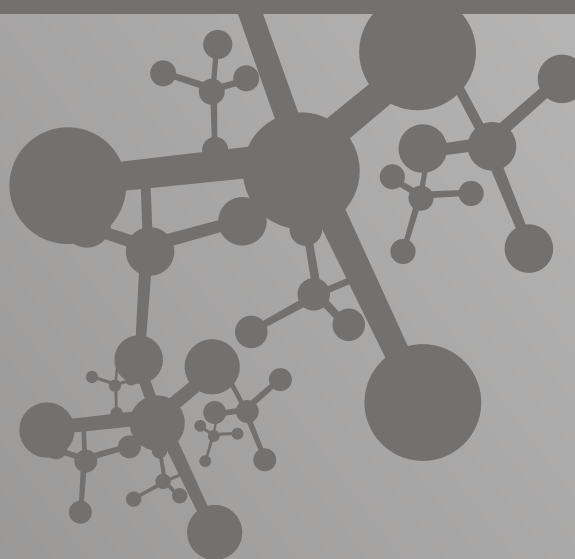




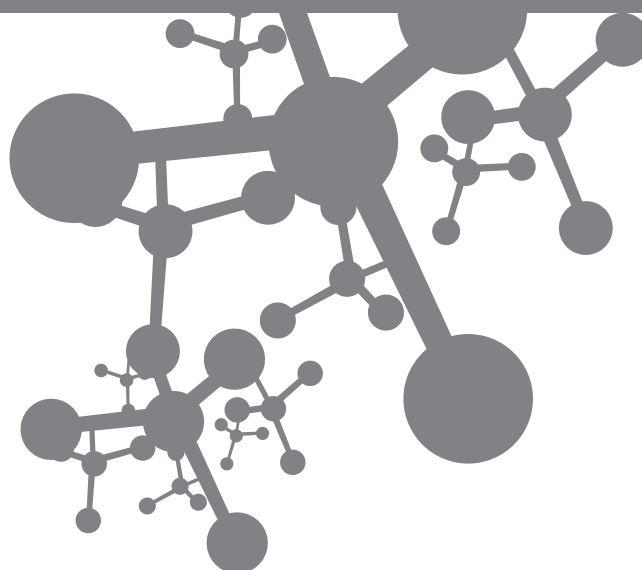
Semicondutores Orgânicos

Proposta para uma estratégia brasileira



Semicondutores Orgânicos

Proposta para uma estratégia brasileira



Brasília - DF
Dezembro 2007

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Presidenta

Lucia Carvalho Pinto de Melo

Diretor Executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Fernando Cosme Rizzo Assunção

Edição e revisão / *Tatiana de Carvalho Pires / Terezinha Costa*

Diagramação / *André Scofano Maia Porto*

Capa / *Felipe Lopes da Cruz*

C389

Semicondutores Orgânicos: proposta para uma estratégia brasileira. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2007.

76 p. ; il.; 24 cm.

ISBN - 978-85-60755-06-6

1. Semicondutores Orgânicos. Ciência, tecnologia e inovação.
I. CGEE. II. ABDI. III. Título.

CDU 621.382

*Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
SCN Qd 2, Bl. A, Ed. Corporate Financial Center sala 1102
70712-900, Brasília, DF
Telefone: (61) 3424.9600
<http://www.cgee.org.br>*

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato de Gestão CGEE/MCT/2007.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.

Semicondutores Orgânicos

Proposta para uma estratégia brasileira

Supervisão

Fernando Cosme Rizzo Assunção

Consultores

Anderson Stevens Leônidas Gomes (coordenador)

Adelaide Maria Antunes

Celso Pinto de Melo

Jarbas Caiado de Castro Neto

Leni Akcelrud

Lucimara Stolz Roman

Marco Cremona

Paulo Miranda

Roberto Faria

Roberto Vermulm

Sandra Hollanda

Equipe técnica do CGEE

Antonio Vaz

Lilian M. Thomé Andrade Brandão

Kleber de Barros Alcanfor

Marcio de Miranda Santos

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Resumo executivo | 7 |
| Apresentação | 13 |
| 1. Introdução | 15 |
| 1.1 Breve histórico dos semicondutores orgânicos | 15 |
| 1.2 Razões e objetivos do estudo | 17 |
| 2. Panorama atual no Brasil e no mundo | 23 |
| 2.1 Situação da pesquisa científica no exterior | 23 |
| 2.2 Investimentos internacionais em desenvolvimento científico, tecnológico e infra-estrutura | 24 |
| 2.3 Patentes internacionais | 27 |
| 2.4 Oportunidades comerciais | 29 |
| 2.5 Situação da pesquisa científica nacional | 31 |
| 2.6 Investimentos nacionais em infra-estrutura e recursos humanos | 34 |
| 2.7 Patentes brasileiras e competências nacionais | 36 |
| 2.8 Oportunidades comerciais do Brasil | 40 |
| 3. Traçando uma estratégia brasileira | 43 |
| 3.1 Os <i>roadmaps</i> | 43 |
| 3.1.1 O <i>roadmap</i> estratégico | 44 |
| 3.1.2 O <i>roadmap</i> tecnológico | 49 |
| 3.2 Proposta de modelo institucional | 57 |
| 4. Recomendações | 65 |
| 5. Conclusão | 71 |

Resumo executivo

Materiais orgânicos formam a base de uma classe relativamente nova e muito importante de materiais que combinam as virtudes de leveza e flexibilidade dos plásticos, com as propriedades de condutividade elétrica dos semicondutores, usualmente empregados na indústria eletrônica. Esses novos materiais são os semicondutores orgânicos, que começam a ser utilizados na fabricação de componentes ultraleves, de baixo consumo de energia, menos poluentes e com baixo custo de fabricação em larga escala, quando comparados aos mesmos componentes baseados em semicondutores inorgânicos.

O desenvolvimento dos semicondutores orgânicos está fazendo emergir a indústria da eletrônica orgânica, cujas estimativas de mercado mundial apontam para um crescimento de cerca de US\$ 650 milhões em 2005 para US\$ 96 bilhões em 2020 (IDTechEx Ltd, 2006).

O potencial das aplicações dos semicondutores orgânicos nos próximos dez anos é imenso. Entre os componentes que já são produzidos ou estão em desenvolvimento com base em semicondutores orgânicos contam-se sensores, os diodos emissores de luz orgânicos (OLED), da sigla em inglês *organic light emitting diodes*, para utilização em mostradores (*displays*) e em iluminação, memórias, transistores, lasers e células solares.

A maioria dos estudos e prospecções disponíveis indica que o desenvolvimento dos setores relacionados aos semicondutores orgânicos será dado mais pela criação de novos mercados e por novas aplicações do que pela substituição dos atuais. Esse é um aspecto fundamental e fator de norteamto para essa tecnologia, pois mostra que, na maioria

dos casos, ela não entrará em competição com os produtos/processos já existentes, mas criará seus próprios nichos.

Uma das problemáticas da eletrônica orgânica está relacionada com a grande variedade de materiais (metais, óxidos condutores transparentes, semicondutores orgânicos, substratos) envolvidos. Qualquer aplicação, presente ou futura, deverá necessariamente levar em conta os desafios relacionados com a inovação e os investimentos necessários para desenvolver e dominar a ciência de materiais avançados indispensáveis para os diferentes dispositivos.

No Brasil, a pesquisa básica em semicondutores orgânicos, iniciada há mais de duas décadas, ganhou impulso no início dos anos 2000, com a introdução de programas de apoio à pesquisa científica e tecnológica, como o Pronex, os Institutos do Milênio e as Redes Cooperativas de Nanociências e Nanotecnologias. O desenvolvimento da área gerou a formação de recursos humanos qualificados e resultados científicos de relevância nacional e internacional, além de prover uma infra-estrutura de pesquisa de muito boa qualidade. No decorrer desse processo, o impacto tecnológico da ação dos vários grupos de pesquisa brasileiros começou a ser percebido por parte da comunidade empresarial.

Sentindo a necessidade de avaliar de maneira ampla e coordenada as competências e oportunidades brasileiras na área de semicondutores orgânicos, o MCT, o CGEE e a ABDI decidiram promover e conduzir a realização do presente estudo.

O trabalho buscou identificar as aplicações de mercado das tecnologias de semicondutores orgânicos e a situação das cadeias produtivas brasileiras em cada uma delas. Tratou também de analisar a situação atual do Brasil, tanto científica quanto mercadológica, e as tendências de

evolução científico-tecnológica dos semicondutores orgânicos. A análise incluiu a realização de um mapeamento das competências nacionais, para identificação de grupos de pesquisa, áreas de atuação, distribuição geográfica e formação de recursos humanos. Finalmente, foram elaboradas recomendações de ação para o Brasil baseadas na análise de cenários e com enfoque na competitividade dos empreendimentos brasileiros perante as correspondentes cadeias globais de valor.

A principal conclusão do estudo é a existência no Brasil de massa crítica de recursos humanos, vocação tecnológica e potencial de mercado, para o desenvolvimento comercial de dispositivos baseados em semicondutores orgânicos.

Os componentes em desenvolvimento têm nichos de mercado nos quais o país poderá ser um ator importante nos mercados nacional e internacional, se for capaz de montar no momento adequado uma infra-estrutura apropriada para apoiar uma grande indústria. Um aspecto relevante identificado pelo estudo é que, no momento atual, o nível de competição internacional entre os atores comerciais na área de semicondutores orgânicos é relativamente baixo. As grandes companhias envolvidas estão fazendo parcerias estratégicas para criar um mercado global efetivo. De acordo com os dados deste trabalho, o momento apropriado para os dispositivos que utilizam eletrônica orgânica estará ocorrendo ao longo dos próximos cinco anos, de forma que o país tem excelente oportunidade para investir de forma planejada.

As avaliações realizadas identificaram três linhas de produtos com perspectivas de desenvolvimento no Brasil, para produção competitiva, no horizonte de tempo até o ano de 2020: OLED para *displays*, sensores e células fotovoltaicas. Desses, os OLED são os que apresentam melhores

perspectivas de mercado e em horizonte de tempo menor. Sendo assim, o primeiro foco proposto para uma política de semicondutores orgânicos é o mercado de *displays*.

O estudo identificou a necessidade de um processo articulado para transformar em desenvolvimento tecnológico e em inovação o conhecimento já adquirido pelo país na pesquisa básica. Para isso, é necessário dotar instituições-chave de infra-estrutura adequada para desenvolvimento tecnológico, não somente em termos materiais (equipamentos), mas também em termos de recursos humanos (nível técnico e superior) e instrumentos legais (impostos diferenciados, flexibilidade de importação/exportação, entre outros mecanismos) que viabilizem a competitividade internacional num mercado crescente.

O estudo gerou três produtos: um *roadmap* estratégico, um *roadmap* tecnológico e uma proposta de modelo institucional para implementação das ações recomendadas. Os *roadmaps* indicam a estratégia a ser adotada, que tecnologias perseguir e em qual espaço de tempo. Também apontam os gargalos tecnológicos e os caminhos para minimizá-los ou eliminá-los. Em conjunto com a proposta de modelo institucional, resumem com clareza e objetividade os passos necessários para o país investir com segurança na área de semicondutores orgânicos, com horizontes temporais claramente definidos até 2020.

Entre as recomendações do estudo, destacam-se:

1. utilizar como ponto de partida das ações na área de semicondutores orgânicos para o país os *roadmaps* estratégico, tecnológico e o modelo de gestão desenvolvido no estudo;

2. implantar, em institutos do MCT, duas unidades de pesquisa industrial em semicondutores orgânicos, uma na área de sensores e outra na área de células fotovoltaicas, para alavancar as bases necessárias para criação de infra-estrutura para o desenvolvimento de dispositivos nessas duas áreas;
3. ter investimentos públicos e privados, nacionais ou estrangeiros, para assegurar a inovação e a competitividade sustentável do sistema produtivo brasileiro de semicondutores orgânicos;
4. criar uma entidade como a Sociedade de Propósito Específico (SPE) ou outro mecanismo que explore a flexibilidade da Lei de Inovação destinada a promover atividades de desenvolvimento tecnológico e de produção de OLED para mostradores (*displays*).

Apresentação

Os dispositivos semicondutores que estão na base da indústria de componentes eletrônicos são hoje fundamentais para a competitividade de uma vasta gama de setores industriais. Neste momento, o mundo está assistindo ao nascimento de uma nova indústria eletrônica. Baseia-se numa classe especial de semicondutores, fabricados com materiais orgânicos, que descortinam um vasto horizonte de novas aplicações.

O dinamismo da pesquisa científica e tecnológica e a movimentação pela criação de um mercado global para os produtos que utilizam semicondutores orgânicos geraram a necessidade de investigar as condições e oportunidades para o Brasil se inserir na nascente indústria da eletrônica orgânica, não somente como consumidor, mas também como fornecedor. Tal investigação se materializou no estudo sobre Aplicações Tecnológicas de Semicondutores Orgânicos, promovido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e conduzido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), com a participação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

A principal conclusão do estudo é que o Brasil dispõe de massa crítica de recursos humanos, vocação tecnológica e potencial de mercado para o desenvolvimento comercial de dispositivos baseados em semicondutores orgânicos. Isso lhe permite aspirar a uma inserção no mercado internacional que começa a se configurar.

Assim sendo, propõe-se aqui uma estratégia para transformar em ações de desenvolvimento tecnológico e, subsequentemente, em produtos inovadores, a competência brasileira já adquirida em pesquisa básica, de

modo a viabilizar a competitividade internacional do Brasil nesse novo mercado até o ano de 2020, quando o volume mundial estimado de vendas poderá ser da ordem de US\$ 96 bilhões. O estudo alerta, porém, que a hora de iniciar esse processo é agora, para aproveitar a janela de oportunidade que se abriu.

A presente publicação é uma síntese do relatório final do estudo sobre Aplicações Tecnológicas de Semicondutores Orgânicos, que foi suprimida a detalhada descrição da metodologia utilizada, bem como os anexos com a descrição das etapas percorridas e a relação de documentos consultados.

1. Introdução

1.1 Breve histórico dos semicondutores orgânicos

Semicondutores são materiais que têm condutividade elétrica intermediária entre os condutores e os isolantes, e estão na base da fabricação de uma ampla variedade de dispositivos eletrônicos como diodos, transistores e microprocessadores. Os semicondutores usualmente empregados pela indústria eletrônica são inorgânicos, feitos de materiais como o silício, o germânio e o arsenieto de gálio. Mas a recente emergência de uma classe relativamente nova de semicondutores, baseados em materiais orgânicos, está dando origem a uma nova indústria de componentes eletrônicos, a indústria da eletrônica orgânica.

Os semicondutores orgânicos combinam as propriedades de condutividade elétrica dos semicondutores tradicionais com as virtudes do plástico, que pode ser facilmente moldado. Permitem a fabricação de dispositivos mais leves, mais flexíveis e que consomem menos energia. Abrem, assim, todo um horizonte novo de aplicações em micro e em nanoeletrônica.

Entre os componentes que já são produzidos ou estão em desenvolvimento com base em semicondutores orgânicos contam-se sensores, os diodos emissores de luz orgânicos (OLED), da sigla em inglês *organic light emitting diodes*, para utilização em mostradores (*displays*) e em iluminação, memórias, transistores, lasers e células solares.

A história dos semicondutores orgânicos começou no final dos anos 1970, quando três pesquisadores publicaram um artigo seminal descre-

vendo certas classes de plásticos que podiam ser modificados para se tornarem condutores de corrente elétrica (Shirakawa et al, 1977). A descoberta dos polímeros condutores foi tão revolucionária que o Prêmio Nobel de Química (2000) foi concedido a Alan Heeger, da Universidade da Califórnia (Santa Bárbara, EUA); Alan MacDiarmid, da Universidade da Pensilvânia (EUA); e Hideki Shirakawa, da Universidade de Tsukuba (Japão), por seus trabalhos pioneiros na área.

Em 1990, Jeremy Burroughes, Richard Friend e Donald Bradley descobriram que determinadas estruturas de polímeros condutores poderiam ser montadas de forma a possibilitar a emissão de luz. Criavam-se, assim, os diodos emissores de luz orgânicos, que formam a base de painéis planos orgânicos (Burroughes et al, 1990).

Heeger e Friend – como muitos outros cientistas – têm continuado a dar contribuições fundamentais à ciência dos semicondutores orgânicos, além de atuar ativamente no desenvolvimento e comercialização de produtos fabricados com o emprego desses semicondutores.

No Brasil, a pesquisa básica em semicondutores orgânicos começou há mais de duas décadas e ganhou impulso no final dos anos 1990 e no início da década de 2000, com a introdução de programas de apoio à pesquisa científica e tecnológica, como o Pronex, os Institutos do Milênio e as Redes Cooperativas de Nanociências e Nanotecnologias. Cada um desses programas proporcionou uma atuação mais coordenada e participativa das competências nacionais nesse tema, acelerando o desenvolvimento da área. A maior ênfase foi dada pelo Instituto do Milênio de Materiais Poliméricos (IMMP), coordenado pela USP/São Carlos. Seu programa de pesquisa, iniciado em 2001, estimulou o surgimento de uma interação com empresas potencialmente interessadas no desenvolvimento de um pro-

cesso industrial de mostradores (*displays*) com base em semicondutores orgânicos. Simultaneamente, outros grupos de pesquisa, na Embrapa-São Carlos, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na PUC-Rio e na Universidade Federal do Paraná (UFPR) também desenvolviam pesquisa básica e aplicada, particularmente na área de sensores, atraindo a atenção de setores empresariais.

Uma evidência concreta do reconhecimento do potencial brasileiro na área e do esforço de inserção internacional foi demonstrada pelo enorme interesse de uma empresa internacional, que chegou a contatar a ABDI e o IMMP, mas que no decorrer do processo foi vendida a outro grupo.

1.2 Razões e objetivos do estudo

A partir de 2005, a necessidade de avaliar as competências e oportunidades do Brasil na área de semicondutores orgânicos tornou-se evidente, tanto para os pesquisadores das instituições de ensino e pesquisa envolvidos com o tema, quanto para o MCT, o CGEE e a comunidade empresarial, representada pela ABDI, que decidiram, então, promover a realização do presente estudo.

O objetivo geral foi definir as linhas de dispositivos baseadas em semicondutores orgânicos com maior possibilidade de competitividade internacional, propor ações estratégicas e tecnológicas, e o arranjo institucional necessário para a implementação das ações propostas. Já como partes do estudo, foram selecionados para análise os seguintes dispositivos: 1) Mostradores com base em OLED; 2) Dispositivos fotovoltaicos; 3) Sensores; 4) Dispositivos identificadores por radiofrequência (RFID).

É importante notar que as aplicações de semicondutores abrangidas

por este estudo decorrem em grande parte do desenvolvimento da nanotecnologia, que é uma das áreas estratégicas e portadoras de futuro definidas na Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (Pitce), construída em consonância com o Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (PNCTI). Entre os objetivos do PNCTI está a determinação de criar um ambiente favorável à inovação no país, fortalecendo a Pitce e estimulando o setor empresarial a investir em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Recentemente, um estudo Delphi (F. Salamanca-Buentello, 2005), que envolveu 85 consultores de várias partes do mundo, identificou as dez áreas mais promissoras para o desenvolvimento da nanotecnologia nos países em desenvolvimento (mostradas na Tabela 1) e examinou a contribuição que tais áreas dariam para o cumprimento das Metas de Desenvolvimento para o Milênio, estabelecidas pelas Nações Unidas (ver

Tabela 1

As dez áreas mais promissoras para aplicações da NT em países em desenvolvimento

| |
|---|
| 1. Armazenamento, produção e conversão de energia |
| 2. Aumento da atividade agropecuária |
| 3. Remediação e tratamento de água |
| 4. Diagnóstico e teste (<i>screening</i>) de doenças |
| 5. Sistemas de administração de medicamentos (<i>drug delivery</i>) |
| 6. Armazenamento e processamento de comida |
| 7. Tratamento e remediação de poluição atmosférica |
| 8. Construção |
| 9. Monitoramento da saúde |
| 10. Detecção e controle de pragas |

Fonte: F. Salamanca-Buentello, 2005

Tabela 2). É importante observar nesta Tabela que o primeiro tópico, relativo a armazenamento, produção e conversão de energia, dá como exemplo células fotovoltaicas e diodos emissores de luz orgânicos (OLED).

Tabela 2

Correlação entre as dez áreas prioritárias de aplicações da nanotecnologia para os países em desenvolvimento e as Metas de Desenvolvimento para o Milênio, estabelecidas pelas Nações Unidas

| Classificação | Aplicações | Exemplos | Comparação com as metas de desenvolvimento para o milênio |
|---------------|--|---|---|
| 1 (766) | Armazenamento, produção e conversão de energia | Novos sistemas de armazenamento de hidrogênio com base em nanotubos e outros nanomateriais: células fotovoltaicas e dispositivos emissores de luz orgânica baseados em pontos quânticos | VII |
| 2 (706) | Aumento da atividade agropecuária | Nanocápsulas para entrega de herbicidas, nanosensores para monitoramento de qualidade de solo e saúde de plantas, nanomagnetos para remoção de contaminantes no solo | I, IV, V, VII |

Excerto de F. Salamanca-Buentello et al, 2005

Um estudo semelhante ao descrito na Tabela 1 e realizado no Brasil pelo CGEE (NanoDelphi: Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia, CGEE, Brasília, 2005) revela grande coincidência com os resultados do estudo internacional, como se vê na Tabela 3.

Deve-se registrar também que a corrida global em semicondutores orgânicos tem avançado a passos largos. Os principais atores estão procurando inserção internacional com países que tenham grande potencial de mercado e competência para absorção de novas tecnologias, desde que assegurados os segredos tecnológicos e a propriedade intelectual. O investimento por parte dos governos de diversos países em infra-estrutura para a

área de semicondutores orgânicos tem sido fundamental para o desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada e a geração de novas empresas.

Tabela 3 Excerto da lista de tópicos tecnológicos em N&N (nanociências e nanotecnologias) para o Brasil, identificados em um estudo Delphi realizado pelo CGEE em 2005

| Lista final de tópicos tecnológicos em N&N * | | | |
|--|---|--------------|-----------------|
| Tópico | Valores de Médias (conforme grupos "Geral" e "Conhecedores + Especialistas") $\geq 2,9$ | | |
| | Relevância | Oportunidade | Competitividade |
| armazenamento de energia | 3.4722 | 3.3333 | 3.0833 |
| | 3.4848 | 3.2273 | 2.9848 |
| catálise | 3.6038 | 3.3962 | 3.2075 |
| | 3.3922 | 3.1961 | 2.9314 |
| células a combustível | 3.6923 | 3.4103 | 3.1795 |
| | 3.4595 | 3.2297 | 2.9054 |
| DNA e terapia gênica | 3.4754 | 3.3279 | 3.0328 |

NanoDelphi: Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia, CGEE, Brasília, 2005

Outro aspecto relevante a considerar é que, no momento atual, o nível de competição internacional entre os atores comerciais na área de semicondutores orgânicos é relativamente baixo. As grandes companhias envolvidas estão fazendo parcerias estratégicas para criar um mercado global efetivo. A competição com produtos cujos dispositivos têm como base os semicondutores inorgânicos não é um aspecto preocupante. De acordo com a IDTechEx, uma das empresas líderes em estudos de mercado na área de semicondutores orgânicos, o maior mercado para semicondutores orgânicos, deverá ser criado a partir de novos nichos e não pela substituição de dispositivos baseados em semicondutores inorgânicos.

Foi nesse contexto, portanto, que este estudo foi realizado. Iniciado em setembro de 2006, e concluído em julho de 2007, empregou

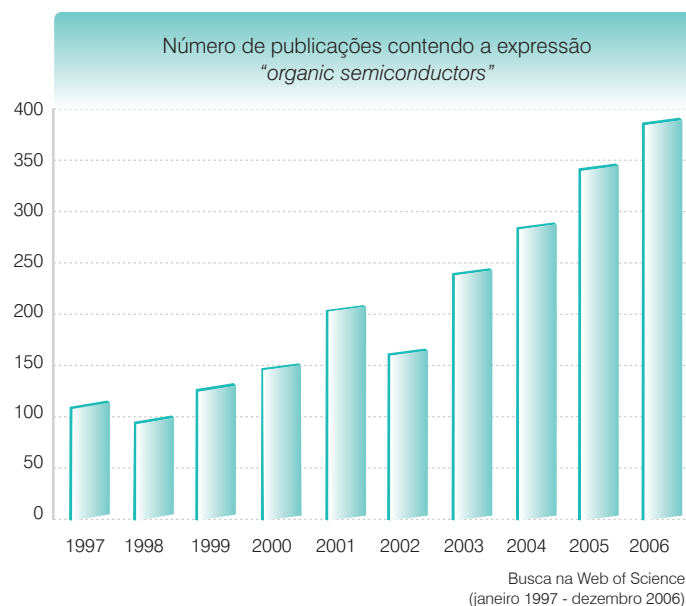
metodologias consagradas que foram utilizadas em oficinas de trabalho, com a participação dos principais atores envolvidos com o tema no país: especialistas de universidades, centros de pesquisa e empresas. Além disso, o estudo utilizou notas técnicas elaboradas pelos consultores do projeto, que também participaram de conferências estratégicas na Ásia, Europa e Estados Unidos; e analisou diversos documentos de estudos de mercado internacionais adquiridos pelo CGEE com essa finalidade.

2. Panorama atual no Brasil e no mundo

2.1 Situação da pesquisa científica no exterior

Apesar de já se ter iniciado no mundo a comercialização, ainda que em pequena escala, de vários produtos da eletrônica orgânica, a pesquisa básica nesse campo continua muito ativa, como indica um levantamento na base de artigos *Web of Science*: as palavras-chave “*organic semiconductors*” geraram como resposta uma lista de 2.726 publicações entre janeiro de 1997 e dezembro de 2006. Além disso, como mostra o Gráfico 1, o número de publicações cresce ano a ano.

Gráfico 1



Vários dos artigos de destaque nessa área são publicados nas principais revistas de circulação internacional e com alto parâmetro de impacto, como *Science*, *Nature*, *Nature Materials*, *Physics Review Letters* e *Chemical Physics Letters*.

Na maioria das grandes conferências internacionais cujo escopo esteja relacionado ao tema de semicondutores orgânicos e suas aplicações, são constantes as palestras plenárias, tutoriais e palestras convidadas proferidas pelos principais pesquisadores mundiais no tema.

Esses dados revelam dois aspectos importantes. O primeiro é que, mesmo estando num estágio de potencial comercialização em larga escala de diversos dispositivos baseados em semicondutores orgânicos, a pesquisa básica no tema continua, como já foi dito, ativa e necessária. Um segundo aspecto importante é que ainda há bastante espaço para o desenvolvimento na interface ciência aplicada/desenvolvimento tecnológico. Ou seja, resultados científicos oriundos das bancadas dos laboratórios – muitas vezes em forma de demo (termo oriundo da palavra *demonstrators*, significando uma tecnologia em estágio de demonstração) – precisam de uma etapa importante de desenvolvimento tecnológico que não necessariamente será executada no laboratório de pesquisa básica. Nesse aspecto, centros de pesquisa tecnológica ou *start-ups* são um elo importante na cadeia do conhecimento.

2.2 Investimentos internacionais em desenvolvimento científico, tecnológico e infra-estrutura

Um dos termômetros da importância do tema de semicondutores orgânicos é a disponibilidade comercial de vários estudos e análises

prospectivas de mercado que apresentam aspectos científicos e de propriedade intelectual. Além desses estudos, diversos organismos de fomento divulgam em seus sites os valores dos investimentos realizados. Nos últimos cinco anos, mais de US\$ 1 bilhão foram investidos em semicondutores orgânicos por órgãos de fomento e investidores internacionais em ciência, tecnologia e inovação, aí incluídos apoio à pesquisa básica, infra-estrutura e capital de risco.

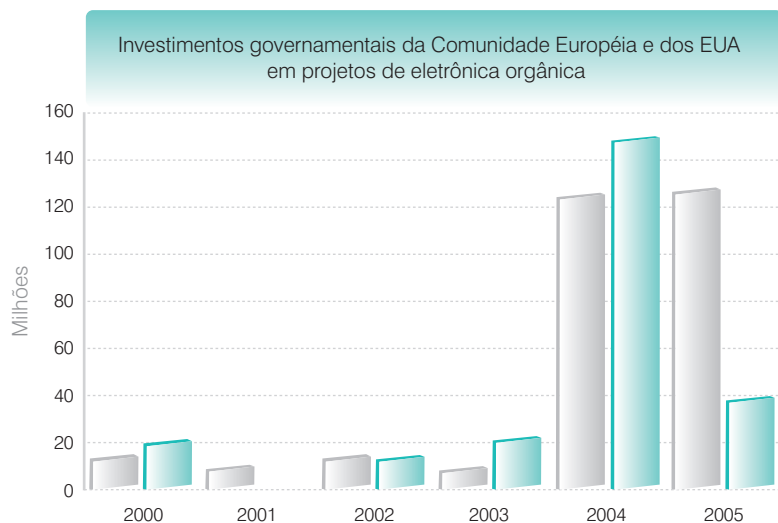
De acordo com dados da empresa britânica de consultoria Cintelliq, divulgados na Organic Electronics Conference 2006 (OEC 2006), os investimentos realizados na modalidade capital de risco totalizaram cerca de US\$ 200 milhões no período 2004-2006. Desse valor, nenhum investimento individual excedeu US\$ 25 milhões. Os dados incluem Estados Unidos e Europa, e demonstram a vitalidade do tema ainda mais quando se leva em conta que não estão contabilizados investimentos corporativos e investimentos que não foram tornados públicos.

Ainda de acordo com dados da Cintelliq, mais de US\$ 520 milhões foram investidos em 87 projetos na área de semicondutores orgânicos na Comunidade Européia e nos Estados Unidos, entre janeiro de 2000 e setembro de 2005. O maior volume de recursos, cerca de US\$ 400 milhões, foi aplicado entre 2003 e 2005.

No mesmo estudo, teve destaque o detalhamento de alguns investimentos governamentais. Os recursos investidos estão descritos no Gráfico 2, que sobressaem três picos de investimentos, realizados nos anos de 2004 e 2005. Em fevereiro de 2004, o exército norte-americano anunciou investimentos de US\$ 100 milhões para implantação do Flexible Display Centre, no Estado do Arizona (EUA). Esse centro, visitado em novembro de 2006 por dois consultores deste estudo, já está em pleno funcionamento,

com resultados tangíveis. Um desses resultados, na área de mostradores poliméricos embebidos em tecido, brevemente será utilizado pelo exército dos Estados Unidos nas vestimentas das tropas. O centro está localizado no campus da Universidade do Arizona. Tanto a universidade quanto o governo do Arizona fizeram grandes investimentos para viabilizá-lo. No modelo criado para o Centro, o maior comprador da tecnologia será o governo norte-americano.

Gráfico 2



Fonte: Cintelliq

Ainda em outubro de 2004, a Comunidade Européia, por meio do Programa de Frameworks EU-FP6, anunciou investimentos de US\$ 53 milhões nos projetos Olla e Flexidis. O primeiro está relacionado à OLED para iluminação, e o segundo, refere-se à área de mostradores flexíveis, tema similar ao do *Flexible Display Center* do Arizona.

Em março de 2005, o Ministério Federal de Educação e Pesquisa

(BMBF), da Alemanha, anunciou investimentos de US\$ 118 milhões para uma iniciativa em OLED, que corresponde ao terceiro pico mais alto no Gráfico 2. Durante a conferência OEC 2006, que contou com a participação de dois consultores deste estudo, o representante do BMBF reiterou em sua palestra o interesse do governo alemão para que a Comunidade Européia lidere a corrida na área de OLED, com a participação do governo e das indústrias. O modelo adotado na Europa envolve, de maneira bastante agressiva, a participação de empresas e universidades, além de centros de pesquisa como os institutos *Fraunhofer*. A contrapartida das empresas terá cerca de US\$ 500 milhões no mesmo período. Exemplo de empresa envolvida é a Basf, que em setembro de 2006 recebeu apoio financeiro do governo alemão, no valor de €29.4 milhões (RSC *Advancing the Chemical Sciences*). A Basf, que já havia investido cerca de € 1.5 milhão, trabalhará em conjunto com as empresas Osram, Opto Semiconductors, Philips Deutschland, Aixtron e Applied Materials e com cientistas de universidades alemãs, para o desenvolvimento de OLED no mercado de iluminação.

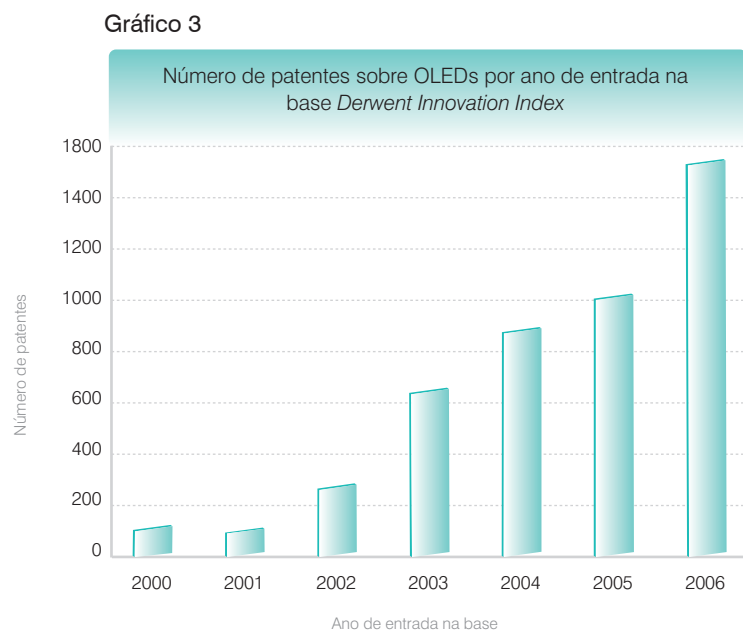
Observa-se que o modelo europeu tem o estilo de trabalhar em rede, com a participação efetiva dos três segmentos: governo, empresas e universidades/centros de pesquisa.

2.3 Patentes internacionais

A proteção à propriedade intelectual é um aspecto importante da área de semicondutores orgânicos, na qual grande número de inovações tecnológicas foi implementado nos últimos anos. Só em 2006 foram depositadas mais de mil patentes internacionais relacionadas a tecnologias de semicondutores orgânicos.

Um levantamento exaustivo sobre patentes internacionais, realizado pelos consultores para este estudo, abrangeu vários aspectos das patentes, incluindo rotas de sínteses para cada elo das cadeias produtivas selecionadas. O trabalho teve dois objetivos: tendência tecnológica, e identificação das competências nacionais em quatro tipos de dispositivos orgânicos eletrônicos: OLED, fotovoltaicos, RFID e sensores. Para as tendências tecnológicas, a prospecção de patentes foi feita nas bases Derwent Innovation Index e Scifinder Scholar, sendo essa última adotada para a pesquisa das patentes cujos objetos são as rotas de síntese.

Os dados e comentários a seguir referem-se apenas aos OLED. No total, foram localizadas 4.633 patentes sobre OLED, depositadas na base de dados Derwent Innovation no período de 2000 a 2006. Sua distribuição temporal é apresentada no Gráfico 3. A empresa com maior volume de



patenteamento no período é a Samsung, com 766 patentes, seguida da Eastman Kodak, com 412. Um aumento significativo e constante do número de empresas que patentearam tecnologias relacionadas à OLED é claramente visível a partir de 2002.

O grande e crescente número de patentes reflete o grau de atividade de desenvolvimento tecnológico na área de semicondutores orgânicos.

2.4 Oportunidades comerciais

A fase seguinte na evolução da indústria da eletrônica orgânica baseada em semicondutores orgânicos, que é a comercialização de componentes funcionais, já começou. Vem sendo construída a partir de novas companhias, como a Cambridge Displays Technology (adquirida pela Sumitomo Chemical Company em 2007), Universal Displays, eMagin, MicroEmissive Displays, Konarka Technologies, Nanosolar, Plextronics, Nanoident, Novalcd, Thin-film Electronics, Elam-T, PolyIC, Polymer Vision, Plastic Logic, OrganicID, Orfid e outras, bem como pela participação decisiva de grandes corporações como Samsung, Kodak, Basf, Osram/Siemens e DuPont, entre outras.

Em alguns casos, pequenas empresas são apoiadas por grandes companhias dentro das quais nasceram. De acordo com informações divulgadas no site da Organic Electronics Conference (OEC) 2007, cinco dessas companhias se formaram a partir de janeiro de 2006: a PolyIC é o resultado de uma joint-venture entre a Siemens e a Kurz; a Polymer Vision é parte de uma unidade de incubação tecnológica dentro da Phillips; OrganicID e Orfid são *spin-outs* da Universidade do Texas e Universidade da Califórnia (EUA), respectivamente; e a Nanoident, baseada na Áustria, foi formada

nos últimos 12 meses para desenvolver tecnologias de sensores fotônicos com base em semicondutores orgânicos.

A mola propulsora a estimular essas e outras empresas é o potencial de mercado da indústria da eletrônica orgânica. O total global de vendas, previsto para 2020, é de US\$ 96 bilhões, segundo estimativas da IDTechEx, uma das empresas líderes em estudos de mercado na área de semicondutores orgânicos. Desse total, cerca de US\$ 30 bilhões referem-se à área de memória e lógica, base de diversos dispositivos eletroeletrônicos; US\$ 20 bilhões são estimados para a indústria de mostradores para produtos eletrônicos; e cerca de US\$ 15 bilhões para a indústria de iluminação.

O mesmo relatório da IDTechEx mostra a divisão territorial do mercado, reproduzida na Tabela 4, que mostra também a previsão de crescimento do mercado a partir de 2005. Observe-se que, de acordo com a Tabela, a categoria “restante do mundo” (Brasil incluído) só começa a despontar como mercado a partir do ano 2015. Mesmo considerando possíveis erros do relatório de mercado, esta é uma realidade que precisa ser mudada.

Tabela 4

| Potencial anual global de vendas por território (em US\$ bilhões) | | | | |
|---|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| América do Norte | 0.26 | 1.70 | 8.58 | 27.64 |
| Europa | 0.17 | 1.18 | 6.37 | 18.00 |
| Ásia | 0.22 | 1.87 | 14.93 | 49.74 |
| Restante do Mundo | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.62 |
| TOTAL | 0.65 | 4.75 | 30.00 | 96.00 |

Fonte: IDTechEx

Pode ser explorada como uma grande oportunidade de antecipar o mercado brasileiro. Como se verá mais adiante neste estudo, a antecipação pode ser feita a partir da criação de empresas que viabilizem uma indústria nacional para o desenvolvimento de dispositivos de eletrônica orgânica, que induziriam o mercado interno.

Ainda de acordo com o documento da IDTechEx, se considerarmos especificamente parte das cadeias produtivas selecionadas para avaliação neste estudo, ou seja, OLED (para mostradores e iluminação), dispositivos fotovoltaicos e RFID, as previsões de mercado para 2011 ou 2015 são também bastante promissoras. Tais produtos serão responsáveis por uma fatia substancial do mercado de eletrônica orgânica. Um relatório independente e mais recente, produzido pela Nanomarkets em 2006 (Infoedge), destaca que em 2012 os OLED para mostradores, sinalizadores e iluminação serão responsáveis por cerca de US\$ 10,8 bilhões e que dispositivos que utilizam transistores orgânicos, como os dispositivos comerciais de identificação por radiofrequência (RFID), terão um mercado de US\$ 4,5 bilhões em 2012. Já em 2007, os primeiros RFID deverão estar no mercado, prometendo competir com similares de silício. Motorola, OrganicID e PolyIC são as principais empresas atuantes nessa área

2.5 Situação da pesquisa científica nacional

É internacionalmente reconhecido o avanço qualitativo e quantitativo brasileiro nos resultados de pesquisa básica em diversas áreas do conhecimento. Tais avanços resultam do arrojado investimento, especialmente nos últimos dez anos, na capacitação de recursos humanos altamente

qualificados. Segundo a Capes, o Brasil ocupa atualmente o 18º lugar no ranking mundial de publicações científicas.

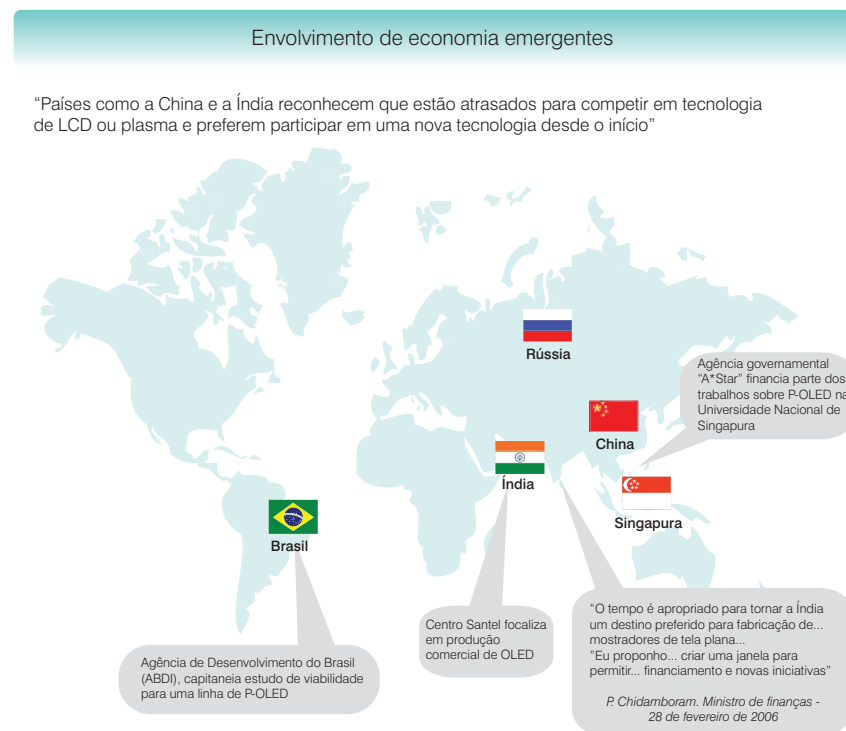
No entanto, na maioria dos casos, essa competência científica não se traduz em impacto tangível na tecnologia e em inovação. Ou seja, não temos um processo de transformação do conhecimento gerado no país em tecnologia e, conseqüentemente, em bens para consumo com dispositivos intensivos em tecnologia. Evidências disso são o pequeno número de patentes internacionais oriundas do Brasil, o pequeno número de empresas inovadoras de sucesso e a inexistência de uma indústria (de médio ou grande portes, nacional ou multinacional) intensiva em tecnologia e bem estabelecida.

Felizmente, em algumas áreas esse quadro pode começar a mudar. A área de semicondutores orgânicos, no contexto da aplicação da nanotecnologia, é uma delas e talvez seja também o primeiro grande exemplo brasileiro de aporte de recursos para investimento em formação de RH em área intensiva em conhecimento. É perfeitamente viável obter, num período inferior a dez anos, resultados tangíveis da transferência desse conhecimento científico para um desenvolvimento tecnológico e, subseqüentemente, um desenvolvimento industrial. É importante observar que outro exemplo de resultado transferido para a indústria, nos anos recentes, também se relaciona à nanotecnologia – no caso específico, na área de química (Jornal da Ciência).

Em apresentação na Conferência OLED 2006, realizada nos Estados Unidos, o então CEO da Cambridge Display Technology (CDT), David Fife, exibiu o slide reproduzido na Figura 1, no qual destaca o envolvimento na área de semicondutores orgânicos, particularmente com ações de cunho comercial, de alguns países com economias emergentes, entre eles o

Brasil. Este fato constitui, por si só, uma evidência do reconhecimento internacional da competência científica brasileira na área de semicondutores orgânicos e temas relacionados, e teve expressivo impacto na Conferência (uma das maiores da área de eletrônica orgânica nos Estados Unidos).

Figura 1



Fonte: David Fife, CDT

O reconhecimento internacional é traduzido também na colaboração que renomados cientistas de instituições estrangeiras têm com pesquisadores brasileiros, e em sua participação nos eventos científicos nacionais e internacionais realizados no Brasil diretamente relacionados a semicondutores orgânicos. Em março de 2001 foi realizada a VI International Conference on Polymers and Advanced Materials, em Recife (PE), que contou com a participação dos ganhadores do Prêmio Nobel de Química de 2000, Alan

MacDiarmid e Alan Heeger. O professor MacDiarmid (falecido em abril de 2007) manteve intensa colaboração com pesquisadores da Embrapa-São Carlos e em 2005 foi um dos palestrantes da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Pesquisadores como Paras N. Prasad, da Universidade de Buffalo (EUA), autoridade na área de materiais poliméricos, já participaram de diversas conferências no Brasil, que incluíam a participação de estudantes. Um dos maiores eventos na área de materiais poliméricos e suas aplicações, a International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals, que inclui semicondutores orgânicos na agenda, será realizada no Brasil em 2008, consolidando assim a inserção do país na rota internacional de congressos relacionados a semicondutores orgânicos.

Vale ressaltar que os citados pesquisadores estrangeiros – e muitos outros – também circulam pelos países emergentes, por isso o Brasil precisa ser mais agressivo científica e tecnologicamente para aproveitar a ampla janela de oportunidade que surge em seu caminho.

2.6 Investimentos nacionais em infra-estrutura e recursos humanos

O investimento em ciência, tecnologia e inovação no país cresceu consideravelmente nos últimos seis anos, como resultado de ação articulada e de longo prazo do MCT. Várias formas inovadoras de financiamento proporcionaram bom desenvolvimento em áreas estratégicas. Redes cooperativas e programas de núcleos de excelência foram criados e, em 2001, foi estabelecido um novo programa de fomento à pesquisa e desenvolvimento em parceria com o Banco Mundial – o programa Institutos do Milênio, que visa à promoção de iniciativas multidisciplinares e multiinstitucionais.

Um dos Institutos do Milênio selecionados foi o Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos (IMMP), com sede no Instituto de Física da USP-São Carlos. O IMMP é formado por aproximadamente 140 pesquisadores (mais de 60 são doutores) de 17 instituições, das cinco regiões do país. As atividades do IMMP foram fundamentais para a indução de ações de inovação em semicondutores orgânicos, particularmente na área de mostradores (*displays*). Nesse mesmo período foi desenvolvido na Embrapa- São Carlos um sensor conhecido como “língua eletrônica”. Após mais de seis anos de pesquisa, sua comercialização na área de degustação de café estava prevista para ser iniciada em 2006, pela empresa BRSensores (Agronline). Em Pernambuco, a UFPE e a Universidade Católica (Unicap) desenvolvem desde 1995 um “nariz eletrônico” capaz de identificar odores de diversos tipos e com vasta gama de aplicações.

Tabela 5

| Investimentos na área de semicondutores orgânicos | | | |
|---|-------------------|--|-------------|
| | Valor (R\$) | Fonte | Período |
| IMMP | 9.000.000 | MCT/CNPq - Programa Institutos do Milênio | 2001 - 2007 |
| Pesquisa sensores: (Nariz eletrônico) | 3.000.000 | MCT/CNPq - Petrobrás | 1995 - 2005 |
| Pesquisa sensores: (Língua eletrônica) | 2.000.000 | MCT/CNPq - Embrapa | 2000 - 2005 |
| Outros (Fotovoltaicos, síntese de polímeros orgânicos, etc) | 5.000.000 | Programas Pronex, Auxílios individuais CNPq, Fundações Estaduais, etc. | 2000 – 2006 |
| Formação de RH | 3.600.000 | Estimativa | 2000 – 2006 |
| TOTAL | 22.600.000 | | |

A Tabela 5 mostra os investimentos realizados nas três áreas descritas anteriormente e dá uma estimativa de outros investimentos em RH e em outras áreas que exploram semicondutores orgânicos.

2.7 Patentes brasileiras e competências nacionais

A prospecção de patentes brasileiras relativas a semicondutores orgânicos não traz resultados surpreendentes. Não foram identificadas patentes depositadas no exterior em nome de pesquisadores ou instituições nacionais. De acordo com a busca realizada no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi), em junho/2007, com a expressão “semicondutores orgânicos”, nenhuma patente depositada ou concedida foi identificada. Com a expressão “polímeros condutores” foram encontrados oito resultados, e com a expressão “polímeros orgânicos” foram encontrados 26.

Esses números, que evidenciam a baixíssima submissão de patentes brasileiras, são o resultado de um conjunto de fatores adversos, que incluem desde a inexistência de uma cultura de proteção da propriedade industrial até a falta de recursos financeiros para a submissão de patente nacional ou internacional e sua manutenção. Falta também apoio legal e profissional para que os pesquisadores protejam adequadamente os resultados de suas pesquisas. Há iniciativas de alguns órgãos de fomento como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), mas ainda são incipientes e insuficientes.

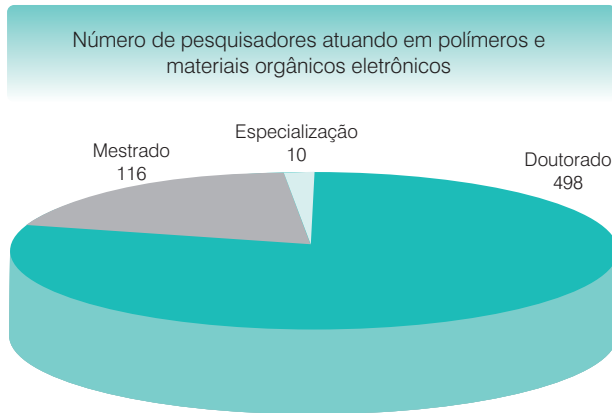
Por outro lado, o levantamento das competências nacionais, que discutiremos a seguir, confirma o grau de maturidade científica alcançado no Brasil e que se reflete também em nível internacional, como vimos antes.

O levantamento de dados concernentes a grupos de pesquisa, pesquisadores e publicações que formam o conjunto das competências nacionais é extremamente dependente das palavras-chave que os pesquisadores utilizam ao se cadastrarem nas bases de dados. O trabalho realizado pelos consultores buscou adequar os termos relevantes para este estudo com os termos mais empregados na literatura e nas bases de dados. Foi feito um levantamento de palavras-chave e as mais freqüentes foram utilizadas na busca, utilizando as seguintes fontes: o Portal de Inovação do MCT; três bases de dados de publicações internacionais (Web of Science, Compendex e Institute of Electrical and Electronics Engineers-IEEE); o diretório de grupos de pesquisa e a Plataforma Lattes, ambos do CNPq.

Para identificação do número de pesquisadores foram realizadas pesquisas com diferentes estratégias de busca e agrupados os resultados conforme os dispositivos selecionados para este estudo (OLED, fotovoltaicos, RFID e sensores). Também foram localizados outros pesquisadores que trabalham com polímeros e materiais orgânicos relacionados com a eletrônica orgânica, mas não necessariamente com os dispositivos mencionados. O Gráfico 4 mostra o número total de pesquisadores identificados no Portal de Inovação, de acordo com os critérios utilizados, e que totalizam 624 pesquisadores.

Com relação a artigos publicados, foram localizados 607 diferentes artigos sobre orgânicos eletrônicos (os documentos indexados em mais de uma base de dados só foram contados uma vez, e só estão incluídos no total os artigos com endereços brasileiros). Para os tópicos de interesse do estudo, foram identificados 26 artigos sobre OLED, 23 sobre fotovoltaicos, 7 relativos a fotodetectores, 38 sobre células solares, 38 relativos a sensores de gás e 11 sobre sensores de líquido.

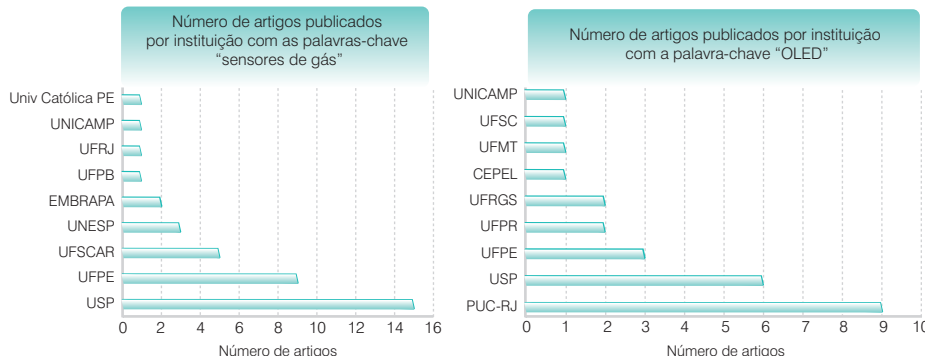
Gráfico 4



Fonte: Portal Inovação

Tanto no número de pesquisadores quanto no número de artigos, um aspecto importante a considerar é a distribuição territorial. Os Gráficos 5(a) e 5(b) mostram, a título de exemplo, a distribuição geográfica das instituições que têm publicações sobre OLED e sobre sensores de gás, respectivamente.

Gráfico 5



Quanto aos grupos de pesquisa, no levantamento realizado para identificar sua distribuição geográfica foram utilizadas as palavras-chave “polímeros conjugados”, “OLED”, “polímeros condutores” e “dispositivos moleculares”. A maior frequência de grupos de pesquisa ocorreu para a expressão “polímeros condutores”, e identificados 74 grupos. A Figura 2 mostra a distribuição geográfica dos grupos de pesquisa para as expres-

Figura 2

Distribuição geográfica dos grupos de pesquisa para as palavras-chave indicadas



sões “polímeros conjugados”, “dispositivos OLED” e “polímeros condutores”. Vale ressaltar que vários desses grupos estão inseridos em projetos de redes cooperativas, Institutos do Milênio e Pronex.

Observa-se uma boa distribuição dos grupos de pesquisa no território nacional, com maior concentração nos Estados de São Paulo e Paraná. Os dados demonstram que há certa capilaridade na difusão do tema, embora em alguns estados, sobretudo do Nordeste, que apresentam bons grupos de pesquisa em outras áreas (inclusive semicondutores inorgânicos) não tenham sido identificados grupos trabalhando com semicondutores orgânicos. Estão nesse caso o Ceará e o Rio Grande do Norte.

2.8 Oportunidades comerciais do Brasil

O mercado brasileiro de eletrônica e suas aplicações é real e crescente. De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica (Abinee), a indústria eletroeletrônica teve faturamento superior a R\$ 100 bilhões em 2006, com previsão de crescimento em 2007.

A comparação entre o volume de importação e exportação do setor para os anos 2005 e 2006, realizada pela Abinee e reproduzida na Tabela 6, mostra o potencial de desenvolvimento da indústria nacional, se considerarmos como oportunidade a diferença entre o volume importado e o volume exportado. Particularmente nos setores de componentes, utilidades domésticas e telecomunicações, que são setores que os dispositivos de eletrônica orgânica têm grandes possibilidades de mercado em curto prazo, a diferença é grande.

Os componentes em desenvolvimento na área de semicondutores orgânicos e inorgânicos têm nichos de mercado onde o Brasil poderá ser

ator importante no cenário nacional e internacional, desde que seja capaz de montar no momento adequado a infra-estrutura apropriada para apoiar uma grande indústria. O país já se revela atento a esse fato no que se refere aos semicondutores inorgânicos, como indica a implantação do Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica (Ceitec), que conta com apoio decisivo do governo federal.

Tabela 6 Comparação entre os volumes de exportação/importação para o setor eletroeletrônico nos anos de 2005 e 2006

| Exportações do setor janeiro a dezembro (US\$ milhões) | | | | Importações do setor janeiro a dezembro (US\$ milhões) | | | |
|---|--------------|--------------|------------|---|---------------|---------------|------------|
| Áreas | 2005 | 2006* | Var% | Áreas | 2005 | 2006* | Var% |
| Automação industrial | 144 | 218 | 52% | Automação industrial | 829 | 909 | 10% |
| Componentes | 2.286 | 2.596 | 14% | Componentes | 9.615 | 11.982 | 15% |
| Equipamentos industriais | 640 | 852 | 33% | Equipamentos industriais | 950 | 1.249 | 31% |
| GTD | 335 | 488 | 46% | GTD | 223 | 314 | 41% |
| Informática | 387 | 411 | 6% | Informática | 1.017 | 1.316 | 29% |
| Material de instalação | 229 | 295 | 29% | Material de instalação | 570 | 648 | 14% |
| Telecomunicações | 2.832 | 3.407 | 20% | Telecomunicações | 1.093 | 1.177 | 8% |
| Utilidades domésticas | 914 | 935 | 2% | Utilidades domésticas | 835 | 1.149 | 38% |
| Total | 7.767 | 9.202 | 18% | Total | 15.131 | 18.743 | 24% |

*Projeção

MDIC/Setex

Fonte: Abinee

De acordo com os dados deste estudo, o momento apropriado para os dispositivos de eletrônica orgânica estará ocorrendo nos próximos cinco anos, de forma que o país tem excelente oportunidade para investir de forma planejada. Entre os diversos componentes para eletrônica orgânica, destacam-se os mostradores (*displays*). Eles farão parte integrante, e em grande escala, de telefones celulares, visores de rádios para automóveis, GPS, Ipod e similares, entre outros produtos. Vale lembrar o gigantesco crescimento da telefonia celular no Brasil, como se observa no Gráfico 6, que mostra a evolução do número de celulares até dezembro de 2006.

Os dados da Anatel (dezembro 2007) indicam que mais de 120 milhões de celulares já estão em uso no Brasil, um aumento de cerca de

21% em relação a 2006. Considerando a alta taxa de troca de aparelhos (a cada dois anos), trata-se de um excelente mercado. Conquistar uma fatia do mercado de mostradores (*displays*) para celulares é meta factível se o país dispuser da infra-estrutura adequada para criação de uma indústria para eletrônica orgânica.

Gráfico 6



Fonte: Anatel

Outra área que o Brasil pode atuar industrialmente é a de células fotovoltaicas. Trata-se de um setor ainda incipiente comercialmente, mesmo em nível mundial, e o país começaria mais cedo a criar competência comercial nessa área, particularmente em aplicações usando energia solar.

Pelos números indicados nos estudos de mercado para as áreas de *displays* e fotovoltaicos, o mercado brasileiro pode ser ao mesmo tempo um importante consumidor e fornecedor. Portanto, as oportunidades comerciais não são somente no Brasil, mas são também para o Brasil.

3. Traçando uma estratégia brasileira

3.1 Os *roadmaps*

Tal como um mapa geográfico mostra o ponto de partida e o caminho para o ponto aonde se deseja chegar, os *roadmaps* cumprem essa mesma função para os negócios, indicando um caminho para o futuro. Têm se revelado uma ferramenta eficaz para o planejamento de longo prazo.

O processo de preparação do *roadmap* é uma maneira de conectar visões, valores e objetivos com as ações estratégicas necessárias para atingir esses objetivos. Segundo J. Galvin (Motorola) “*roadmaps* comunicam visões, atraem investimentos privados e governamentais, estimulam a pesquisa e monitoram os avanços. Funcionam como um inventário das possibilidades para uma determinada área...” (1998).

Há vários exemplos de *roadmaps* – uns muito simples e outros mais complexos. Tanto podem ser usados com foco em um único produto ou família de produtos, como para definir estratégias, desenvolvimento tecnológico ou mercado. Uma das realizações deste estudo foi o desenvolvimento de dois *roadmaps* – um estratégico e um tecnológico – produzidos em oficinas de trabalho organizadas especificamente para este estudo.

3.1.1 O *roadmap* estratégico

Estratégia é uma perspectiva, uma forma de pensar sobre o futuro que transcende o foco no imediato. O elemento-chave de um *roadmap* estratégico é identificar os elementos críticos necessários para atingir os objetivos estratégicos desejados.

Assim, a estratégia para possibilitar a inserção competitiva de empresas brasileiras em semicondutores orgânicos foi estruturada na forma visual de um *roadmap* estratégico. Sua função é facilitar a comunicação entre os diversos atores envolvidos no processo de implementação das propostas do Estudo.

O *roadmap* estratégico, resumido no Quadro 1, descreve a situação atual, fixa o objetivo macro e define os objetivos estratégicos, as ações estratégicas e o horizonte temporal. Mostra também os cenários futuros. Ou seja, define o ponto de partida e o ponto de chegada para a estratégia a ser adotada na área de semicondutores orgânicos.

O *roadmap* começa por formular a Visão de Futuro estabelecida para o horizonte temporal de 2020: ter um sistema produtivo brasileiro competitivamente integrado à cadeia de valor mundial de produtos que utilizam semicondutores orgânicos. Por sistema produtivo, entenda-se o conjunto de empresas da cadeia produtiva e de instituições de geração de conhecimento correlatas, bem como a interconexão entre essas empresas e instituições.

O Estudo definiu as seis dimensões a serem contempladas na estratégia para que se alcance a visão enunciada acima: mercado, tecnologia, talentos, infra-estrutura física, investimento e infra-estrutura político-institucional. Como se observa no Quadro 1, para cada uma foram desenhados cenários futuros e definido o objetivo estratégico a ser alcançado:

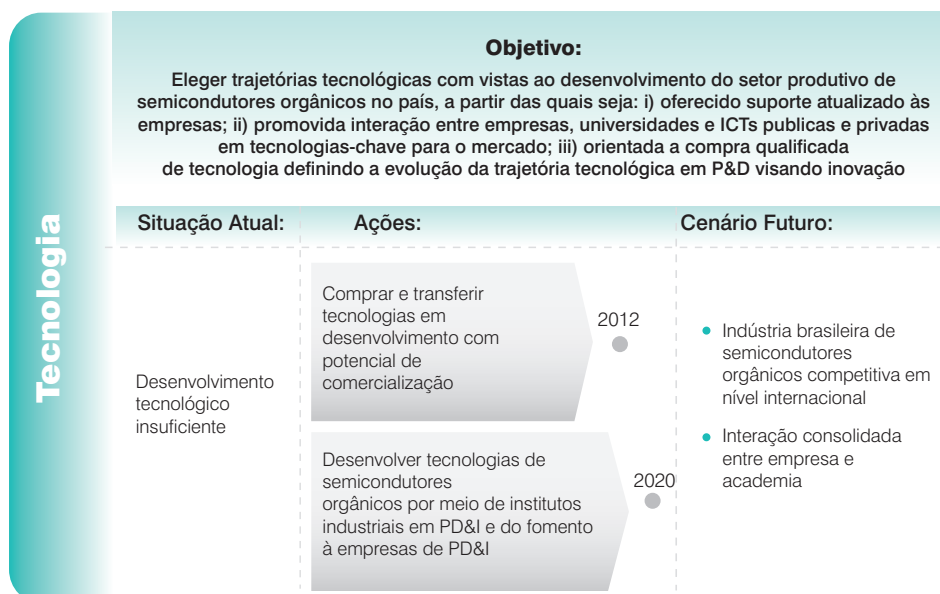
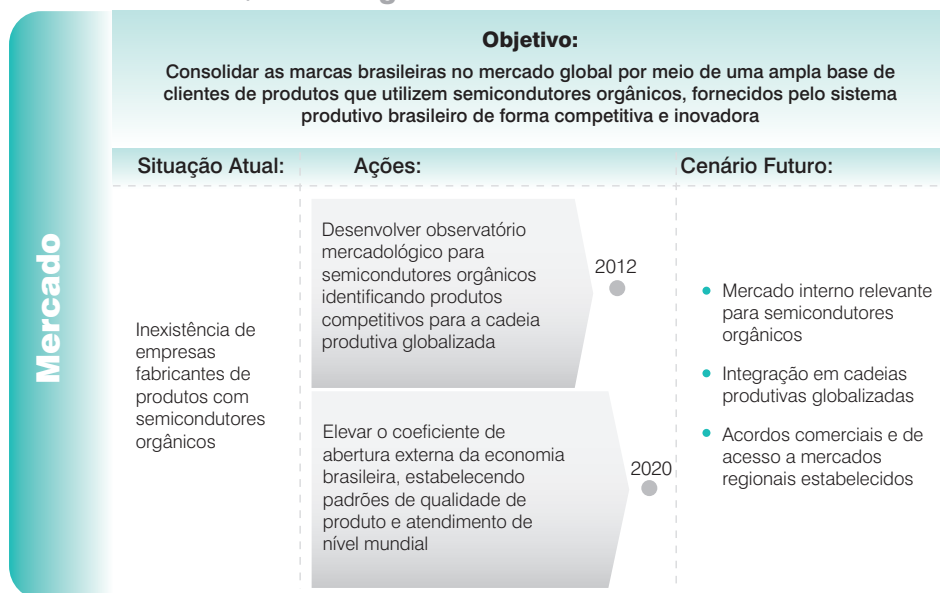
1. Mercado - Consolidar as marcas brasileiras no mercado global por meio de uma ampla base de clientes de produtos que utilizem semicondutores orgânicos, fornecidos pelo sistema produtivo brasileiro de forma competitiva e inovadora;
2. Tecnologia - Eleger rotas tecnológicas com vistas ao desenvolvimento do setor produtivo de semicondutores orgânicos no país, a partir de que seja: 1) oferecido suporte atualizado às empresas; 2) promovida interação entre empresas, universidades e instituições de ciência e tecnologia (ICTs) públicas e privadas em tecnologias-chave para o mercado; 3) orientada a compra qualificada de tecnologia, após definição da evolução da trajetória tecnológica em P&D visando inovação;
3. Talentos - Formar e manter recursos humanos com competências específicas na área técnica (pesquisa, desenvolvimento & inovação-P&D&I) e de gestão, que atendam de forma contínua às necessidades do sistema produtivo brasileiro em semicondutores orgânicos;
4. Infra-estrutura física - Fortalecer, ampliar e manter a infra-estrutura de P&D&I pública, privada e do sistema produtivo, e promover maior utilização da capacidade instalada nas instituições de ciência e tecnologia (ICTs) e instituições de ensino superior (IES) em tecnologias-chave;
5. Investimento - Ter investimentos públicos e privados, nacionais ou estrangeiros, aplicados para assegurar a inovação e a competitividade sustentável do sistema produtivo brasileiro de semicondutores orgânicos;
6. Infra-estrutura político-Institucional - Estabelecer um cenário político-institucional que estimule a competitividade sustentável do sistema produtivo brasileiro, com o objetivo de garantir condições de surgimento e crescimento de empresas inovadoras em produtos que utilizam semicondutores orgânicos.

Quadro 1

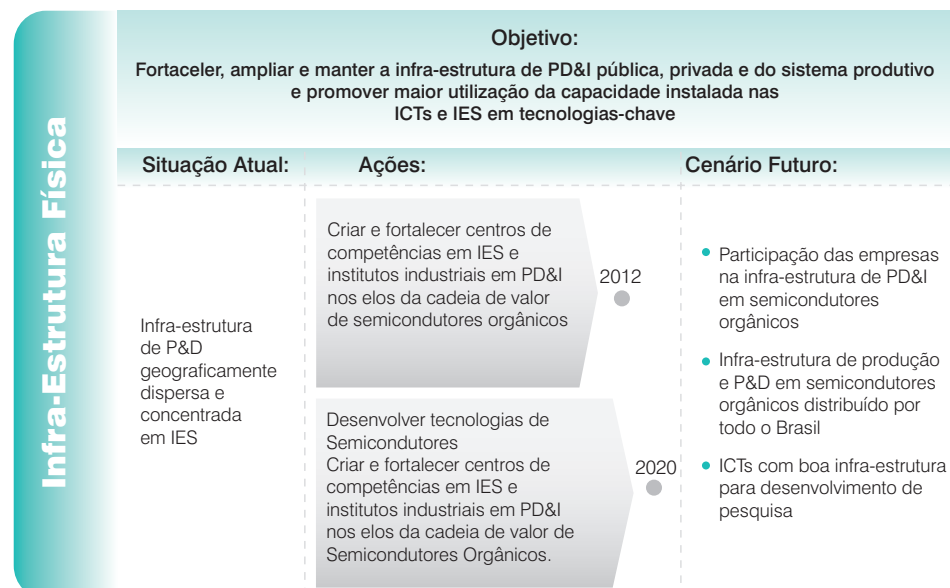
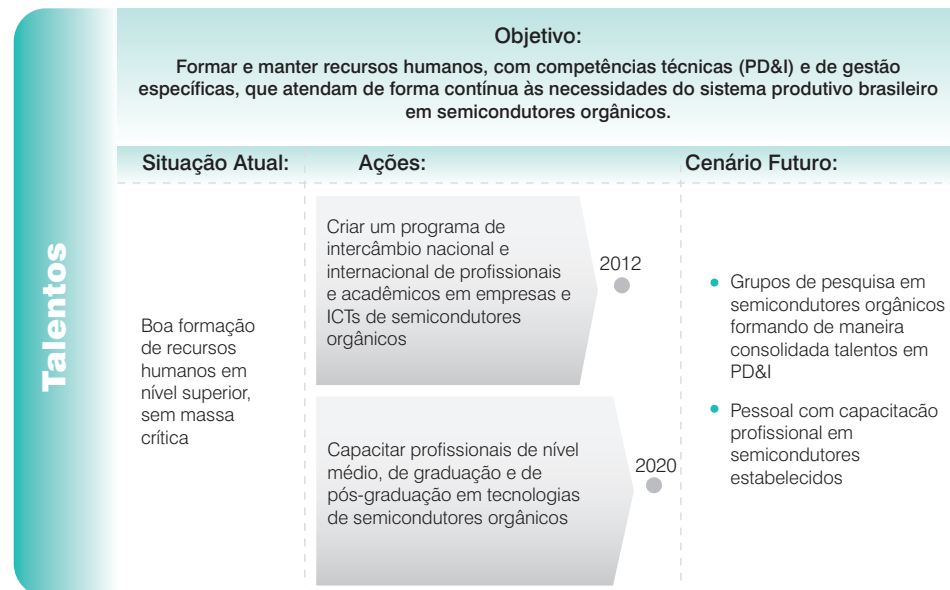
Roadmap Estratégico

Visão: Ter um sistema produtivo brasileiro competitivamente integrado à cadeia de valor mundial de produtos utilizando semicondutores orgânicos

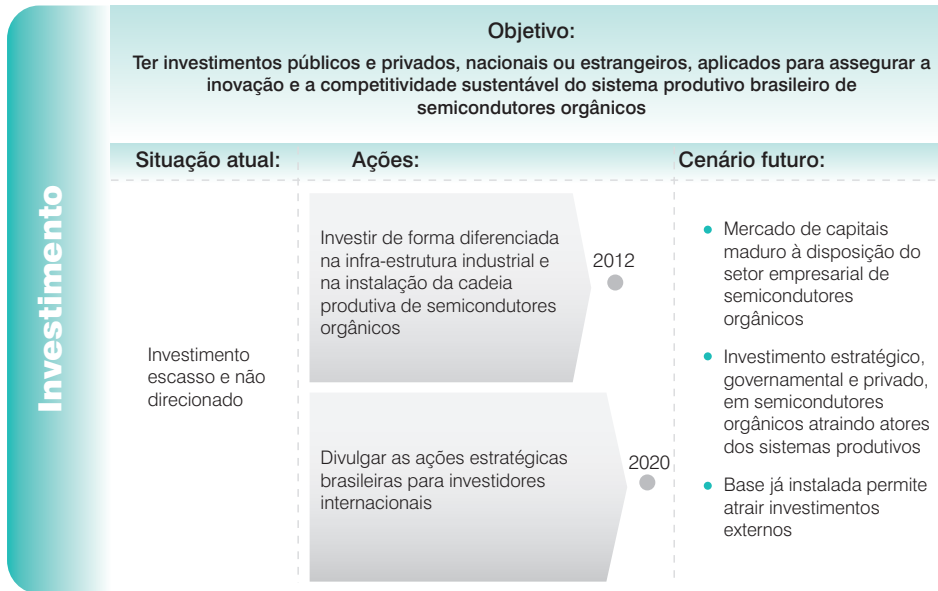
Mercado / Tecnologia



Talentos / Infra-Estrutura Física



Investimento / Infra-Estrutura Legal



Para a consecução de cada um desses objetivos, foi definido um conjunto de ações estratégicas necessárias. O Quadro 1 mostra apenas as duas ações consideradas prioritárias para cada objetivo, uma com horizonte temporal para 2012 e a outra para 2020. O conjunto completo das ações recomendadas, detalhado no capítulo “Recomendações” deste Estudo, deverá servir de base para o detalhamento de um plano integrado, que, entre outros tópicos, deverá incluir:

1. Atividades específicas;
2. Metas a serem alcançadas;
3. Instituições executoras.

3.1.2 O *roadmap* tecnológico

De acordo com C. Cruickshank (Cintelliq, seminário apresentado na OEC 2006), um *roadmap* tecnológico é necessário quando um dos três aspectos indicados abaixo não está claro para o gestor:

- que alternativas (tecnológicas) devem ser perseguidas;
- quão rapidamente a tecnologia será necessária;
- quão efetivamente pode ser coordenado o uso de múltiplas tecnologias.

Entre os benefícios obtidos tanto do processo de preparação quanto do resultado apontado pelo *roadmap* destacam-se, ainda segundo Cruickshank:

- disponibilidade de um mecanismo para apoiar previsões de desenvolvimento tecnológico em áreas-alvo;
- fornecimento de um framework para ajudar o planejamento e coordenação do desenvolvimento tecnológico na organização ou na indústria;

- identificação de tecnologias críticas ou lacunas tecnológicas que devem ser preenchidos para que os produtos alcancem o desempenho projetado;
- identificação de formas de aumentar o investimento em P&D por meio de atividades de pesquisa coordenadas dentro de uma única organização ou na indústria;
- permitir a uma indústria desenvolver colaborativamente tecnologias-chave, em vez de, redundantemente, financiar a mesma pesquisa ou, pior, perder a oportunidade de desenvolver outras tecnologias importantes.

O modelo referencial adotado para a elaboração do *roadmap* tecnológico pode ser visualizado no Quadro 2. Foi utilizada a abordagem *market-in* (do mercado para a tecnologia), em que são prospectadas as tendências de consumo, para então serem definidos os requisitos dos produtos finais. Em seguida, são avaliados os estágios de desenvolvimento atual dos produtos e projetados no tempo os demais estágios até a aplicação no mercado. No caso deste Estudo, foi inserida a priorização de linhas de produto para o Brasil.

Quadro 2



As tendências foram obtidas por meio da revisão das pesquisas de mercado sobre semicondutores orgânicos adquiridas com essa finalidade e das discussões da Oficina de Trabalho 1. Daí resultou uma primeira proposição de produtos finais:

1. OLED para mostradores
2. OLED para iluminação
3. célula fotovoltaica
4. fotodetector
5. sensores de gases e sensores de líquidos
6. RFID

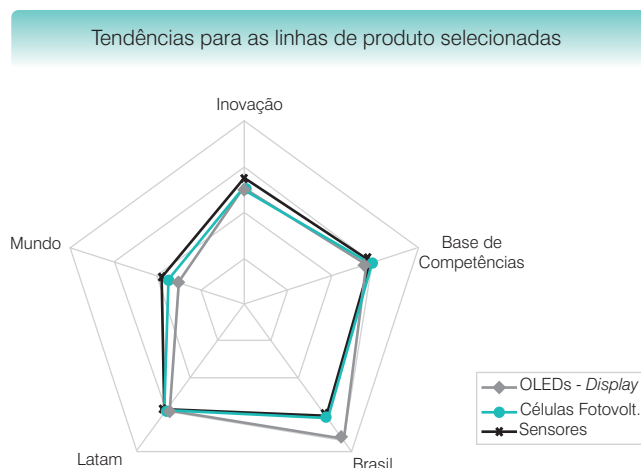
Para cada um foi desenhada uma cadeia produtiva simplificada e atribuída uma priorização, por meio de consulta Delphi, considerando os seguintes fatores:

1. competitividade (sob o enfoque do potencial para inovação em semicondutores orgânicos)
2. recursos disponíveis (sob o enfoque do potencial para geração de competências em semicondutores orgânicos)
3. inserção de produtos no mercado brasileiro
4. penetração de produtos brasileiros nos mercados da América Latina e do restante do mundo

A discussão do resultado levou à seleção dos seguintes produtos: OLED para mostradores (*displays*), células fotovoltaicas e sensores (fundindo-se aqui as linhas de sensores de líquidos e sensores de gases). Gerou-se, assim, a priorização apresentada na Figura 3. A leitura da Figura, numa escala crescente de 1 a 5, mostra que há uma tendência para maior

inserção dos produtos com base em OLED no mercado nacional, comparados com células fotovoltaicas e sensores, seguida de uma inserção em menor escala na América Latina e em bem menor escala no restante do mundo. Para os aspectos competência e grau de inovação, observa-se uma tendência de que, para os três tipos de produtos, a base de competência seja a mesma e o grau de inovação esperado também seja semelhante.

Figura 3



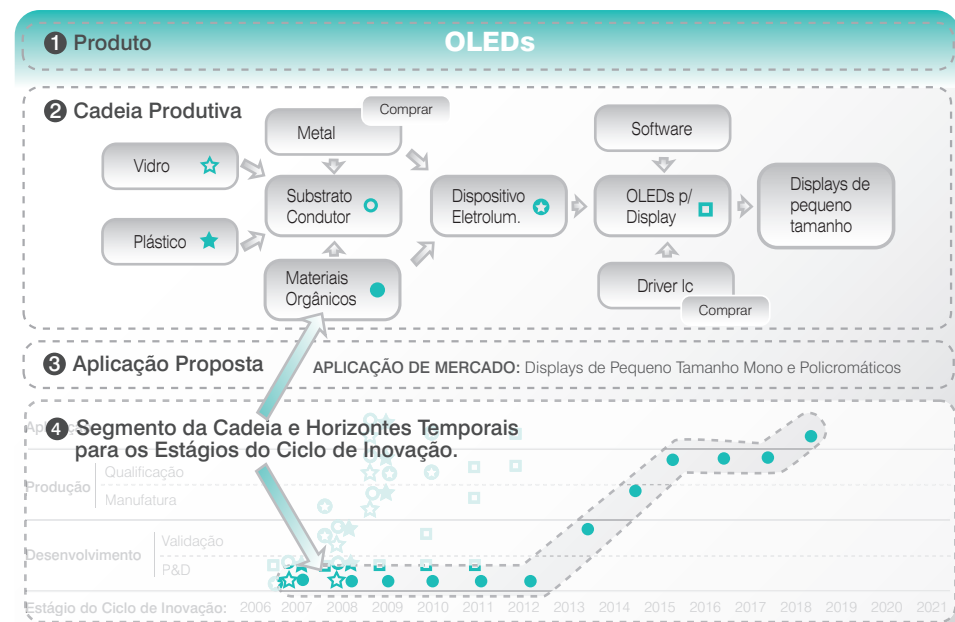
Após a priorização, foram estabelecidas as metas para o desenvolvimento dos produtos nos diversos elos das cadeias produtivas, indicando também se haverá a produção no Brasil ou importação para abastecimento dos elos mais à jusante da cadeia produtiva.

O *roadmap* tecnológico, apresentado no Quadro 3, mostra (à esquerda) as cadeias produtivas dos produtos selecionados, as aplicações de mercado recomendadas (nos gráficos à direita) e os horizontes temporais referentes aos estágios do ciclo de inovação como metas a serem cumpridas para o desenvolvimento da tecnologia-chave, até alcançar o

produto final e sua aplicação. Importante observar que os anos indicados subentendem o início pleno das atividades em 2007, considerado o tempo zero, com períodos subsequentes de 12 meses. A título de exemplo de leitura do *roadmap* tecnológico, pode ser observada a figura a seguir:

1. seleção do produto de semicondutores orgânicos;
2. visualização da cadeia produtiva, incluindo os elos cujos insumos serão importados (indicados pelo ícone “comprar”, em destaque);
3. localização da aplicação de mercado proposta;
4. identificação do segmento da cadeia desejado e dos horizontes temporais para os estágios do ciclo de inovação.

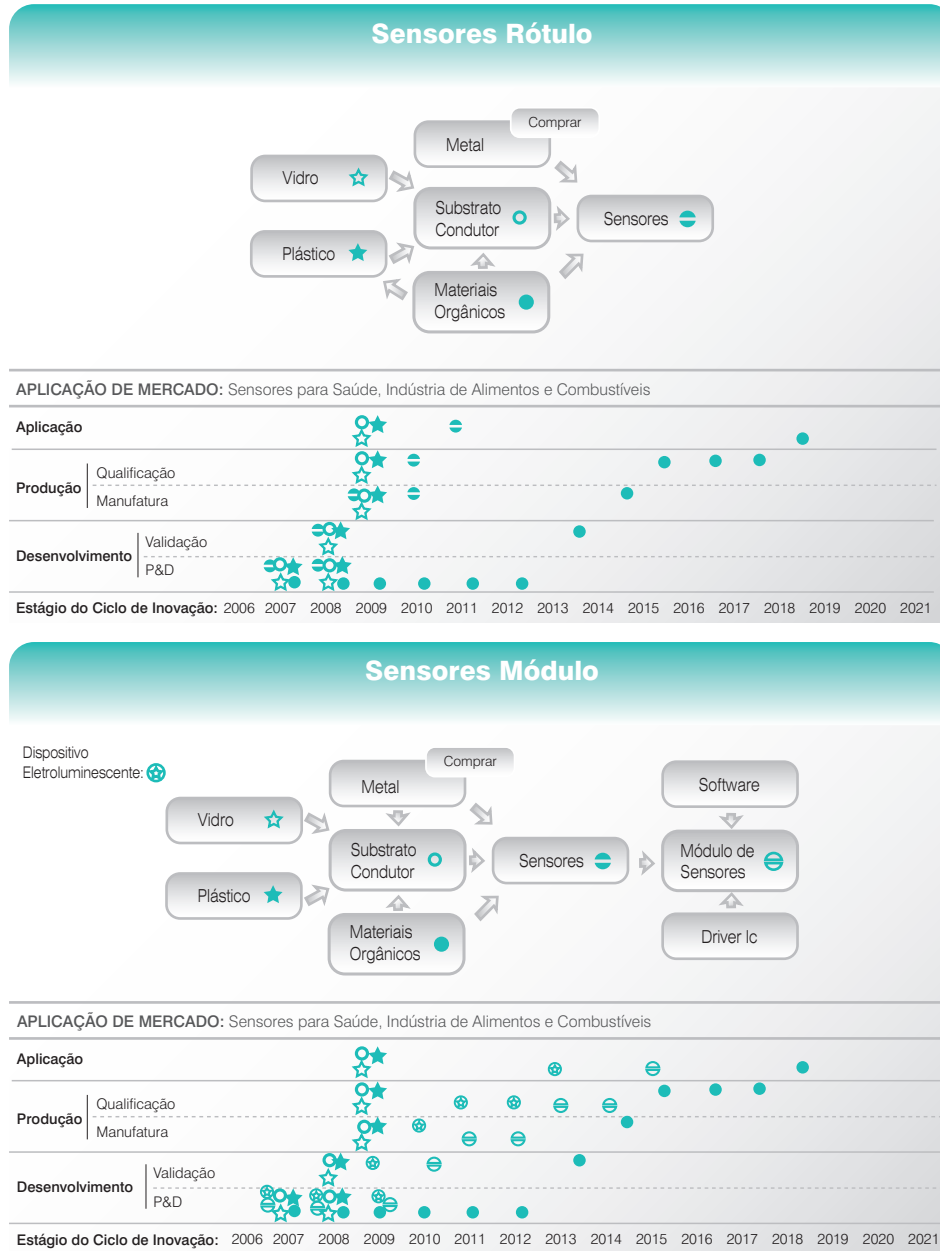
Figura 4



Cabem aqui alguns comentários com relação ao Quadro 3, que deverão ser observados quando da utilização dos resultados deste Estudo para implantação efetiva dos processos produtivos.

Quadro 3

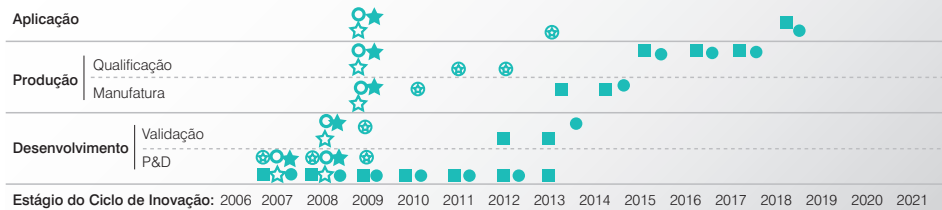
Roadmap Tecnológico



Fotovoltaico



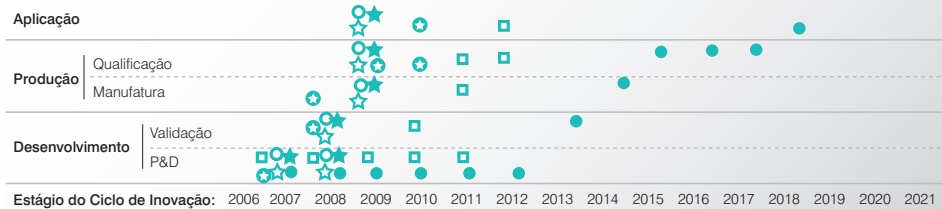
APLICAÇÃO DE MERCADO: Painel Solar



OLEDs



APLICAÇÃO DE MERCADO: Displays de Pequeno Tamanho Mono e Policromáticos



No caso dos OLED, que aparecem como os primeiros a terem aplicações de mercado, a Oficina de Trabalho indicou nos metais e nos drivers de IC os segmentos da cadeia produtiva que deveriam ser comprados. Os substratos condutores à base de vidro e plástico poderão ser produzidos no país a partir de 2009, devendo ser comprados antes dessa data, se necessário. Isso porque atualmente já existe, de forma incipiente, um certo *know-how* de substratos condutores em diversos grupos de pesquisa no Brasil. Provavelmente, os substratos brutos (vidro e plástico), sem aplicação da camada condutora, deverão ser comprados no mercado para não aumentar o custo do produto final, mas esta análise deverá ser feita no momento da decisão. Isso significa também que, para o sucesso da implantação dos processos produtivos, será fundamental engajar no processo os produtores nacionais desses materiais (com as qualidades necessárias para a aplicação nos produtos eletrônicos) ou promover ações de governo que facilitem a importação para essa aplicação específica.

O ponto mais fraco da cadeia produtiva nacional está relacionado à produção dos materiais orgânicos, tanto de pequenas moléculas quanto de polímeros. A projeção é de que a produção em escala compatível com a necessidade de mercado só se dará a partir de 2014. Isso se deve à carência no Brasil de uma indústria química que seja tão competitiva nesse setor como já é em outros setores da química. Apesar das diversas competências na síntese de compostos orgânicos eletroluminescentes, o refinamento (pureza), a reprodutibilidade dos produtos e a certificação são fatores críticos. Os resultados desta avaliação podem também ser de extrema importância para incentivar o setor químico a se preparar para a produção desses compostos. Para que o Brasil seja competitivo globalmente é preciso que domine a síntese dos materiais orgânicos utilizados

na fabricação dos OLED. É importante notar que essa mesma análise aplica-se aos sensores e dispositivos fotovoltaicos.

Finalmente, outro ponto de extrema relevância a ser destacado, é a importância, em todos os segmentos da cadeia produtiva, das ações para a qualificação da manufatura, indispensáveis para que o produto tenha competitividade e seja aplicável no mercado global. Nesse aspecto, será fundamental a presença do Instituto Nacional de Metrologia (Inmetro), cujos laboratórios estão já se adequando devidamente para atuar nessa área.

3.2 Proposta de modelo institucional

O grande desafio a ser enfrentado por um programa de semicondutores orgânicos no Brasil é engajar o setor produtivo na realização de investimentos em pesquisa e na produção de bens. Este Estudo demonstrou a existência de capacitação tecnológica nas instituições de ensino e pesquisa; ainda que com insuficiências e com recursos limitados. Existe no Brasil um conjunto de pesquisadores capacitados e que já participaram de projetos de desenvolvimento de produtos com semicondutores orgânicos. Mas ainda é necessário ampliar os recursos humanos capacitados nessa área.

A participação do setor privado será viável na medida em que haja perspectivas de mercado para os produtos com semicondutores orgânicos e uma política tecnológica dirigida, que reduza os custos e os riscos do desenvolvimento desses produtos.

A primeira questão a ser tratada é o mercado. As avaliações feitas ao longo deste Estudo permitiram identificar três linhas possíveis de produtos com perspectivas de desenvolvimento no Brasil, para produção competitiva, no horizonte de tempo até o ano de 2020: OLED para mostradores

(*displays*), sensores e células fotovoltaicas. Desses, os OLED são os que apresentam melhores perspectivas de mercado e em horizonte de tempo menor. Sendo assim, o primeiro foco de uma política de semicondutores orgânicos seria o mercado de *displays*.

No Brasil esse mercado é atrativo porque há a possibilidade de demanda de telas para celulares. Dada a produção brasileira de aparelhos celulares e o curto ciclo de vida desses produtos, a fabricação de *displays* com OLED atingiria uma escala relativamente elevada, capaz de viabilizar investimentos no setor.

Dada a escala que viabilizaria a instalação de uma planta industrial, é possível imaginar outras aplicações a partir da mesma base tecnológica. Por exemplo, telas para os monitores individuais de aeronaves. Esse tipo de produto pode interessar à indústria aeronáutica brasileira porque as telas com semicondutores orgânicos são mais leves e flexíveis, o que reduz o peso total das aeronaves, aumentando a eficiência e melhorando o desempenho desses equipamentos. Essas telas também seriam atraentes para a indústria automobilística, que poderá utilizá-las nos painéis e nos aparelhos de som e aparelhos de GPS dos veículos.

Em resumo, as telas com semicondutores orgânicos são produtos com elevado potencial de mercado que já se encontram desenvolvidos em outras partes do mundo, e podem se constituir em segmento estratégico para a capacitação de empresas e recursos humanos em tecnologias de semicondutores orgânicos. A escala seria viabilizada pelos mostradores (*displays*) para aparelhos celulares. Outras aplicações com menor escala seriam viabilizadas pelas economias de escopo do investimento em produção e em tecnologia. Assim, pode-se afirmar que a produção de OLED para mostradores é uma prioridade estratégica.

Dessa maneira, e considerando que as tecnologias de semicondutores orgânicos são estratégicas para o país, o governo federal pode tomar a iniciativa de mobilizar agentes do setor produtivo e das instituições de pesquisa para estruturar uma ação de desenvolvimento tecnológico e de produção em OLED para *displays*.

A primeira iniciativa seria identificar esses parceiros para a constituição de uma entidade, que poderia ser, por exemplo, uma Sociedade de Propósito Específico (SPE), destinada a promover atividades tecnológicas em OLED para *displays*. Mecanismos alternativos podem ser viabilizados a partir do uso adequado da Lei de Inovação (Lei 10.973/2004), particularmente no que se refere aos artigos 22 e 23, que tratam da utilização de recursos financeiros, humanos e materiais da União para tornar viável a cooperação entre empresas em arranjos pré-competitivos (Art. 22), e da participação da União na criação de centros de pesquisa voltados para atividades inovadoras, em conjunto com empresas (Art. 23).

Se usarmos como exemplo o modelo de SPE, o ideal seria constituir uma Sociedade com maioria de capital privado e maioria de capital nacional (seguindo o modelo de implantação da indústria petroquímica no Brasil), para que possa se beneficiar mais amplamente dos diferentes instrumentos de políticas tecnológicas existentes no país.

Além das empresas privadas interessadas no negócio, instituições de pesquisa detentoras de conhecimento na área e de tecnologias já desenvolvidas também poderiam constar como sócias da SPE, aportando seus conhecimentos como ativos a serem transferidos para a nova sociedade. No caso de essa hipótese não se mostrar viável, as instituições de pesquisa poderiam firmar contratos de parceria com a SPE, sem participarem de seu quadro societário. A própria Sociedade definirá seu tipo de personalidade

jurídica, podendo ser a companhia limitada à forma mais adequada.

O capital inicial integralizado pelos sócios da SPE e os recursos mobilizados por intermédio dos instrumentos de política tecnológica seriam suficientes para alavancar um programa de desenvolvimento de mostradores (*displays*) orgânicos para celulares, com competitividade internacional.

Sendo uma empresa nacional, a SPE poderá demandar recursos do programa de subvenção para contratação de mestres e doutores, e ainda se beneficiar de uma chamada específica de subvenção econômica para desenvolvimento de tecnologias em mostradores orgânicos. Poderá também se beneficiar de financiamento reembolsável, com equalização de juros, e de financiamento não-reembolsável, pela execução de pesquisas em cooperação com instituições de ensino e pesquisa. Estas, por sua vez, poderão utilizar a Lei de Inovação para participarem do resultado econômico do empreendimento da SPE. O resultado final do trabalho serão produtos e processos a serem patenteados em nome da empresa, portanto, de propriedade dos sócios e de seus parceiros no desenvolvimento tecnológico. Poderá ser considerada ainda a possibilidade de utilização integrada dos instrumentos de fomento da Finep (subvenção econômica, encomenda, financiamento reembolsável, etc.) para um projeto estruturante de investimentos na fase pré-competitiva e ainda articular com o BNDES o financiamento para a etapa de investimento produtivo.

É recomendável que a Sociedade se restrinja à atividade de desenvolvimento tecnológico, deixando para terceiros a exploração comercial das patentes assim geradas. Evidentemente os sócios privados da SPE deverão ter o direito de explorar comercialmente essas patentes, contra o pagamento de direitos aos demais proprietários do desenvolvimento. Em não havendo interesse de algum dos sócios na exploração comercial, as

patentes poderão ser negociadas com outras empresas interessadas.

Para aproveitar sinergias, o ideal é que a SPE e a empresa que irá explorar comercialmente as patentes resultantes estejam localizadas próximas uma da outra.

Em termos de localização do empreendimento, duas alternativas deverão ser consideradas: os Estados de Pernambuco e de São Paulo.

Em Pernambuco, as vantagens são as seguintes:

- proximidade de uma importante instituição de pesquisa em semicondutores orgânicos. Trata-se do Departamento de Física (UFPE), localizado no Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Seus cursos de pós-graduação nessa área estão entre os melhores do Brasil, formando recursos humanos qualificados. Adicionalmente, o Centro tem um programa de pós-graduação em Ciência dos Materiais que poderá também ser fornecedor de recursos humanos de alto nível;
- disponibilidade de recursos humanos para as operações industriais, com formação na UFPE, no Centro Federal de Educação Tecnológica (Cefet) e nas escolas do Senai da região de Recife. O nível salarial da região é inferior aos dos grandes centros urbanos das regiões mais desenvolvidas;
- disponibilidade de infra-estrutura física adequada no pólo industrial de Suape, contando com a proximidade do porto de mesmo nome e do Aeroporto Internacional de Guararapes;
- condições mais favoráveis dos diferentes instrumentos de política tecnológica – seja na aplicação dos recursos do FNDCT, que estabelece percentuais mínimos de 30% para aplicação em projetos das Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, seja pelas exigências de contrapartida de recursos em projetos apoiados pelo FNDCT.

Em São Paulo existem as seguintes vantagens:

- proximidade de mais de um centro de pesquisa em semicondutores orgânicos, com destaque para o Instituto do Milênio de Materiais Poliméricos (IMMP), vinculado à USP-São Carlos. Os trabalhos desse grupo de pesquisa têm especial destaque na área de OLED para *displays*;
- grande disponibilidade de recursos humanos qualificados para a pesquisa e para a operação industrial. Todavia, os níveis salariais predominantes em São Paulo podem ser mais elevados do que em outras regiões;
- proximidade de aglomerações industriais com foco na produção de bens eletrônicos e com fortes relações intersetoriais. A aglomeração industrial em São Paulo facilita a interação com outros segmentos industriais.

Em ambas as localidades, o empreendimento pode gozar dos benefícios fiscais da Lei 11.484, de 31 de maio de 2007.

Para a área de sensores e células fotovoltaicas, os resultados do Estudo e o *roadmap* tecnológico apontam para uma entrada mais tardia de produtos finais no mercado comparados a dos OLED. Por isso, a estratégia proposta é diferente para esses dois segmentos.

O modelo institucional proposto para as áreas de sensores e células fotovoltaicas explora a capacidade de articulação e a base tecnológica dos institutos de pesquisa do MCT para serem sedes de unidades de pesquisa industrial nos dois temas. O modelo proposto visa criar uma sinergia entre os institutos de pesquisa do MCT, os institutos de pesquisa estaduais e as organizações sociais vinculados ao MCT. Na área de desenvolvimento industrial, destacamos a ABDI como um importante órgão promotor de políticas de desenvolvimento industrial, e o Inmetro, como o órgão fundamental no desenvolvimento de padrões metrológicos e no apoio às empresas no

que diz respeito à promoção e ao aumento da competitividade.

Propõe-se, então, a criação de duas unidades de pesquisa industrial em semicondutores orgânicos, uma na área de sensores e outra na área de células fotovoltaicas. Sua função seria alavancar, num prazo de cinco anos, as bases necessárias para a criação de infra-estrutura e desenvolvimento dos dispositivos indicados nas cadeias produtivas, e transferir gradativamente esse desenvolvimento para empresas a serem estabelecidas.

Essas unidades seriam implantadas a partir de encomenda do MCT, usando como instituições-sede os institutos de pesquisa associados a esse ministério, e cujas ações contemplem o escopo da área de semicondutores orgânicos. Associada aos institutos, e como parte integrante das unidades, a parte de desenvolvimento científico ficaria a cargo dos laboratórios das IES e centros de pesquisa cuja competência nos tópicos das cadeias produtivas propostas seja comprovada. Simultaneamente, também estariam atreladas às unidades as empresas, nacionais ou multinacionais, interessadas nos resultados. Aos institutos competiria se preparar para a transferência de tecnologia. Nesse modelo institucional, o Inmetro, encarregado da metrologia dos semicondutores orgânicos, tem papel fundamental e atua como interface e catalisador entre as diversas instituições de pesquisa e desenvolvimento e as empresas. O Inmetro já dispõe de laboratório para atuar na área de semicondutores orgânicos.

A Tabela 7, formulada com base nos dados obtidos neste Estudo e no plano de ação do MCT para o período 2007-2010, resume as propostas para os institutos-sede e as IES associadas, bem como para empresas potencialmente interessadas nos elos da cadeia produtiva ou no resultado final. Outras empresas, instituições de ensino superior e centros de pesquisa poderão ser incluídos posteriormente.

Tabela 7

| Proposta para criação de unidades de pesquisa industrial em semicondutores orgânicos | | | |
|--|--|----------------------------|---|
| UNIDADE | INSTITUTOS DO MCT | LOCALIZAÇÃO | IES e CENTROS DE PESQUISA |
| Dispositivos fotovoltáicos | Instituto Nacional de Tecnologia ou Cenpra | Rio de Janeiro ou Campinas | Unicamp PUC-Rio CBPF USP Inmetro Cenpra ou INT |
| Sensores | Cetene | Pernambuco | UFPE, UFPR, Embrapa-São Carlos PUC-Rio Inmetro |

A implementação de grande parte dessas ações requer a existência de uma infra-estrutura mínima adequada aos propósitos de estabelecimento de uma unidade produtora de dispositivos. Os recursos para implementação de uma infra-estrutura que viabilize essas ações estão estimados em R\$ 30 milhões para um período de quatro anos. Esses recursos serão utilizados principalmente para viabilizar partes essenciais dos elos da cadeia produtiva como, por exemplo, a produção de substratos de vidros condutores, materiais poliméricos, software e circuitos eletrônicos de controle, laboratórios de testes, etc.

A partir desses recursos, as unidades devem viabilizar investimentos por meio, principalmente, dos mecanismos de inovação e transferência de tecnologia, para os anos subsequentes, de modo a permitir que a proposta descrita nos *roadmaps* seja minimamente viabilizada com a correção de rumo que se fizer necessária.

4. Recomendações

As principais recomendações decorrentes deste Estudo estão sintetizadas a seguir, propostas em ordem de implementação de ações:

1. adotar a seguinte Visão de Futuro: ter um sistema produtivo brasileiro competitivamente integrado à cadeia de valor mundial de produtos que utilizam semicondutores orgânicos;
2. utilizar como ponto de partida das ações os *roadmaps* estratégico e tecnológico e o modelo de gestão indicados neste Estudo;
3. implantar, em institutos do MCT, duas unidades de pesquisa industrial em semicondutores orgânicos – uma na área de sensores e outra na área de células fotovoltaicas –, com o objetivo de alavancar as bases necessárias para criação de infra-estrutura para o desenvolvimento de dispositivos nessas duas áreas;
4. criar, por exemplo, uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) ou outro mecanismo que explore a flexibilidade da Lei de Inovação, destinada a promover atividades de desenvolvimento tecnológico e de produção de OLED para mostradores (*displays*);
5. viabilizar a consolidação de marcas brasileiras no mercado global por meio de uma ampla base de clientes de produtos que utilizem semicondutores orgânicos, fornecidos pelo sistema produtivo brasileiro de forma competitiva e inovadora;
6. eleger trajetórias tecnológicas com vistas ao desenvolvimento do setor produtivo de semicondutores orgânicos no país, a partir de: 1) oferta de suporte atualizado às empresas; 2) promover a interação entre empresas,

- universidades e ICTs públicas e privadas em tecnologias-chave para o mercado; 3) orientar a compra qualificada de tecnologia após definição da evolução da trajetória tecnológica em P&D visando inovação;
7. formar e manter recursos humanos com competências específicas na área técnica (pesquisa, desenvolvimento & inovação-P,D&I) e de gestão, que atendam de forma contínua às necessidades do sistema produtivo brasileiro em semicondutores orgânicos;
 8. fortalecer, ampliar e manter a infra-estrutura de P,D&I pública, privada e do sistema produtivo, e promover maior utilização da capacidade instalada nas instituições de ciência e tecnologia (ICTs) e instituições de ensino superior (IES) em tecnologias-chave;
 9. ter investimentos públicos e privados, nacionais ou estrangeiros, aplicados para assegurar a inovação e a competitividade sustentável do sistema produtivo brasileiro de semicondutores orgânicos;
 10. estabelecer um cenário político-institucional que estimule a competitividade sustentável do sistema produtivo brasileiro, com o objetivo de garantir condições ao surgimento e crescimento de empresas inovadoras em produtos que utilizam semicondutores orgânicos.

É importante ressaltar que as recomendações de números 5 a 10 devem ser observadas e implementadas por diversos atores e, em muitas situações, de forma simultânea ou pelo menos coordenada, sob pena de inviabilizar os elos das cadeias produtivas propostas.

Um segundo e mais detalhado conjunto de recomendações lista uma série de ações estruturadas e deverá servir de base para o detalhamento de um plano integrado para implementação das propostas constantes deste

Estudo. Tais recomendações estão apresentadas a seguir, para cada uma das seis dimensões contempladas no trabalho e sem priorizações:

MERCADO

- Estabelecer padrões de qualidade de produto e atendimento de nível mundial:
 - * qualificar os processos produtivos da indústria brasileira, vinculando-os a padrões existentes na escala mundial;
 - * criar certificação de qualidade pelo Inmetro para semicondutores orgânicos;
 - * divulgar padrão de qualidade Inmetro para produtos com semicondutores orgânicos.
- Elevar o coeficiente de abertura externa da economia brasileira, inclusive via negociações comerciais:
 - * facilitar o fluxo de produtos e tecnologias.
- Desenvolver observatório mercadológico para semicondutores orgânicos identificando produtos competitivos para a cadeia produtiva globalizada:
 - * integrar os atuais produtores brasileiros de produtos similares/substituíveis.

TECNOLOGIA

- Estruturar um observatório tecnológico em semicondutores orgânicos:
 - * monitorar e avaliar de forma constante os avanços tecnológicos no mundo em semicondutores orgânicos.
- Comprar e transferir tecnologias em desenvolvimento com potencial de comercialização:
 - * estruturar programa de atração de empresas estrangeiras com ações de cooperação em transferência de tecnologia em semicondutores orgânicos.
- Desenvolver tecnologias de semicondutores orgânicos por meio de insti-

tutos industriais em P,D&I e do fomento a empresas de P,D&I:

- * disponibilizar laboratórios e serviços tecnológicos para suporte às empresas em semicondutores orgânicos;
- * estimular o desenvolvimento tecnológico cooperativo entre empresas.
- Divulgar e difundir a vocação tecnológica do país.

TALENTOS

- Criar um programa de intercâmbio nacional e internacional de profissionais e acadêmicos em empresas, universidades e laboratórios em semicondutores orgânicos;
- Ampliar o programa de atração de profissionais e acadêmicos visitantes no Brasil em semicondutores orgânicos, com remuneração competitiva;
- Criar programas de mestrado profissionalizante em semicondutores orgânicos, articulando os grupos de pesquisa;
- Criar novos modelos para os programas de inserção e manutenção de talentos nas empresas e nas instituições de ciência e tecnologia;
- Capacitar profissionais de nível médio, graduação e pós-graduação em tecnologias de semicondutores orgânicos:
 - * fomentar a pesquisa fundamental na área de eletrônica a nível molecular.
- Estimular a formação de empreendedores e gestores em alta tecnologia.

INFRA-ESTRUTURA FÍSICA

- Criar e fortalecer centros de competência e institutos industriais em P,D&I nos elos da cadeia de valor de semicondutores orgânicos, com adequada distribuição regional;

- Criar um programa de incentivos para investimentos das empresas em P,D&I:
 - * incentivar investimentos em instalações e equipamentos para o desenvolvimento de tecnologia;
 - * implantar um programa de isenção de impostos e tributos para importação de máquinas, equipamentos e materiais dedicados a semicondutores orgânicos.

INVESTIMENTO

- Investir de forma diferenciada na infra-estrutura industrial e na instalação da cadeia produtiva de semicondutores orgânicos:
 - * oferecer investimento não-reembolsável e de baixo custo para a cadeia produtiva de semicondutores orgânicos;
 - * criar linha de investimentos reembolsáveis e não-reembolsáveis pela Finep (P,D&I para empresa) e pelo BNDES, envolvendo a sensibilização dos gestores das linhas de investimento específicas, com a inclusão nos PPA dos programas específicos.
- Divulgar as ações estratégicas brasileiras para investidores internacionais:
 - * estruturar planos de negócios para empreendimentos nascentes;
 - * Realizar roadshows para os possíveis investidores.
- Dar foco à gestão dos recursos necessários à competitividade do sistema produtivo de semicondutores orgânicos:
 - * reduzir a burocracia para a obtenção e gerenciamento de financiamento;
 - * otimizar os recursos de P,D&I para as tecnologias-chave;
 - * fomentar pesquisa científica, tecnológica e inovação usando inclusive os instrumentos de fundos setoriais.

INFRA-ESTRUTURA POLÍTICO-INSTITUCIONAL

- Estabelecer um fluxo diferenciado e ágil para os processos legais e tributários de apoio a semicondutores orgânicos:
 - * oferecer isenções/reduções de carga tributária para produtos estratégicos para o desenvolvimento da tecnologia para equilibrar as condições de competitividade internacional;
 - * capacitar instituições públicas (judiciário, legislativo, ministério público, agências executivas) para lidar com os assuntos de semicondutores orgânicos dentro de suas áreas de competência;
 - * estimular o apoio a projetos de semicondutores orgânicos em parques e incubadoras.
- Estruturar um programa para análise e divulgação da informação sobre tecnologias de semicondutores orgânicos:
 - * desenvolver um programa de informação tecnológica baseada na análise das tecnologias proprietárias dessa área, com vistas a disponibilizar para o setor;
 - * divulgar exemplos de sucesso de comercialização de propriedade intelectual.

5. Conclusão

A principal conclusão deste Estudo é a existência no Brasil de massa crítica de recursos humanos, vocação tecnológica e potencial de mercado para o desenvolvimento comercial de dispositivos baseados em semicondutores orgânicos.

As atividades de pesquisa básica, apoiadas maciçamente pelo governo federal e realizadas de forma coordenada ao longo dos últimos 15 anos, geraram uma competência reconhecida nacional e internacionalmente. As atividades de pesquisa aplicada, por sua vez, já apresentam resultados tangíveis nas áreas de mostradores (*displays*) e sensores. Além disso, nos últimos cinco anos cresceu a percepção do potencial comercial dos semicondutores orgânicos como base da indústria de eletrônica orgânica. Há um mercado internacional incipiente, crescente, e com inúmeros nichos apropriados para a produção e a comercialização de dispositivos baseados em semicondutores orgânicos.

Os dados e análises, documentais ou resultantes de pesquisa participativa com os consultores deste Estudo sustentam a recomendação de investir em OLED como primeiro produto viável para a inserção do Brasil nessa indústria.

Mais do que isso, o conjunto dos dados e análises apresentados indica que o momento é adequado e propício para o Brasil se inserir no contexto internacional na área de semicondutores orgânicos, lançando as bases para a implantação de uma indústria em eletrônica orgânica, com horizontes de retorno comercial a partir de 2012 e plena atuação internacional a partir de 2020.

A implementação da proposta aqui apresentada está inserida nas áreas estratégicas e portadoras de futuro definidas para o país. Seria certamente o primeiro excelente exemplo no Brasil de construção de uma nova indústria baseada no conhecimento e decorrente de um planejamento estratégico.

Participantes das Oficinas de Trabalho:

Adelaide Maria de Souza Antunes – UFRJ
Ana Cristina Almeida Fernandes – UFPE
Anderson Stevens Leônidas Gomes – UFPE
Antonio Vaz de A. Cavalcanti – Optanica
Celso Melo – UFPE
Edmundo Machado Oliveira – ABDI
Fernando Cosme Rizzo Assunção – CGEE
Gilberto Lima Junior – ABDI
Jarbas Caiado de Castro Neto – Opto Eletrônica
José Luiz Albertin – SAE Brasil
Leni Akcelrud – UFPR
Lucimara Stolz Roman – UFPR
Luso Martorano Ventura – SAE Brasil
Marcelo Ricardo A. da C. Tredinnick – INPI
Marco Cremona – PUC-Rio
Paulo Barbeitas Miranda – USP
Paulo Roberto de Almeida – NAE
Pedro Alem – ABDI
Roberto Mendonça Faria – USP
Roberto Vermulm – LCA
Sandra Hollanda – LCA e Unicamp
Wanderley Marzano – Aegis Semicondutores

Referências

F. SALAMANCA-BUENTELLO ET AL. “*Nanotechnology and the Developing World*, *PLoS Medicine* 2, e97 (2005). Disponível em <<http://www.plosmedicine.org>>

OLIVEIRA, D.PR. *Estratégia empresarial e vantagem competitiva: Como estabelecer, implementar e avaliar*. São Paulo: Atlas, 2001.

ZACKIEWICZ, M.; SALLES-FILHO, S. “*Technological foresight: Um instrumento para a política científica e tecnológica*”. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, n.10, mar.2001.

H. SHIRAKAWA, E. J. LOUIS, A. G. MACDIARMID, C. K. CHIANG E A. J. HEEGER. *J. CHEM. SOC. Chem. Commun*, 1977, 578.

J. H. BURROUGHES, D. D. C. BRADLEY, A. R. BROWN, R. N. MARKS, K. MACKAY, R. H. FRIEND, P. L. BURNS & A. B. HOLMES. *Nature* 347, 539 - 541 (11 October 1990); doi:10.1038/347539a0

LEITURA COMPLEMENTAR

Developing Technology Roadmaps, Craig Cruickshank, CEO, Cintelliq Limited, Organic Electronics Conference 2006, Sheraton, Frankfurt, DE.

Developments in Organic LEDs, publicado pela Intertech-Pira (2005).

Developments in Printed RFID, publicado pela Intertech-Pira (2005).

Flexible Electronic Displays, publicado pela Intertech-Pira (2005).

Organic Electronics, reprinted from Organic Electronics Association (OE-A),
<<http://www.oe-a.org>>

Organic electronics: Introduction, J. M. Shaw and P. F. Seidler, disponível em
<<http://www.research.ibm.com/journal/rd/451/shaw.html>> (acessado em 30 de
novembro de 2007)

Organic Electronics Forecasts, Players, and Opportunities 2006-2025, publicado
pela IDTechEx (2006)

Organic Light Emitting Diode (OLED) Displays – A Market Research Report,
publicado pela Global Industry Analysts (2006)

Organic Electronics Conference and Exhibition 2007 <http://www.oec-europe.com/persp_overview.htm> (acessado em outubro 2007)

Printable Organic Transistors, publicado pela Intertech-Pira (2005)

Flexiplay Flexible Display Center at Arizona State University disponível em <<http://flexdisplay.asu.edu>> (acessado em outubro 2007)

RSC Advancing de Chemical Sciences, disponível em <<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2006/September/13090602.asp>> (acessado em setembro
2007)

Infoedge, disponível em <http://www.infoedge.com/product_type.asp?product=NA-3019> (acessado em novembro 2007)

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, disponível em
<<http://www.capes.gov.br>> (acessado em agosto 2007)

Jornal da Ciência, disponível em <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=32131>> (acessado em outubro 2007)

Agronline, disponível em <<http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=1948>> (acessado em novembro 2007)

Associação Brasileira da Indústria Eletrônica, disponível em <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>> (acessado em outubro 2007)

Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada (Ceitec), disponível em <<http://www.ceitecmicrosistemas.org.br/portal/>> (acessado em setembro 2007)



Ministério da
Ciência e Tecnologia

