnico.

Essa siderúrgica desenvolveu uma reputação de excelência a nível tecnológico, em razão dos progressos obtidos nos sistemas de garantia e controle de qualidade. Tal preocupação é reforçada a partir de 1984, quando as atividades de pesquisa e desenvolvimento se tornam prioritárias,²⁸ voltadas para os materiais avançados para aplicações em indústrias de ponta, nos sistemas

²⁸ Investimentos em pesquisa e desenvolvimento como percentagem das vendas: 1983 = 3,3%; 1984 = 2,5%; 1985 = 2,9%; 1986 = 3,7%; 1987 = 3,3%.

de energia e na mecânica de precisão eletrônica.

Em decorrência, a empresa constituiu uma estrutura de pesquisa e desenvolvimento que conta com uma rede internacional de centros de pesquisa, freqüentemente associados às melhores universidades e laboratórios de pesquisa do mundo:

(i) **Laboratório de Pesquisa da Asada:** especializado em sistemas de controle, tecnologias de medição e física do estado sólido;

(ii) **Laboratório Central de Pesquisa:** trabalha com a divisão de novos materiais e a divisão de equipamentos e engenharia para o desenvolvimento de materiais avançados e novos processos de produção de metais ferrosos e não-ferrosos;

(iii) **Laboratório de Pesquisa em Engenharia Estrutural:** envolvido no teste de materiais de construção de grande escala e na pesquisa das características específicas dos materiais em termos de fratura e fadiga;

(iv) **Laboratório de Pesquisa em Engenharia Mecânica:** especializado em tecnologia mecânica, em engenharia química e engenharia de produção;

(v) **Centro de Tecnologia Eletrônica:** fundado em 1984 para o desenvolvimento de pesquisa básica e aplicações avançadas na área eletrônica.

Um outro passo importante nesse sentido foi a compra da **Midrex Corp.** em 1985 (detentora do melhor processo tecnológico de redução direta do minério de ferro) e o estabelecimento de um laboratório conjunto no Research Triangle Park (Carolina do Norte), um dos três mais importantes centros de pesquisa tecnológica de ponta dos EUA. Esse laboratório acompanha as evoluções tecnológicas mais promissoras efetuadas na América do Norte nas áreas de competência da Kobe, subcontrata pesquisas a outras instituições e desenvolve pesquisas pró-

prias nos domínios da biotecnologia e dos novos materiais.

Em 1988 esse exemplo foi repetido com a Universidade de Surrey, na Grã-Bretanha, para desenvolver num primeiro momento a pesquisa de novos materiais compósitos à base de polímeros. Além disso, 1989 verá a abertura de um laboratório de biotecnologia em Tsukuba, a cidade das ciências do Japão.

A pesquisa e desenvolvimento de materiais avançados é feita nos laboratórios de departamento de cada uma das divisões operacionais, em colaboração com os cinco laboratórios independentes.

A divisão de novos materiais foi criada em 1983 para transformar os desenvolvimentos desses laboratórios em produtos economicamente viáveis, segundo uma abordagem que consiste em desenvolver novos setores de atuação a partir da combinação e do aperfeiçoamento de tecnologias provenientes dos segmentos onde a firma dispõe de grande capacitação.

Constituída a partir da divisão de metais e ligas especiais, a nova divisão começou por se especializar na produção de fios e barras em ligas especiais e de pós de aço ultra-rápidos. Suas áreas de interesse atuais são as superligas metálicas, os equipamentos e fios supercondutores, os fios de metais amorfos superfinos, as cerâmicas técnicas e os materiais eletromagnéticos.

Em 1987, a empresa iniciou a comercialização da tecnologia e a produção em grande escala do compósito GC, uma folha de carbono reforçado com pós de carbono, utilizada em baterias secundárias como separador e eletrodo. Os novos produtos no domínio dos supercondutores metálicos e da engenharia criogênica incluem equipamentos de teste para sistemas supercondutores de estocagem de energia, equipamento de teste de fadiga dos materiais a temperaturas criogênicas (-269°) e equipamentos de liquefação de hélio.

Por outro lado, a Kobe desenvolve também sensores *laser* para a automação industrial, sistemas de monitoramento para testar a deterioração de materiais refratários no alto forno, tecnologias de formatação de plásticos, de cristalização sob alta pressão para a separação e refino de substâncias químicas (Finecry), e novas tecnologias de recobrimento, como *lasers*, plasma e revestimento por íons. Nesse sentido, em 1988 a Kobe comprou nos EUA a empresa **Glastic Co.**, produtora de plásticos reforçados com fibras de vidro, formas de injeção e materiais isolantes.

Com efeito, uma das características essenciais da diversificação da **Kobe Steel** e de sua entrada nos materiais avançados reside na capacidade da empresa em desenvolver novos processos de fabricação e em aperfeiçoar equipamentos de transformação dos materiais.

Para aumentar a competitividade de seus produtos, a Kobe instalou um forno de indução a vácuo. Conjuntamente com o "vacuum arc remelting" convencional, as "electroslag remelting furnaces" e o processo de descarburização do oxigênio a vácuo, esse forno permitiu a elaboração de ligas mais sofisticadas, como a liga Al-Si-Fe para utilização em cabeças magnéticas.

Além disso, a Kobe é líder na metalurgia dos pós e a primeira a começar a produção em grande escala de aços recobertos com pós ultra-rápidos e a desenvolver sua própria tecnologia para a produção de prensas isostáticas a quente e a frio. Esses equipamentos são de extrema importância para a produção de superligas, materiais eletromagnéticos e cerâmicas avançadas. Para a produção de pós para a fabricação de superligas, a Kobe desenvolveu um processo de gás inerte atomizado.

O crescimento da **Kobe Steel** parece assim repousar em seu sistema de gestão integrada e na combinação das competências tecnológicas e comerciais das divisões de materiais (aço, cobre, alumínio, titânio) e de manufatura (equipamentos e engenharia) para o desenvolvimento de novos produtos.

3. OS GRANDES PRODUTORES DE METAIS NÃO-FERROSOS

A exemplo do que aconteceu com a indústria química, os grandes produtores de metais não-ferrosos foram atingidos no início dos anos 80 pela mais grave crise que o setor jamais conhecera depois da Grande Depressão dos anos 30.

Entretanto, ao contrário do que aconteceu com a indústria química, onde uma coesão entre os grandes produtores permitiu a manutenção de uma relativa estabilidade dos preços e a minimização do efeito dos prejuízos sobre a situação financeira das firmas, a crise da indústria minero-metalúrgica dos anos 80 amplificou extraordinariamente a rivalidade entre produtores. Frequentemente essa rivalidade esteve na origem de guerras de preços que fizeram a maioria dos produtores de uma mesma indústria atravessar períodos prolongados de prejuízos, que só terminavam com o desaparecimento de alguns deles.

Paradoxalmente, a forte deterioração dos resultados financeiros da maioria dos produtores de não-ferrosos, verificada até a segunda metade de 1987, retirou-lhes grande parte dos meios financeiros necessários a uma maior reconversão das atividades. Restrições financeiras durante a crise limitaram assim um maior envolvimento em novos setores de atividade, que, não obstante, graças a seu potencial de crescimento, pareciam oferecer novas avenidas para a expansão futura das firmas.

Se a atuação dos grandes grupos de metais não-ferrosos na produção de materiais avançados continua em geral modesta, como é o caso da maior parte das atividades de diversificação desenvolvidas em respostas à crise, mais importante é ressaltar que essa atuação não está atualmente em medida de lhes proporcionar o retorno financeiro e a capacidade de crescimento oferecidas pelo desenvolvimento seletivo da produção de *commodities*.

Daí a desaceleração da intervenção dos grandes produtores de não-ferrosos no setor de novos materiais, e a orientação em favor de investimentos em seus produtos de base, o que permite uma ligação mais forte com o consumidor e a manufatura de produtos com maior valor agregado.

3.1 A reestruturação dos anos 80

A reestruturação dos grandes produtores de metais não-ferrosos durante os anos 80 foi decorrente de três fatores principais:

- a perda estrutural de competitividade de uma boa parte de suas unidades industriais, em decorrência dos aumentos extraordinários dos preços de seus insumos (mão-de-obra, energia e minérios) nos anos 70;

- o surgimento de enormes capacidades de produção excedentárias, resultado conjunto da redução das taxas de crescimento do consumo de metais e da manutenção das lógicas anteriores de crescimento das firmas, baseadas na expansão sistemática das capacidades de produção;

- o aumento brutal da concorrência no interior da indústria, que, associado aos dois fatores anteriores, provocou a perda do controle dos grandes produtores sobre a formação dos preços.

A evolução da metalurgia dos não-ferrosos durante os anos 80 pode então ser resumida em três elementos principais: redução dos custos de produção, modernização e reestruturação. Esse processo extremamente doloroso foi o preço que empresas anteriormente preocupadas exclusivamente com os problemas técnicos da produção precisaram pagar para se transformarem em organizações modernas, orientadas por motivações comerciais e voltadas ao atendimento das necessidades de seus clientes.

As expansões de capacidade estando *a priori* excluídas, durante a crise da indústria minero-metalúrgica a intensificação da concorrência levou as empresas ao desenvolvimento de estratégias voltadas para a valorização de seus pontos fortes, ou seja, para a especialização nos segmentos de produção onde elas eram mais competitivas.

Paralelamente à reestruturação "negativa" ou passiva, que passou pela racionalização das unidades de produção, pelo aumento da produtividade e pela recuperação da situação financeira das empresas, outras medidas destinadas a assegurar o seu crescimento a longo prazo foram também desenvolvidas, a exemplo da diversificação. Os produtores de não-ferrosos aproveitaram a competência adquirida em suas atividades de base para explorar ao máximo as possibilidades oferecidas pelos processos técnicos em uso em suas instalações industriais. Em geral, seus investimentos se orientaram para três áreas prioritárias.

(i) O tratamento e recuperação de matérias-primas complexas e resíduos, de forma a melhor controlar seu suprimento em matérias-primas.

A recuperação e reciclagem de resíduos desenvolveu-se principalmente nos setores onde ela desempenha um papel essencial a nível da própria viabilidade econômica da aplicação do metal face à concorrência de outros materiais. É, por exemplo, o caso da utilização do alumínio nos blocos de motores de carros ou nas latas de bebida, que nunca teria conhecido sua expansão atual sem sua recuperação e nova utilização sob a forma de metal de segunda fusão. A produção de alumínio a partir de sucatas representa já cerca de um terço do consumo europeu desse metal, e satisfaz 80% das necessidades da indústria automobilística daquele continente.

Dado o endurecimento da legislação de proteção ambiental e

seus efeitos sobre a viabilidade econômica dos processos de fabricação e recuperação dos materiais, é então possível que num futuro próximo o consumo de metais na Europa possa a ser favorecido pela fácil recuperação destes e pela expansão dos circuitos de reciclagem.

Para fazer face a essa evolução, que atualmente parece constituir um entrave à maior difusão dos plásticos na indústria automobilística e na embalagem de alimentos líquidos, empresas químicas como a **Du Pont** estão constituindo *joint-ventures* para a construção de usinas de reciclagem de plásticos.

(ii) **A integração "para a frente"** na manufatura de produtos com maior valor agregado.

Durante a crise, os produtores de metais não-ferrosos procuraram por diferentes formas reforçar suas posições junto aos principais mercados consumidores. Esse movimento começou freqüentemente pela melhoria da qualidade da gama de produtos existentes, passando em seguida a um maior envolvimento nas atividades situadas mais para a frente na cadeia de produção.

Posteriormente, assistiu-se durante os anos 80 a uma mudança da orientação estratégica das firmas, que passaram de uma prioridade atribuída às tecnologias de processo, destinadas a dar às empresas vantagens comparativas em termos de custos de produção, a uma preocupação crescente com as tecnologias de produto, voltadas para o desenvolvimento de novos usos e para o aprimoramento da qualidade dos produtos. Esse movimento não pode ser estranho ao aumento da intensidade de consumo observada para certos metais não-ferrosos e à recuperação de sua competitividade relativa face a outros materiais.

A integração para a frente constitui hoje em dia uma das formas freqüentes de diversificação, na medida em que oferece às empresas a possibilidade de aumentar a gama de produtos, através do desenvolvimento de produtos com preços mais

estáveis, mais facilmente diferenciáveis e mais adaptáveis às necessidades dos consumidores.

(iii) **A valorização de subprodutos**, o que várias vezes serviu de ponte para a entrada na produção de outros materiais.

Processos de recuperação de metais especiais de alta pureza, de ligas e compósitos foram estudados e desenvolvidos, freqüentemente para aplicação na indústria eletrônica. A produção de metais como o germânio, gálio, arsênio, selênio, índio, telúrio, antimônio e cobalto foi desenvolvida a partir de concentrados complexos e de resíduos.

Alguns produtores de não-ferrosos tentaram igualmente adquirir as tecnologias necessárias ao acompanhamento dos mecanismos de substituição e de evolução dos materiais, para não saírem perdendo de um eventual desfecho a nível da concorrência entre materiais. Dois tipos de comportamentos puderam então ser observados.

(i) Por um lado, a maioria dos produtores intensificou a pesquisa e desenvolvimento de novos usos para seus materiais específicos, de modo a impedir, ou pelo menos reduzir, a substituição em proveito de um outro material. O exemplo mais conhecido, e sem dúvida mais espetacular, é o do aço face ao alumínio, aos plásticos, e, mais recentemente, aos compósitos. Entretanto, um movimento semelhante vem sendo observado em relação ao alumínio (ligas alumínio-lítio), às aplicações do cobre na indústria eletrônica (lideradas pelas firmas japonesas), e ao níquel, onde o papel do destaque cabe à **Inco**, líder tradicional do setor.

(ii) Por outro lado, algumas empresas metalúrgicas diversificaram-se de modo a produzir também substitutos a seus materiais de base. É o exemplo clássico de produtores de fios e tubos de cobre, como a empresa canadense **Noranda**, que entraram sucessivamente na produção de fios de alumínio, de tubos

de plástico e, mais recentemente, de fibras óticas.

Da mesma forma, após um período onde seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento se destinavam sobretudo a promover o consumo em toneladas de níquel, a **Inco** decidiu concentrar seus esforços no atendimento de alguns mercados específicos, com especial destaque para a aeronáutica. Nesse contexto, a empresa está tentando aplicar a outros metais a competência adquirida em certos processos metalúrgicos anteriormente usados exclusivamente para o níquel. É assim que ela produz hoje peças e componentes em titânio e em cobalto, e entrou, através da metalurgia dos pós, na produção de ligas especiais, não necessariamente à base de níquel, como a liga alumínio-lítio.

Essa estratégia foi também seguida pelos gigantes do alumínio, como a **Alcoa**. No intuito de melhor construir uma posição no mercado de embalagem, essa firma não hesitou em desenvolver em paralelo suas competências na área do alumínio (alimentos líquidos), da folha de flandres (alimentos sólidos) e dos polímeros simples ou múltiplos, os últimos mais apropriados às novas formas de acondicionamento de alimentos sólidos, especialmente para o congelamento e posterior preparação em fornos de microondas.

No entanto, no caso das firmas de alumínio, a novidade veio do fato que empresas como a **Alcoa** e a **Pechiney** procuraram produzir variada gama de materiais, e tornar-se assim verdadeiras empresas de materiais avançados. Esse tipo de comportamento é absolutamente excepcional, já que nos EUA e Europa - regiões onde a siderurgia foi forçada pela amplitude da crise a uma maior especialização em suas atividades de base - o desenvolvimento de grupos multimateriais fez-se muito mais a partir da indústria química do que da produção de metais.

A entrada da **Pechiney** nas fibras de carbono (em associação com a **Toray** e a **Elf-Aquitaine**, na subsidiária **Soficar**),

no desenvolvimento de ligas especiais (através da firma norte-americana **Howmet Turbine Components Corp.**) e nas cerâmicas técnicas (**Criceram**, para os pós, e **Céramiques Techniques Desmarquest**, para os componentes) é uma boa ilustração da vontade da empresa de se fazer presente em todas as frentes de desenvolvimento dos materiais, para melhor apreender suas evoluções e posicionar-se face a novas oportunidades de investimento. Em resultado, a **Pechiney** é hoje um dos produtores de metais não-ferrosos mais diversificados do mundo.

Dada a dificuldade de um produtor de não-ferrosos fazer evoluir suas atividades através de um processo como o anteriormente citado, as empresas procuram muitas vezes basear-se em suas competências adquiridas para estabelecer pontes que permitam o seu desenvolvimento em novos setores de atividade.

A capacitação para a entrada da **Pechiney** nos materiais avançados, por exemplo, teve sua origem na **Howmet**, que, para responder às necessidades em produtos forjados de precisão das indústrias nuclear e aeronáutica, havia desenvolvido a fabricação de algumas variedades de materiais cerâmicos e de produtos à base de carbono. A partir daí, a diversificação nas cerâmicas técnicas fez-se a partir da produção de alumina, e foi consolidada através da aquisição, em 1984, da sociedade **Desmarquest**. As outras atividades na área de materiais avançados da empresa foram desenvolvidas através de alianças assentes nas diferentes competências técnicas da firma.

É evidente que o volume de recursos necessários à realização desse tipo de investimento é necessariamente bastante inferior ao exigido pela construção de uma nova usina. Não obstante, esses investimentos - quando apoiados numa política vigorosa de pesquisa e desenvolvimento e bem articulados às outras atividades de base das empresas - revelaram-se de grande importância para estabilizar os resultados financeiros destas e compensar (ainda que parcialmente) a queda dos preços dos metais de base.

Entretanto, constituindo em geral áreas de intervenção em mercados em forte crescimento onde as firmas não dispõem de forte experiência, as atividades em novos materiais normalmente exigem muito mais recursos para investimento às sociedades-mães do que podem retribuir sob a forma de lucros ou dividendos.

O caso da **Alcoa** é exemplar a esse respeito. Tendo que fazer face a uma perspectiva de estagnação para a demanda de seu principal produto, o alumínio, o presidente Charles Parry decidiu fazer da empresa um grande supridor de diferentes tipos de metais avançados. Assim, combinando várias formas de crescimento interno e externo, ele dobrou os investimentos em pesquisa e desenvolvimento, colocando-os a 3% do faturamento, e levou a firma à produção de cerâmicas e ao desenvolvimento de tecnologia de separação por membranas. Paralelamente, a compra da **TRE** fez da **Alcoa** um importante produtor de compósitos nos EUA, enquanto a subsidiária **Alcoa Fujikura** iniciava a produção de fibras óticas no Japão em associação com o grupo **Furokawa**.

A mudança radical da orientação estratégica, e mesmo da imagem da marca, provocou uma crise de identidade no interior da empresa. As contradições foram agudizadas ainda mais com a subida dos preços do alumínio, que acelerou a queda do presidente do grupo. Sem renunciar a todas as novas atividades desenvolvidas, a nova direção da empresa colocou como prioridade imediata o retorno às atividades de base e o reforço da posição da firma enquanto maior produtor mundial de alumínio.

3.2 Os grandes eixos estratégicos de crescimento futuro

Relativamente penalizadas em sua competitividade industrial, e tendo perdido o controle sobre a formação dos preços de seus

produtos, as empresas metalúrgicas dos países industrializados, se não estão condenadas ao desaparecimento a curto prazo, também não podem esperar um crescimento importante em volume de seus mercados tradicionais.

Assim, apesar da alta extraordinária dos preços da maioria dos metais não-ferrosos, elas parecem continuar hesitando quanto ao desenvolvimento de novos projetos destinados à construção de novas capacidades. Recusam-se assim a perpetuar o ciclo vicioso que associa períodos de preços elevados à construção de capacidades excedentárias, que conduzirão inevitavelmente a novos períodos de preços deprimidos.

Entretanto, o principal dilema com que se defrontam as empresas de não-ferrosos no que se refere a sua diversificação rumo aos materiais avançados resulta das dificuldades sentidas pelos produtores em transformar as novas atividades em efetivos pólos de crescimento dentro da firma. Essa questão é acentuada pelo extraordinário retorno de capital oferecido atualmente pela produção de *commodities* quando comparado com as estreitas margens da maior parte das novas atividades desenvolvidas.

Em resultado, algumas firmas - principalmente aquelas mais afastadas dos mercados de consumo final - renunciaram já ao envolvimento com os materiais avançados, preferindo recentrar suas operações em torno de suas atividades de base. Paralelamente, os desenvolvimentos na área de novos materiais por parte das grandes empresas metalúrgicas tornaram-se muito mais seletivos. Em geral, as empresas procuraram melhorar seu desempenho financeiro através da otimização dos desempenhos técnicos de seus processos e da qualidade de seus produtos, bem como pela introdução de novos produtos com maior valor agregado.

Porém a mudança estratégica mais visível é o abandono da tentativa de diversificação numa enorme gama de materiais em

benefício do desenvolvimento de um pólo de atividades mais próximo dos mercados de consumo final e normalmente ligado ao metal básico produzido pela firma. É assim que a **Alcoa** resolveu congelar, mesmo abandonar, uma parte de suas atividades nos materiais avançados, para se concentrar no suprimento de produtos transformados de alumínio a setores específicos.

O desenvolvimento dessas novas modalidades de crescimento deverá conduzir as empresas metalúrgicas de não-ferrosos à definição de uma política de alianças e de esquemas de associação que permita um melhor posicionamento nos mercados onde elas decidiram fazer-se presentes.

Alianças que permitam o reforço da competitividade das atividades para trás e associações com clientes específicos que facilitem o desenvolvimento das atividades para a frente, visando o atendimento em mercados onde cada vez mais a concorrência é mundial, tais são as preocupações subjacentes às principais decisões estratégicas atuais dos grandes grupos metalúrgicos.

Por um lado porque a maioria dos atores industriais pensa que para "civilizar" a concorrência que praticamente arrasou com a indústria é indispensável reduzir o número de produtores que sirvam cada um dos mercados. Além disso, para desenvolver novas dinâmicas de crescimento a longo prazo, dinamizar as políticas comerciais, introduzir novos produtos, tudo isso no quadro de um estreitamento de laços com seus clientes, as empresas metalúrgicas têm necessidade de uma certa envergadura e de uma maior estabilidade financeira.

Em resultado, vem-se assistindo nos últimos anos a várias fusões de empresas do mesmo setor, de forma a permitir a definição comum, seja de uma estratégia de sobrevivência, através da redução dos custos e da racionalização das atividades, seja de uma estratégia de crescimento a longo prazo. Um exemplo do primeiro caso é o da **Metaleurop**, que, graças à fusão das

atividades metalúrgicas da firma alemã **Preussag** e da francesa **Peñarroya**, se transformou no primeiro produtor mundial de chumbo e no segundo produtor europeu de zinco. No segundo caso, temos a firma norueguesa **Hydro Aluminium**, constituída a partir da fusão das atividades de alumínio da **Norsk Hydro** e da sociedade **ASV**.

Entretanto, em sua grande maioria, as tentativas de aliança por fusão entre produtores - como a entre a siderúrgica alemã **Hoechst** e a holandesa **Hoogovens**, ou a tentativa de reagrupamento de cinco produtores de zinco (**Union Minière**, **Peñarroya**, **Preussag**, **Boliden** e **Outokumpu**), destinada a resolver o problema do excesso de capacidade na Europa - conheceram apenas um sucesso bastante relativo.

Por esse motivo, mais do que a simples fusão das entidades jurídicas, que muitas vezes não se traduz em modificações substanciais a nível industrial, as empresas produtoras de não-ferrosos estão procurando reforçar a competitividade de algumas de suas operações, gerindo-as em comum com alguns de seus concorrentes.

Nesse sentido, mais do que a metalurgia de não-ferrosos, é a siderurgia que parece estar tomando a liderança do processo, especialmente na Europa, mas também nos EUA, onde as alianças com as siderúrgicas japonesas vêm generalizando-se, tendo em vista o atendimento das novas usinas dos construtores japoneses instalados no continente norte-americano. Contudo, a estratégia de alianças com os mineradores parece ser vital para o equacionamento do suprimento em minérios de algumas empresas metalúrgicas não integradas.

Paralelamente, o deslocamento das unidades de produção menos competitivas, a multiplicação do número de produtores e a intensificação da concorrência fizeram da maior parte dos mercados de produtos industrializados mercados com dimensão mundi-

al. Isto está provocando uma modificação importante nas formas da concorrência observadas no interior dessas indústrias e, como não poderia deixar de ser, das formas de relacionamento das empresas desses setores com seus fornecedores de materiais.

Por um lado, é a própria indústria metalúrgica que se está internacionalizando, desta vez não em resultado do aparecimento de produtores de mais baixo custo localizados em países em desenvolvimento, mas da própria universalização dos mercados de metais.

A prova mais acabada desse fenômeno é o reagrupamento, que continua sendo único em seu gênero, da empresa alemã *Metallgesellschaft* com a australiana *MIM* e a canadense *Teck*, através de participações cruzadas de capital. O poder financeiro dessa associação é bem demonstrado pela mobilização de fundos que permitiu a compra da firma canadense *Cominco*, número um mundial do zinco. Após essa aquisição, o grupo passou a controlar cerca de 25% da produção mundial de chumbo metálico e 20% da de zinco, metal em relação ao qual a maior parte das grandes minas destinadas a suprir a indústria no próximo século são também controladas pelo grupo: *Red Dog (Cominco)*, *Hilton (MIM)* e *Hellyer (Cominco)*.

A abordagem mundial do mercado e a rede de participações minoritárias constituídas por esse grupo deixam pensar que nos anos 90 a disponibilidade e o preço de alguns metais não-ferrosos serão muito mais facilmente influenciáveis por um número reduzido de produtores do que nos anos 80. Sintomaticamente, a *Metallgesellschaft*, empresa com uma larga tradição no desenvolvimento de superligas metálicas especialmente à base de níquel, renunciou recentemente a toda atividade nessa área para se dedicar em exclusividade à produção e comércio de *commodities*.

Por outro lado, a questão da dimensão internacional dos mer-

cados de produtos industrializados está obrigando os fornecedores a adotar uma nova postura face a seus clientes. A homogeneizações das condições de concorrência entre os diferentes países num quadro global de intensificação das rivalidades comerciais, a unificação dos mercados de capitais e a difusão de alianças transnacionais entre firmas são fatores que estão obrigando os produtores de materiais a uma abordagem mundial de seus mercados.

É assim que os grandes consumidores, como as indústrias automobilística, eletrônica e de construção, estão reduzindo consideravelmente o número de seus fornecedores, ao mesmo tempo que suas exigências, tanto em termos de prazos de entrega e pagamento como de variedade e qualidade do produto, continuam aumentando. Com a mundialização de suas operações, eles estão exigindo do pequeno número de seus fornecedores que estes estejam em condições de os suprir em materiais de forma privilegiada e nas mesmas condições em qualquer ponto do globo.

Por suprimento em materiais, entenda-se a possibilidade de oferecer toda a gama de produtos de um mesmo material consumida pela empresa utilizadora, bem como a capacidade técnica para propor materiais substitutos quando estes se revelem mais interessantes. Isto supõe da parte do produtor de materiais um acompanhamento sistemático dos materiais concorrentes e a aptidão para proceder regularmente a uma avaliação da competitividade relativa entre materiais em aplicações específicas.

Além disso, o fornecedor de materiais credenciado não poderá limitar-se a uma entrega de produtos de acordo com as especificações determinadas, mas deverá assistir o cliente na própria concepção dos produtos, propondo as soluções mais adequadas em termos da gama de materiais a serem utilizados.

Ao analisar as características exigidas ao fornecedor de materiais das indústrias mundiais fica clara a atual superioridade das

empresas químicas em termos de um posicionamento agressivo nessa área. Em corolário, fica também mais ou menos claro que a questão da competitividade futura da indústria metalúrgica extrapola largamente a simples questão dos custos de produção. Isso poderá se traduzir dentro de alguns anos numa verdadeira barreira comercial ao desenvolvimento da produção de materiais - sejam eles *commodities* metálicas - em países em desenvolvimento.

Entretanto, empresas como a **Metallgesellschaft**, que alarga a nível mundial sua rede comercial, e a **RTZ**, que tomou posição em todos os grandes projetos de cobre em desenvolvimento no mundo, resolveram desenvolver essa visão universal no domínio das *commodities* metálicas. Em contrapartida, outras empresas, como os gigantes do alumínio, embora tenham renunciado a uma abordagem em termos de produção de materiais diversificados, não deixaram de desenvolver uma política integrada nesse domínio. Segundo orientações diferentes, empresas como a **Alcoa** e a **Pechiney** procuraram reforçar sua capacidade de atendimento a mercados específicos.

Assim, a **Pechiney** orientou seus eixos de crescimento futuro para a modernização de suas unidades metalúrgicas e para o desenvolvimento das atividades de transformação, especialmente no setor de embalagem. Porém a lógica da compra da **American National Can**, líder mundial da embalagem metálica, parece estar menos ligada a uma simples integração para a frente no alumínio do que à consolidação de uma posição dominante num mercado onde a firma pretende se tornar num fornecedor mundial.

Registre-se finalmente que, à medida que a concorrência na metalurgia dos não-ferrosos se torna mundial, as empresas do setor vêm renunciando à expansão de suas vendas de tecnologia, à exceção das que conseguiram transformar essa atividade num centro autônomo, desenvolvendo poderosas empresas de enge-

nharia em sinergia com as outras atividades do grupo.

Pressionadas pelo acirramento da concorrência dos produtores de países em desenvolvimento dotados de usinas mais modernas e de tecnologias mais recentes, muitas vezes desenvolvidas por elas próprias, as empresas dos países industrializados estão abandonando a regra tradicional segundo a qual elas podiam vender sua tecnologia em países distantes, a produtores que *a priori* não entrariam em concorrência com elas.

Hoje as empresas têm tendência a guardar essa vantagem comparativa para si e a só vender suas tecnologias quando os concorrentes se apresentam no mercado com processos semelhantes. Outra alternativa que vem sendo cada vez mais utilizada é a venda de tecnologia dentro de um pacote integrado de serviços (comerciais, financeiros, assistência técnica...), em contrapartida de uma aliança, a maioria das vezes sacramentada por uma participação minoritária de capital.