

Materiais avançados 2010-2022

Fernando Rizzo¹

1. Introdução

Um dos aspectos característicos do progresso da civilização humana tem sido sua dependência no desenvolvimento e nas aplicações de novos materiais, o que levou tais materiais a servir como marco temporal de diferentes etapas da evolução das sociedades, desde os primórdios de nossa história. Nas últimas décadas, em grande parte por influência da corrida espacial, a relevância dos materiais no desenvolvimento tecnológico tem aumentado significativamente, tornando-os, em muitos casos, fatores determinantes para a introdução de novas tecnologias e agentes fundamentais do processo de inovação. Uma simples observação de nosso cotidiano revela a importância dos materiais em áreas tão diversas como energia, telecomunicações, saúde, defesa e meio ambiente, entre outras.

Por esse motivo, a realização de estudos prospectivos sobre materiais é uma prática frequente em vários países, como parte da estratégia de definição de políticas de financiamento apropriadas para o desenvolvimento científico e tecnológico de diversos setores.

A constatação da necessidade de que iniciativas desse tipo sejam realizadas no Brasil motivou o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em 2007, a realizar um grande estudo prospectivo sobre materiais avançados que contribuísse para a definição de tópicos com relevância tecnológica a serem priorizados pelas agências de fomento, mas ainda requerendo um significativo

¹ Diretor do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

investimento em pesquisa fundamental. A primeira dificuldade para realizar um estudo dessa natureza foi a escolha dos temas a serem focalizados. A seleção final foi determinada com base no atendimento a um ou mais dos seguintes critérios: i) importância do tema para o desenvolvimento tecnológico de setores específicos que representassem determinantes nacionais ou imperativos globais; ii) potencial futuro de aplicação ou oportunidade de mercado; iii) aproveitamento e agregação de valor a recursos naturais do país; iv) identificação do tema como área portadora de futuro. Com base nesses critérios, foram selecionados oito temas voltados para materiais avançados em: 1) defesa nacional e segurança pública; 2) aplicações em eletrônica, magnetismo e fônica; 3) energia; 4) atividades espaciais; 5) meio ambiente; 6) recursos naturais minerais e biológicos; 7) saúde médica-odontológica; e 8) tribologia.

O estudo foi desenvolvido em diversas etapas que abrangeram, para cada tema considerado, um panorama da situação atual, uma visão perspectiva e finalmente uma série de recomendações prospectivas, levando em conta dimensões variadas, como: recursos humanos, infraestrutura, marco regulatório, investimento e mercado. Em cada fase do estudo, foram produzidas notas técnicas e, ao final, os resultados principais foram reunidos em uma publicação intitulada **Materiais Avançados 2010-2022**.

Uma descrição sucinta da motivação e dos tópicos tratados em cada tema é apresentada a seguir:

Em **defesa e segurança pública**, o Brasil não pode deixar de se posicionar estrategicamente e de forma categórica, no espectro das possibilidades econômicas e dos compromissos internacionais. Uns poucos programas tecnológicos arrojados na área de defesa poderão tornar-se importante contribuição de forma a gerar diferenciais de capacidades e competências dissuasórias. Tecnologias consolidadas, como soldagem entre metais e cerâmicas, também são gargalos importantes para o setor. Blindagem balística e eletromagnética, materiais metálicos e compósitos especiais, sensores avançados e simulação computacional em ciência e engenharia de materiais são o foco deste trabalho que destaca os segmentos específicos possíveis de superarem barreiras econômicas e cerceamentos tecnológicos.

Em **eletrônica**, os materiais avançados estarão no cerne das decisões sobre quais tecnologias são baseadas em princípios físicos fundamentais que, enquanto possibilitem a construção e manufatura de novos dispositivos nanométricos, sejam capazes de permitir a integração de arquiteturas e de operação com a tecnologia atual. Se roteiros estratégicos preveem a evolução da tecnologia de chips CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor*), até pelo menos o ano 2020, por muito tempo após isso deverá permanecer como um componente importante dos dispositivos eletrônicos em uma transição de talvez várias décadas, até que um novo paradigma tecnológico se torne dominante.

Em **magnetismo**, nunca antes a vida das pessoas foi tão significativamente dependente do desenvolvimento de novos materiais com propriedades magnéticas especiais. Em muitos aspectos, a sociedade é dependente de processos automatizados que usam materiais ferromagnéticos em quase todas as atividades essenciais. A capacidade de controlar o crescimento de filmes finos e multicamadas em escala atômica, que se atingiu na área de semicondutores, verifica-se na área de magnetismo. Os novos materiais devem ser aperfeiçoados para evitar agressão ambiental, devem ser limpos e gastar pouca energia. Uma das aplicações mais promissoras é no desenvolvimento de refrigeradores magnetocalóricos, que poupam energia e evitam o uso de substâncias baseados nos clorofluorcarbonos, que destroem a camada de ozônio.

Em **fontônica**, o século 21 vivenciará incomparáveis impactos tecnológicos na sociedade. Isso devido ao amplo leque de produtos inovadores, como em: mostradores (usados em televisores, câmeras fotográficas, telefones celulares); em sensores de alta sensibilidade (para pesquisa científica, monitoramento de ambientes limpos, medicina e diagnóstico e sistemas de segurança); em dispositivos luminescentes e células solares de alta eficiência; em *lasers* industriais para processamento de materiais; e nas tecnologias de informação e comunicação. A biofontônica no Brasil, em particular, fortalecerá seu papel de provedor de alimentos para o mundo.

Em **aplicações espaciais**, os materiais empregados servem às funções de estrutura, propulsão, proteção térmica, sensoriamento e controle da condição operacional dos sistemas de voo. Foguetes de sondagem, veículos lançadores de satélites e satélites para diversas aplicações, todos em atendimento ao Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), e suas dependências em materiais avançados são objeto de recomendações aqui contidas e validadas por instituições oficiais do programa. Os subsídios orbitam uma diretriz institucional do setor que almeja a criação de uma empresa integradora para sistemas espaciais, capaz de reunir e consolidar diversas tecnologias amadurecidas sob forma de produtos inovadores que possam ser utilizados com dualidade de emprego civil e de defesa.

Em **energia**, o aumento da demanda (somado ao crescente apelo por fontes renováveis, eficientes, com emissões de gases de efeito estufa reduzidas e segurança no fornecimento energético) impulsiona o desenvolvimento de tecnologias de geração de eletricidade. São descritas, então, as principais necessidades de desenvolvimento de materiais nas frentes de produção em bi-combustíveis; eletricidade solar; energia nuclear; energia eólica; produção e armazenamento de hidrogênio; e células o combustível. Alguns destaques vão para fabricação de filmes e de camadas finas; desenvolvimento de ligas metálicas especiais; desenvolvimento de materiais cerâmicos estruturais; cerâmicas elétricas; materiais refratários; catalisadores resistentes a desativação; compósitos estruturais reforçados com fibras; materiais para separação; combustíveis nucleares e semicondutores.

Em **meio ambiente**, o Brasil poderá exibir nas próximas décadas um caráter de âncora tecnológica e contribuir em escala mundial na remediação de uma série de problemas do planeta, seja em decorrência de causas naturais, seja por efeitos antropogênicos, tais como: mudanças climáticas, elevação do nível do mar, presença de poluição atmosférica, extinção de espécies animais e vegetais, acidificação dos oceanos, destruição da camada de ozônio, degradação dos solos, chuva ácida, destruição de habitats, superexploração de recursos hídricos, contaminações por produtos químicos perigosos, contaminação microbiológica e derramamentos de hidrocarbonetos. Tais problemas ao mesmo tempo requerem investimentos no desenvolvimento e na produção de materiais e tecnologias de materiais e também representam grandes oportunidades de investimentos pelo governo e pelo empresariado.

Em **recursos naturais minerais e biológicos**, os recentes desenvolvimentos científicos e tecnológicos têm criado um elevado número de oportunidades de criação de materiais avançados. Essas oportunidades respondem positivamente à necessidade de transição da economia atualmente baseada em matérias-primas e combustíveis fósseis para uma economia caracterizada pelo desenvolvimento sustentável e de baixo uso de carbono, que contribua para a mitigação das emissões de poluentes e, portanto, para a minimização das mesmas contribuições antrópicas já citadas. Com base em matérias-primas abundantes ou renováveis, o leitor será norteado pelas importâncias de tópicos tecnológicos, tais como: caracterização de materiais avançados e de suas fontes naturais; rotas alternativas para produção de insumos básicos para fertilizantes; produção de materiais agroquímicos avançados; reaproveitamento de rejeitos da atividade mineral e do agronegócio, como insumos para produção de materiais avançados; e outros.

Em **saúde médica-odontológica**, a política de desenvolvimento produtivo vigente, que dá sustentabilidade ao ciclo de expansão econômica, abriga metas como a redução do déficit comercial do Complexo Industrial da Saúde para US\$ 4,4 bilhões até 2013 e desenvolvimento de tecnologias para produção local de 20 produtos estratégicos para o Sistema Único de Saúde até 2013. Destaques são dados às tecnologias de materiais, servindo, portanto, aos implantes ortopédicos; próteses endovasculares; materiais dentários; nanoestruturas para diagnóstico e tratamento de doenças; materiais carreadores para sistemas de liberação controlada; e materiais para engenharia tecidual. Cruciais para o desenvolvimento de qualquer setor, as ações institucionais a serem efetivadas nessa e nas demais áreas de materiais incluem a formação de recursos humanos, que devem incluir especializações e cursos técnicos em *scale-up* e em gestão tecnológica.

Em **tribologia**, uma área multidisciplinar (de grande interesse industrial quanto ao domínio científico e tecnológico dos fenômenos inerentes aos movimentos relativos de superfícies), as perdas econômicas e o impacto ambiental pelo efeito negativo dos atritos e desgastes chamam atenção nas estatísticas. Cerca de 1% a 6% do produto interno bruto de países desenvolvidos são desperdiçados no desgaste tribológico. 20% dessas perdas podem ser evitadas com aplicação do

conhecimento já existente em desgaste, atrito e lubrificação. O relato dos especialistas aponta para a necessidade de se implementar programas estáveis de formação de recursos humanos em tribologia com o estabelecimento de metas a serem cumpridas pelos grupos acadêmicos que operam em rede de alcance nacional.

2. Recomendações

As seguintes recomendações gerais são apresentadas para o fortalecimento do setor de materiais em áreas relevantes, com significativo impacto no desenvolvimento sustentável do país:

- Definição de programas de grande porte em materiais avançados sobre temas prioritários para setores estratégicos, com envolvimento da indústria e do governo, evitando pulverização de recursos;
- Investimento em infraestrutura de grandes laboratórios nacionais para pesquisa na fronteira do conhecimento;
- Criação de redes temáticas em áreas portadoras de futuro com metas de curto, médio e longo prazo.

Referências

Vision 2020, Materials Technology Roadmap, American Chemical Society, 2000.

Materials Foresight Panel, Mapping out the future for the road ahead, Institute of Materials, Minerals and Mining, UK, 2006.

Steel Industry Technology Roadmap, American Iron and Steel Institute, 2003.

International Technology Roadmap for Semiconductors, IRC, 2010.

Materials for Life Cycle, EUMAT, Belgium, 2006.

Nanoroad, Roadmap Report Concerning the Use of Nanomaterials in the Aeronautics Sector, EC, 2006.

Materiais Avançados 2010-2022, CGEE, 2010.