

Cerâmicas avançadas: uma proposta de programa para o desenvolvimento

Comissão de Cerâmica Avançada da ABC

A presente sugestão de programa tem como objetivo promover o desenvolvimento ordenado das cerâmicas avançadas no Brasil, integrando o setor produtivo com as instituições de ensino e pesquisa, direcionando esforços para áreas tidas como prioritárias. A proposta aborda, basicamente, os seguintes aspectos: Mercado e situação nacional de P&D; Condições básicas para o desenvolvimento do setor de cerâmicas avançadas no Brasil; Estratégias para implementação do programa e sugestões para o seu gerenciamento; Áreas prioritárias de P&D; Estimativas dos recursos necessários; e Roteiro para implementação do programa. Na proposição das prioridades de P&D foram levados em conta o mercado atual e suas perspectivas de crescimento, bem como a capacitação em P&D existente ou em formação no país. Por outro lado, dado o caráter exploratório dos trabalhos nesta área e o grande dinamismo das novas tecnologias, o programa contempla o incentivo às iniciativas em áreas potenciais que apresentam grande conteúdo inovador e alto risco.

Introdução

As proposições contidas neste documento surgiram como resultado de ampla discussão promovida pela Comissão de Cerâmica Avançada (CCA), da Associação Brasileira de Cerâmica (ABC). Após a elaboração do texto "Cerâmica avançada: sugestões para seu desenvolvimento no Brasil", publicado pela ABC em setembro de 1988, a CCA/ABC promoveu uma série de reuniões e encontros com a participação de especialistas da área de C&T e da indústria para definir áreas prioritárias de P&D em cerâmica avançada e elaborar uma proposta de programa para o desenvolvimento do setor.

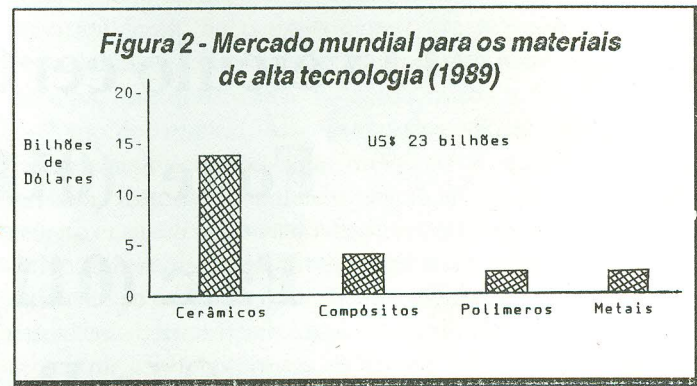
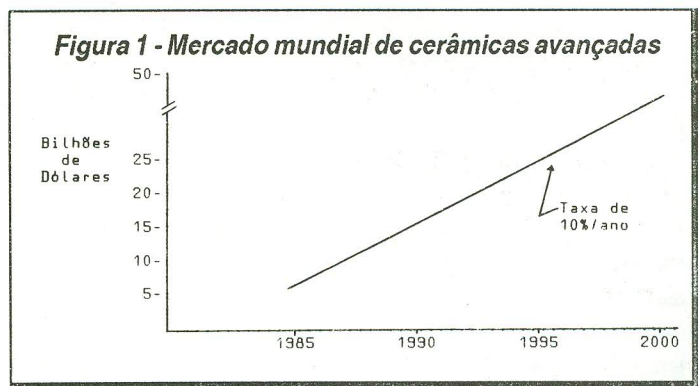
O mercado mundial para os produtos classificados como cerâmicas avançadas atingiu, em 1988, valores da ordem de US\$ 12 bilhões[1] e, segundo previsões conservadoras, tal mercado crescerá a taxas médias anuais superiores a 10%, o que leva ao atingimento de valores da ordem de

US\$ 25 bilhões em 1995, conforme mostrado na *Figura 1*.

Confirmando as altas taxas de crescimento previstas anteriormente, estudo recente[2] estimou que, para um mercado total de US\$ 23 bilhões para os materiais de alta tecnologia, a parcela referente aos produtos cerâmicos avançados foi de US\$ 14 bilhões, conforme mostrado na *Figura 2*.

Tais expectativas de crescimento são reforçadas pelos investimentos em pesquisa e desenvolvimento realizados nos últimos anos pelos países desenvolvidos. Somente em 1987, estima-se que os referidos países aplicaram em P&D na área das cerâmicas avançadas os seguintes valores[1]:

Mesmo para nações tidas como desenvolvidas, tais montantes podem ser considerados bastante significativos. Destaca-se, porém, que em áreas como a das cerâmicas avançadas e dos materiais de alta tecnologia em geral, o esforço inovador é extremamente dinâmico, exigindo percentuais de inves-



Contribuição Técnica nº 2295 referente a trabalho elaborado pelos membros da Comissão de Cerâmica Avançada (CCA), da Associação Brasileira de Cerâmica (ABC).

timento em P&D muito maiores que nos setores industriais já estabilizados.

Além do Japão, Estados Unidos e nações como Alemanha, Inglaterra, França e Itália, países como Canadá, Suécia, Coreia e Tailândia, dentre outros, vêm implementando ações no sentido de acelerar o desenvolvimento da área das cerâmicas avançadas para poder participar do mercado mundial[3 a 6].

País	Aplicações em P&D em cerâmica avançada (1987)
Japão	US\$ 290 milhões a US\$ 330 milhões
Estados Unidos	US\$ 120 milhões a US\$ 220 milhões
Europa Ocidental	US\$ 50 milhões a US\$ 65 milhões

Embora, em geral, os produtos cerâmicos avançados sejam de dimensões reduzidas, constituem-se, na maioria das vezes, em componentes fundamentais para a viabilização de produtos e equipamentos de alta tecnologia. Por esta razão, geram um considerável efeito multiplicador na economia, apresentando um índice de alavancagem[1] estimado em 11 por 1. Isto significa que cada unidade monetária aplicada aos produtos cerâmicos avançados, viabiliza ou exerce forte influência em um mercado de produtos 11 vezes superior.

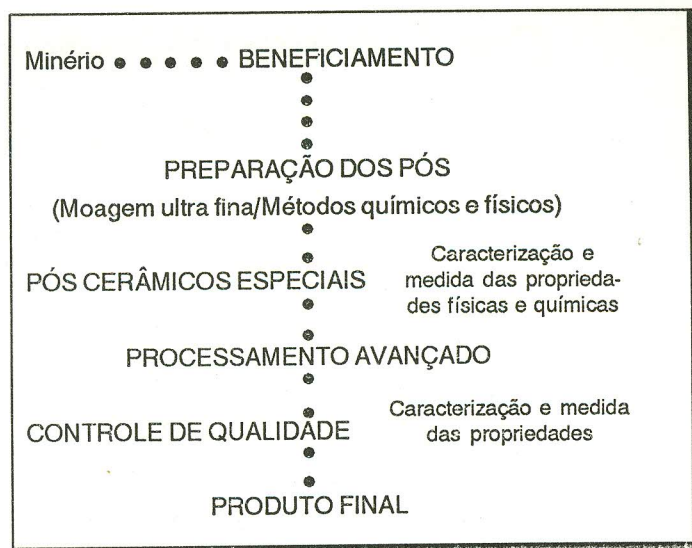
Em função das características intrínsecas dos materiais cerâmicos, como baixa densidade, baixa condutividade térmica, alta resistência à corrosão e à abrasão e a capacidade de suportarem altas temperaturas sem se deformarem, além de outras características como supercondutividade, condutividade iônica, propriedades nucleares etc., a utilização desses materiais tem crescido de forma surpreendente nas mais diversas áreas do conhecimento humano (*Figura 3*). Este crescimento é fruto dos avanços do conhecimento científico e tecnológico no campo da ciência e engenharia dos materiais ocorridos nas últimas décadas.

Merecem destaque especial as aplicações no campo da energia, como os combustíveis para reatores nucleares, os elementos moderadores e os materiais para reatores a fusão, os componentes de motores automotivos (que aumentam o rendimento e propiciam a utilização de combustíveis menos nobres), palhetas de turbinas, componentes de foguetes, ferramentas para corte de alta velocidade, implantes ósseos e dentários, materiais de alta resistência à abrasão e ao desgaste, refratários especiais, componentes eletro-eletrônicos e, ainda, produtos de consumo popular como facas, tesouras e equipamentos esportivos.

Processo de fabricação

As propriedades das cerâmicas avançadas, bem como dos demais materiais, são fundamentalmente influenciadas pela qualidade das matérias-primas a partir das quais as mesmas são fabricadas e pela microestrutura final. Assim sendo, qualquer tentativa de controle das propriedades de um produto, deve passar pelo entendimento das propriedades básicas dos materiais, bem como do processo de fabricação durante o qual a microestrutura final se desenvolve.

O processo geral de fabricação das cerâmicas avançadas pode ser esquematizado da seguinte maneira:



O papel de cada uma dessas etapas e, principalmente, a inter-relação entre elas no desenvolvimento da microestrutura responsável pelas propriedades finais do material, tem sido objeto de estudos intensos. Neste sentido, novos processos de obtenção de pós, conformação e sinterização, bem como novas técnicas de caracterização das propriedades, vêm sendo bastante estudados tanto sob o ponto de vista científico como tecnológico. Um exemplo claro deste tipo de abordagem em termos mundiais, são os esforços de P&D para o desenvolvimento das cerâmicas supercondutoras, onde há um aproveitamento dos conhecimentos acumulados em vários campos, os quais têm conduzido a novos desenvolvimentos.

Nos últimos anos, tem-se observado um crescimento significativo do mercado brasileiro para os produtos cerâmicos classificados como avançados, seguindo a tendência mundial verificada. Estudo recente, encomendado pela ABIPTI - Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica Industrial[8], apontava que em 1988 o mercado brasileiro para os produtos cerâmicos avançados representava cerca de US\$ 250 milhões, distribuídos por função conforme mostrado na *Figura 4*.

Tomando-se como base a taxa de crescimento anual de 14% inferida no estudo acima mencionado, estima-se que no final da década de 1990, o mercado nacional corresponderá a cerca de US\$ 1,2 bilhões. Considerando o índice da alavancagem de 11 por 1 observado para os produtos cerâmicos avançados[7], tal mercado viabilizará ou exercerá forte influência sobre um mercado da ordem de US\$ 13,0 bilhões. Nestas estimativas não foi considerada a possibilidade de o país conquistar uma fatia do mercado mundial a médio e longo prazos.

Atualmente, as empresas multinacionais são responsáveis pela maior parcela da produção das cerâmicas avançadas no país. As empresas nacionais que atuam no setor são de pequeno e médio porte, cujos produtos, em geral, podem ser considerados de primeira geração[9]. Boa parte das matérias-

[illegible]

METALURGIA & MATERIAIS-ABM, VOL.49, Nº 415, MARÇO 1993

I SEMANA DA CONFORMAÇÃO

(METAL FORMING WEEK)

13 a 17 de setembro de 1993
Joinville - SC

A primeira semana de conformação surgiu da necessidade de retomada deste segmento de mercado com uma maior abrangência. Neste sentido criamos a nova Divisão de Conformação e reorganizamos algumas das antigas comissões técnicas, entre elas as de laminação (Colam), metalurgia do pó (Compó) e soldagem (Cosol) e as fundimos nesta nova divisão. Dessa maneira, pretendemos reunir todos os profissionais das áreas acima, num grande encontro. Para tanto, estamos organizando a nossa primeira semana de conformação. Será um espaço para debates, atualização de mercados e suas tendências e também uma oportunidade para troca de idéias e de se travar novos conhecimentos.

Datas Importantes
Resumos até 20 de maio de 1993
Originais até 21 de junho de 1993

Informações:
Departamento de Eventos da ABM
Tel. (011) 536-4333
Fax. (011) 240-4273

Ficha de Inscrição

Título do Trabalho:

I SEMANA DA CONFORMAÇÃO (METAL FORMING WEEK)

Autor(es):

Resumo:

Empresas:

Depto:

Endereço:

Cidade:

Estado

CEP:

Tel.: (.)

Fax: (.)

nos, tanto para a área de P&D, quanto para o setor produtivo;

- Disponibilidade e/ou domínio da tecnologia de fabricação dos insumos de produção;
- Domínio das tecnologias de processamento (processos de fabricação) das cerâmicas avançadas;
- Existência de parque industrial produtor; e
- Existência de mercado consumidor.

Os insumos necessários para viabilizar a produção de cerâmicas avançadas podem ser genericamente classificados como:

- Pós de grau cerâmico;
- Materiais auxiliares à fabricação (ligantes, dopantes, meios suspensores, defloculantes etc.);
- Equipamentos de produção, pesquisa e desenvolvimento e controle de qualidade.

A seguir são abordadas algumas questões pertinentes a estes insumos.

Pós de grau cerâmico: No que diz respeito às matérias-primas para as cerâmicas avançadas, vivemos a situação do ovo e da galinha. Ou seja, não se produz pós de grau cerâmico com características adequadas para os processos de fabricação utilizados por essa indústria, por não haver um mercado de consumo estabelecido. Por outro lado, não se desenvolve a manufatura de produtos cerâmicos avançados pela inexistência de pós com as características adequadas no mercado interno e pelas dificuldades em se importar os disponíveis no mercado internacional.

O Brasil dispõe de reservas minerais em quantidade e diversidade suficientes para produzir praticamente todos os pós de grau cerâmico necessários à indústria nacional. Há, entretanto, falta de tradição da indústria nacional, tanto do setor de mineração quanto do setor químico, quando se trata de produzir pós cerâmicos com pureza e granulometria controladas.

Como consequência, as indústrias que produzem cerâmicas avançadas no Brasil ficam amarradas a somente três opções: Conviver com a falta de qualidade das matérias-primas existentes no mercado interno; Aumentar os custos de produção incorporando as pesadas taxas de importação e transporte; e Verticalizar a produção, passando a produzir as próprias matérias-primas que consomem.

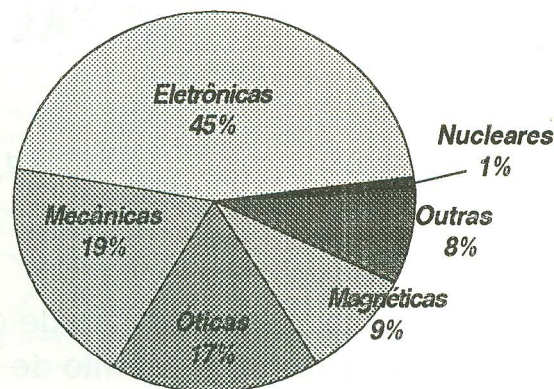
Os efeitos danosos destas opções são evidentes, sendo esta a situação em que se encontra a indústria de cerâmica avançada no Brasil, no que concerne às matérias-primas.

Materiais auxiliares: A situação nacional nesta área é muito similar à descrita acima para os pós de grau cerâmico. A inexistência no mercado interno de produtos com as características desejáveis compromete a qualidade e em alguns casos chega a inviabilizar a produção.

Equipamentos de produção, P&D e controle de qualidade:

O início de uma nova indústria é sempre marcada por

Figura 4 - Mercado nacional de cerâmicas avançadas (1988)



enormes dificuldades criadas pela falta de equipamentos especializados. Enquanto os primeiros equipamentos não forem importados, certamente não haverá mercado suficiente para compensar os investimentos necessários à produção de tais equipamentos pela indústria nacional de bens de capital. Da mesma forma, a grande maioria dos equipamentos necessários para a pesquisa e desenvolvimento também são especializados e poucos são produzidos no país.

Tecnologias de fabricação: Com relação às tecnologias de fabricação das cerâmicas avançadas, a velocidade com que tem se dado os avanços tecnológicos é enorme. No Brasil os potenciais consumidores dos produtos cerâmicos avançados tem estado atentos aos novos lançamentos no mercado internacional e, em alguns casos, tem até importado tais produtos ou incentivado a produção de similares nacionais. Os processos usados para a fabricação dessas cerâmicas, porém, são tão especializados que é difícil imaginar que empresas operando em outras áreas poderão facilmente absorver tais tecnologias. Por outro lado, a sofisticação dos processos geralmente está fora do alcance das empresas que operam na área das chamadas cerâmicas tradicionais.

Como colocar, então, à disposição da indústria nacional de cerâmica avançada as tecnologias necessárias para a produção dos componentes requisitados pelas outras indústrias? Para dar resposta a esta questão, temos as seguintes opções: A compra de tecnologias em outros países é uma alternativa que, se tomada sozinha, geralmente deixa o setor extremamente vulnerável pois, para manter operacional uma certa tecnologia é necessário o pleno entendimento dos princípios científicos e técnicos sobre os quais a mesma é baseada. Caso contrário, a cada problema que aparecer, torna-se necessário recorrer ao fornecedor da tecnologia o que, no mínimo, é um processo lento e caro.

Tecnologias requeridas

A alternativa de desenvolver no país as tecnologias

requeridas, tem como obstáculo o fato de que os investimentos necessários para que a indústria brasileira possa fazer sozinha os desenvolvimentos necessários está muito além das possibilidades da maior parte dos grupos empresariais que possam se interessar pela área.

Tais possibilidades não se referem apenas à capacidade de investimentos. Incluem questões como o nível tecnológico das referidas empresas, a capacitação de seus recursos humanos, a capacidade gerencial para questões envolvendo novas tecnologias, a falta de tradição de investir em P&D e a pouca propensão a correr os riscos inerentes a esta atividade, a ausência de estudos de mercado e, finalmente, o desconhecimento do potencial da capacitação técnico-científica existente no país.

Isto tem desencorajado vários destes grupos empresariais. Por outro lado, as universidades e institutos de pesquisa que estão, em alguns casos, melhor equipados que a maioria das indústrias já operando na área, não têm uma orientação clara para onde dirigir seus esforços de forma a torná-los mais efetivos.

Uma terceira opção, objeto da presente Proposta de Programa, é promover o desenvolvimento do setor de cerâmica avançada de forma ordenada, levando-se em conta a situação atual do setor produtivo, o mercado e a capacitação em P&D existente no país. Esta opção contempla tanto o desenvolvimento de tecnologia em áreas prioritárias escolhidas à luz do mercado atual, como também a formação da capacitação apta a absorver as tecnologias adquiridas e partir para novos desenvolvimentos.

Reconhecendo ser de fundamental importância a existência de uma base científica e tecnológica para o desenvolvimento das cerâmicas avançadas e, considerando que tanto no aspecto científico como tecnológico o Brasil se encontra bastante defasado e sem perspectivas de atingir autonomamente, no curto e médio prazos, o estágio de desenvolvimento dos países do primeiro mundo, um programa de desenvolvimento deve contemplar os aspectos acima mencionados, promovendo:

- A capacidade de gerar conhecimento original, através da compreensão da base científica dos materiais e do domínio das técnicas de apoio;
- A capacidade de acompanhar o desenvolvimento produzido nos países avançados, transferir esses conhecimentos do setor produtivo e rapidamente incorporá-los à cultura da nossa sociedade.

Estas questões estão intimamente inter-relacionadas e há que modernizar a sociedade, reduzindo o hiato que a separa dos países desenvolvidos em um mundo cada vez mais competitivo. É preciso fazê-lo, entretanto, sem perder a identidade cultural e reservando para si a capacidade de decisão que permita a otimização dos recursos do país.

Dada a impossibilidade de cobrir todos os campos, é necessário incentivar áreas prioritárias, escolhidas à luz do mercado atual e potencial e da capacitação em P&D existente, induzindo, ao mesmo tempo, a formação de uma base

sólida em termos de recursos humanos e laboratoriais. Deve-se procurar atingir, pelo menos do ponto de vista qualitativo, uma capacitação de alto nível, de tal forma que, mesmo nos casos de absorção e compra de tecnologia, o país tenha condições de fazer as escolhas mais apropriadas, absorvê-las e partir para novos desenvolvimentos.

Faz parte integrante dessa estratégia a implementação de ações que contemplem os seguintes aspectos:

Formação de recursos humanos

Implantar um programa de formação de recursos humanos visando formar até o final da presente década, um número mínimo de 200 mestres e 50 doutores, sendo estes últimos, de preferência, no exterior. Para que essa meta seja atingida e, considerando as desistências que normalmente ocorrem, deverão ser alocadas anualmente a partir de 1991, 50 bolsas de mestrado e 15 bolsas de doutorado, além dos recursos para o desenvolvimento dos trabalhos. Esta meta é facilmente atingível, uma vez que o país já dispõe de 40 doutores envolvidos direta e indiretamente em pesquisas relacionadas com o desenvolvimento de pós e produtos cerâmicos especiais.

A promoção da vinda de especialistas de outros países, bem como a participação de técnicos brasileiros em estágios de especialização e atualização no exterior e em congressos e feiras também deverão ser contempladas pelo Programa.

Equipar os laboratórios das instituições que se dedicam ao ensino de graduação em cerâmicas e áreas afins, de forma a oferecer mão-de-obra qualificada para o setor produtivo.

Áreas de competência

Incentivar a integração entre as instituições, visando cobrir as áreas prioritárias e os aspectos básicos tidos como essenciais para o desenvolvimento do setor, otimizando-se, dessa forma, tanto a utilização dos recursos humanos, como também dos recursos materiais, por meio do consorciamento de equipamentos.

Através da análise dos recursos humanos e laboratoriais, da produção técnica e dos programas de P&D das instituições de pesquisa do país, que atuam em cerâmica avançada ou em áreas correlatas, atribuir áreas específicas de competência de forma a cobrir os aspectos mais relevantes das cerâmicas avançadas.

O conjunto de instituições participantes do Programa deverá cobrir, a princípio, as seguintes áreas de competência:

- Técnicas de preparação de pós cerâmicos especiais;
- Caracterização química e física de pós cerâmicos especiais;
- Processamento de cerâmicas avançadas para fins eletroeletrônicos, mecânicos, térmicos, nucleares, óticos, químicos e biológicos (abrangendo os produtos a base de óxidos e de materiais covalentes);
- Caracterização microestrutural; e
- Medida das propriedades físicas (elétricas e eletrônicas, magnéticas, óticas, térmicas e mecânicas, estas últimas inclusive a altas temperaturas).

Levando-se em conta a dimensão do mercado e a capacitação nacional em P&D e, para um melhor gerenciamento do Programa, é desejável que as competências relacionadas acima estejam presentes em, no máximo, quinze instituições, distribuídas nos principais pólos de tecnologia do país.

Capacitação laboratorial

Equipar todas as instituições escolhidas com um conjunto de equipamentos considerados básicos, além dos específicos em suas respectivas áreas de competência. Excluídos os centros que atuam exclusivamente na área de preparação de pós cerâmicos especiais, todas as demais instituições deverão dispor de um conjunto de equipamentos básicos para a caracterização de pós e processamento de cerâmicas avançadas.

As competências ficariam assim distribuídas:

- Preparação e caracterização de pós - 5 a 8 instituições (não necessariamente as instituições deverão trabalhar em todas as técnicas, pois, dependendo do material e para o fim a que se destinam, existem diferenças substanciais nos processos de preparação de pós cerâmicos)
- Caracterização de pós e processamento de cerâmicas avançadas - 7 a 10 instituições

Laboratórios específicos	
(Distribuídos, preferencialmente, entre as quinze instituições participantes do Programa)	
- Análises químicas	5 laboratórios
- Caracterização microestrutural	5 laboratórios
- Propriedades eletrônicas	2 laboratórios
- Propriedades elétricas	2 laboratórios
- Propriedades magnéticas	1 laboratório
- Propriedades óticas	1 laboratório
- Propriedades mecânicas (Temperatura ambiente)	5 laboratórios
- Propriedades mecânicas (Altas temperaturas)	2 laboratórios

O Programa deve ainda contemplar equipamentos destinados ao estudo e desenvolvimento de processos especiais como:

- Tecnologia de plasma para a preparação de pós e recobrimento (2 laboratórios);
- Moldagem por injeção (2 laboratórios);
- Prensagem isostática a quente (2 laboratórios); e
- Colagem de fita (2 laboratórios).

Poderá haver alguma duplicação de laboratórios em função da demanda e da localização. Mesmo nos casos de equipamentos básicos, aqueles que forem de alto custo ou de utilização esporádica, poderão ser distribuídos considerando a localização regional e o número de usuários. Desta forma,

cada instituição envolvida no Programa disporia dos equipamentos básicos para o desenvolvimento de pesquisas em cerâmica avançada e o país disporia de equipamentos específicos e mais sofisticados, que estariam à disposição de todos os interessados. Deverão ser alocados recursos para a manutenção e operação desses equipamentos, inclusive para o treinamento de operadores.

Envolvimento do setor produtivo

O estágio atual da área das cerâmicas avançadas no país exige um investimento pesado na criação e consolidação da capacitação técnico-científica. Levando-se em conta as características do setor empresarial brasileiro e o nível de desenvolvimento da indústria nacional, o grosso do investimento para a criação da referida capacitação deverá ser feita inicialmente pelo Governo, a exemplo do que ocorreu e ocorre quando se trata de tecnologias de ponta, as quais contém intrinsecamente um alto risco.

Os desenvolvimentos de menor risco já podem ser assumidos pela indústria, utilizando a capacitação em P&D existente. Problemas de maior incerteza e/ou, como os que envolvem o compartilhamento de infra-estrutura e a formação de recursos humanos em nível geral, devem ser assumidos pelo Governo.

Por outro lado, deve-se incentivar a execução de projetos conjuntos entre as instituições de pesquisa e a indústria, alocando parte dos recursos do programa para a implantação de plantas piloto.

Divulgação

Promover ampla campanha de divulgação visando a conscientização da importância das cerâmicas avançadas para o desenvolvimento tecnológico e social do país, que inclua palestras, cursos e publicações de caráter geral voltados para estudantes de nível secundário e universitário e para o grande público. Estas ações são fundamentais para atrair pessoal para a área e para a criação de mercado, uma vez que é quase que geral o desconhecimento verificado a vários níveis da sociedade.

Estimular a entrada e a fabricação no país de produtos de consumo popular como uma forma de disseminação das cerâmicas avançadas junto à sociedade.

Gerenciamento do programa

Para que o Programa se desenvolva a contento e atinja os seus objetivos, torna-se necessário um acompanhamento contínuo do mesmo. Sugere-se que o gerenciamento do Programa seja feito por meio de um comitê de especialistas composto por membros da comunidade tecnológica, de órgãos de fomento e da indústria. Dentre outras, seria atribuição deste comitê, a escolha dos projetos de pesquisa a serem desenvolvidos de forma integrada, bem como das instituições executoras.

Área prioritária

Considerando-se a capacitação em P&D existente no país,

os levantamentos de mercado disponíveis e as projeções de crescimento para os mesmos, as áreas que devem ser incentivadas prioritariamente são as seguintes:

Cerâmicas para fins eletro-eletrônicos

Varistores - São dispositivos empregados como proteção de circuitos eletrônicos em equipamentos de telefonia e eletrodoméstico, dentre outros, e em pára-raios em linhas de transmissão de energia. Alguns tipos são fabricados no Brasil, porém com qualidade inferior aos produtos importados.

Materiais piezoelétricos - São dispositivos que transformam um sinal elétrico em mecânico e vice-versa, sendo utilizados em microfones, sonares, toca-discos etc. O piezoelétrico ultrassom é fabricado no país. No entanto, componentes para aplicações mais complexas são importados.

Capacitores - As cerâmicas dielétricas para aplicações usuais em componentes eletro-eletrônicos são fabricados no país. Por outro lado, a tecnologia para a fabricação de capacitores de nova geração, com maior capacidade de armazenamento de energia, necessita ser desenvolvida.

Substratos para circuitos eletrônicos - São materiais que requerem uma alta resistência elétrica e boa condutividade térmica. Os substratos à base de alumina do tipo espesso passaram a ser fabricados recentemente no país. Não existe, entretanto, produção industrial nem capacitação tecnológica para a fabricação de substrato finos e a base de outros materiais cerâmicos como o nitreto de alumínio (AlN).

Invólucros passivantes - Apesar da existência de mercado nacional, ainda são se fabrica no país invólucros passivantes de componentes eletrônicos, não se tendo ainda o domínio da tecnologia de fabricação destes produtos cerâmicos.

Termistores - Estes sensores de temperatura ainda não são fabricados no país.

Cerâmicas magnéticas

Nesta classe citam-se as ferritas e as cromitas, que são utilizadas na fabricação de ímãs e memórias magnéticas. Estes materiais são fabricados no Brasil, porém existe espaço para a melhoria da qualidade dos materiais fabricados e para o desenvolvimento de novas cerâmicas magnéticas.

Materiais com funções químicas

Os materiais cerâmicos com funções químicas são praticamente todos importados. Dentre estes citam-se os suportes de catalisadores e os sensores de gases. Existe um grande mercado potencial em função do controle ambiental e de emissão de gases nos veículos automotores.

Aplicações óticas

Dentre as aplicações óticas dos materiais cerâmicos destaca-se o componente translúcido utilizado em lâmpadas de vapor de sódio. Com o aumento da utilização deste tipo de lâmpada no país, existe um bom potencial de mercado para os componentes translúcidos a base de cerâmica. Sua tecnologia

de fabricação ainda não é dominada no país.

A tecnologia de fabricação de fibras óticas a base de quartzo já é dominada no país e, atualmente, estuda-se o desenvolvimento de fibras à base de vidros halogenetos. Na área de fibras óticas já existe um programa de apoio no país, daí não serem computados recursos para este fim na previsão global dos necessidades de recursos do Programa.

Cerâmicas para fins estruturais

Os produtos cerâmicos estruturais produzidos no país são geralmente classificados como produtos cerâmicos avançados de primeira geração. As previsões de mercado apontam taxas anuais de crescimento superiores a 15% para vários produtos.

Materiais resistentes

Apesar de serem produzidos no país componentes cerâmicos estruturais como guias-fio, selos mecânicos, bicos pulverizadores e elementos de moagem, dentre outros produtos, o domínio tecnológico neste campo é ainda bastante incipiente. O mercado potencial para os materiais resistentes ao desgaste mecânico tais como ferramentas de corte e abrasivos é bastante significativo.

Refratários especiais

Dentre esta classe de produtos destacam-se os refratários especiais para a indústria siderúrgica, como válvulas gavetas e de imersão, cadinhos de zircônia para fusão de materiais especiais, dentre outros produtos, cuja tecnologia de fabricação ainda não é dominada no país.

Pós cerâmicos especiais

Dada a carência no país de matérias-primas para a fabricação de cerâmicas avançadas, devem ser incentivados estudos e projetos visando o desenvolvimento de pós cerâmicos especiais, principalmente dos seguintes: Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 , MgO , ZnO , $BaCO_3$, SnO , SiO_2 e Fe_2O_3 ; Covalentes: Si_3N_4 , SiC , B_4C , C , AlN ;

Processos especiais

O país não dispõe de grupos de pesquisa envolvidos com algumas das técnicas utilizadas na preparação de pós e processamento das cerâmicas avançadas, como a moldagem por injeção, a prensagem isostática a quente e a tecnologia de plasma. É recomendável que o Programa contemple com recursos, pelo menos dois grupos para cada uma destas técnicas.

Estimativas de recursos

Os recursos necessários para a implementação do Programa e para dotar as instituições envolvidas na área das cerâmicas avançadas de um estrutura adequada, foram estimados em US\$ 34 milhões de dólares. A utilização destes recursos dar-se-á em um período de cinco anos, conforme discriminado seguir:

Milhões de dólares

ITEM	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
Equipamentos ^(*)	9,0	9,0	9,0	-	-	27,0
Despesas de Importação	2,0	2,0	2,0	-	-	6,0
Obras e Instalações	2,0	2,0	2,0	-	-	6,0
Custeio a Proj. de P&D ^(#)	1,0	2,5	3,0	3,0	2,0	11,5
Informação e Documentação	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,5
Formação de Pessoal	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	7,0
Gerenciamento do Programa	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0
TOTAL	15,5	17,5	18,0	5,0	4,0	60,0

(*) Nesta rubrica estão incluídas as necessidades de equipamentos básicos para a caracterização de pós e processamento de cerâmicas avançadas e para a montagem/complementação de laboratórios específicos. As estimativas foram baseadas em levantamento realizados pelos membros da CCA/ABC.

(#) Inclui recursos destinados à instalação de plantas piloto.

Roteiro para implementação do programa

A implementação do Programa poderá compreender a seqüência de eventos listada abaixo:

- Constituição do Comitê de Gerenciamento e da Secretaria do Programa;

Comissão de Cerâmica Avançada da ABC

Jamil Duailibi Filho, Coordenador deste trabalho e do Programa de Cerâmicas Especiais do INT

José Carlos Bressiani, Coordenador da CCA/ABC e chefe da Divisão de Materiais Cerâmicos do IPEN

Anselmo Ortega Boschi, Professor do Depto. de Engenharia de Materiais - DEMa/UFSCar

José Arana Varela, Professor do Instituto de Química - IQ/UNESP

Elson Longo, Professor do Depto. de Química - DQ/UFSCar

Celso Valentin Santilli, Professor do Instituto de Química - IQ/UNESP

Edgar Dutra Zanotto, Professor do Depto. de Engenharia de Materiais - DEMa/UFSCar

Marco Antonio Pacheco Jordão, Chefe do Agrupamento de Tecnologia Inorgânica do IPI/SP

Egon Antônio Torres Berg, Superintendente de Pesquisa da Lorenzetti S. A.

Geraldo Agosti, Assessor Técnico da Ferro Enamel do Brasil S. A.

Colaboradores:

Juarez Távora Veado, Coordenador de Planejamento Tecnológico do INT

Pérsio de Souza Santos, Departamento de Eng. Química da EPUSP

Armando T. Nishimoto, Gerente de P&D da ALCAN S. A.

Deilson N. Tibo, Gerente de Produtos Químicos da ALCAN S. A.

Vitor Schenkman, representante da Hoechst do Brasil S. A.

Cosme Roberto Moreira da Silva, Pesquisador do CTA

José O. A. Paschoal, Chefe do Departamento de Metalurgia Nuclear do IPEN

Reginaldo Muccillo, Pesquisador da Divisão de Materiais Cerâmicos do IPEN

Tessaleno Devezas, Pesquisador do Instituto Politécnico - IPRJ

Alexandre Afonso, representante da Metal Leve S. A.

Manuel Aleixo Sallovitz, representante da Carborundum S. A.

- Análise dos recursos humanos e laboratoriais e da produção técnica das instituições que atuam em cerâmica avançada e nas áreas correlatas;

- Análise dos programas de P&D das instituições participantes;

- Atribuição de áreas específicas de competência, através de consenso entre os participantes;

- Definição de metas para o curto e médio prazos;

- Liberação de recursos;

- Início da execução do Programa; e

- Acompanhamento e avaliação.

Considerações finais

A ordenação e o gerenciamento das atividades compoondo um Programa de Cerâmicas Avançadas, permitem com investimento relativamente pequeno, que o Brasil passe a dominar tecnologias que terão grande impacto industrial. Para tanto, a articulação entre entidades, a formação de pessoal e o reaparelhamento de laboratórios são elementos fundamentais, paralelamente com a participação da indústria.

O Programa ora apresentado deverá sofrer revisões periódicas. Após sua implementação, a Comissão de Cerâmica Avançada (CCA) propõe que o mesmo seja amplamente debatido por ocasião do congresso anual promovido pela Associação Brasileira de Cerâmica.

Bibliografia

[1] SHEPPARD, L. M. A global perspective of advance ceramics. American Ceramic Society Bull, 68 (9), 1989.

[2] ECKERT, C. & WEALHERALL, J. Advanced ceramics: '90s global business outlook. Ceramic Industry, april, 1990.

[3] MURTHY, M.K. Advanced Ceramics Technology Situation Report. Draft report, written under contract to the Office of Industrial Innovation, Ottawa, Ontario, Canada, sept., 1985.

[4] SRICHANDR, P. Advanced materials in Thailand: Status and prospects. Advanced Materials Technology: Monitor, (16), UNIDO-Viena, jan., 1990.

[5] RAMAKRISHNAN, P. Advanced materials and development: How Asia can meet the challenge. Advanced Materials Technology: Monitor, (16), UNIDO-Viena, jan., 1990.

[6] RHEE, C. Status and prospects of new materials technology in Korea. Advanced Materials Technology: Monitor, (16), UNIDO-Viena, Jan., 1990.

[7] Mc LAREN, M. G. & WACHTMAN, J. B. The presente and future of advanced ceramic materials. I Internacional Symposium on Strategic Materials and Metals. Rio de Janeiro, Mar., 1987.

[8] VEIGA, M. M.; SOARES, P. S. M.; SILVA, A. P. & ALVARINHO, S. B. Estudo do mercado brasileiro de cerâmica avançada. Cerâmica, 35 (239), dez., 1989.

[9] DUAILIBI FILHO, J. Cerâmicas avançadas no Brasil. Informativo INT, 20 (41), jan./abr., 1988.

[10] CERÂMICAS AVANÇADAS: Sugestões para o seu desenvolvimento no Brasil. Comissão de Cerâmica Avançada de Associação Brasileira de Cerâmica - ABC, set., 1988.