Fórum de Competitividade em Nanotecnologia

Grupo de Trabalho em Mercado

Relatório de Atividades

Novembro / 2009 a Junho / 2010

Participantes:

Adair Rangel de Oliveira Jr – Quattor
Alexandre Barragat Andrade – FINEP
Alfredo de Souza Mendes – MCT
André Araujo – NANOX
Andréa C. Fernandes – BNDES
Caue Ribeiro de Oliveira – EMBRAPA
Claudia Rezende – MCT
Denise Cristiano Reigada – FINEP
Fabrício Gonzaga Araújo – MRE
Francine Barbosa Silva – MCT
Gilberto Hauagen Soares – FINEP
Glaura Goulart Silva – UFMG/Rede NT
Hernan José Valenzuela Rojas – SUFRAMA
Igor Manhães Nazareth – MDIC
Lélia Maria Ximenes Lowe – Petrobras
Luiz Otávio S. César – CSEM
Marcelo R.A.C. Tredinnick – INPI
Maria Filomena A.Rodrigues – IPT
Maria Olivia Brandão – ABDI
Mauricio Alves Syrio – FINEP
Milton F. de Souza – IFSC/USP
Oswaldo Luiz Alves – Unicamp
Paulo Gustavo Pries de Oliveira – INT/MCT
Raquel Santos Mauler – UFRGS
Renata Platcheck Raffin – Inventiva
Roberto Binder – Embraco
Roberto Nicolsky – PROTEC
Samuel César Júnior – IPEA
Selma Barbosa Jaconis – Quattor
Walter Bartels – AIAB

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O termo *Nanotecnologia* engloba diferentes tecnologias não específicas, as quais são exaustivamente descritas em diferentes documentos técnicos que demonstram grandes potencialidades em termos de aplicações incrementais e inovadoras [1,2]. Ao contrário de outros desenvolvimentos, a Nanotecnologia não é classificada como uma área específica, e possivelmente grande parte dos seus diferenciais se deve justamente a esta capacidade de permear diferentes áreas. Assim, uma tecnologia como por exemplo, o nanoencapsulamento, pode ser aproveitada em diferentes setores industriais, como na liberação de princípios ativos de cosméticos e fármacos humanos ou veterinários, no controle da aplicação de fertilizantes ou pesticidas ou ainda na liberação de aromas e compostos de sabor em alimentos industrializados[3].

Ainda que os investimentos sejam, na sua grande maioria, mais significativos em países desenvolvidos, os incentivos em países em desenvolvimento são crescentes, inclusive no Brasil.[4,5] Neste sentido, este relatório levanta dados disponíveis da literatura acerca do cenário de mercado em Nanotecnologia para o Brasil, não pretendendo esgotar o tema, mas no intuito de fundamentar ações para a consolidação de um setor produtivo na área.

1. Visão geral do mercado da Nanotecnologia

No cenário mundial são identificados dois grandes grupos tecnológicos a respeito da nanotecnologia, aquele dos produtos *auto-denominados*, ou seja, nos quais o produtor / comercializador da tecnologia a auto-entitula como *nanotecnologia*; e outro, a dos produtos *não denominados*, nos quais há uma propriedade do produto associada a uma nanoestratégia, porém, não há a associação do termo *nano* na divulgação do produto ou na identificação do cliente. Esta última situação corresponde a situações nos quais há uma propriedade *nano* intrínseca, porém normalmente só identificada após caracterizações específicas. Alguns produtos bem estabelecidos, como catalisadores industriais e tecnologias de *hardware*, se encaixam nesta definição (como será abordado mais adiante), bem como produtos baseados em suspensões de argilominerais.

No entanto, os chamados produtos *auto-denominados* correspondem ao maior esforço de consolidação de nanotecnologias, pelo fato de apresentarem o aspecto inovador (seja radical ou incremental), ou seja, estes produtos aparecem majoritariamente como novos mercados. Uma fonte de referência para estes produtos é o *Project of Emerging*

---

[1] ABDI – Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil*. 2010, em www.abdi.com.br (acesso em 24 de julho de 2010)
[2] NAE – Núcleo de assuntos estratégicos da Presidência da República. *Estudos Estratégicos: Nanotecnologia*. 2004, em www.nae.gov.br (acesso em 12 de setembro de 2006)
[3] Tiede, Karen, BA Boxall, Alistair, P Tear, Steven, Lewis, John, David, Helen and Hassellöv, Martin (2008) *'Detection and characterization of engineered nanoparticles in food and the environment'*, **Food Additives & Contaminants**, Volume 25, Issue 7 July 2008 , pages 795 – 821.
[4] Salamanca-Buentello, F.; Persad, D. L.; Court, E. B.; Martin, D. K.; Daar, A. S. & Singer, P. A. *Nanotechnology and the Developing World*. **PLoS Medicine**, 2005, 2, e97.
[5] Kay, L.; Shapira, P. *Developing Nanotechnology in Latin América*. **J Nanopart Res,** 2009, 11:259–278

Nanotechnologies[6], mantido pelo Woodrow Wilson Center, que consiste num inventário voluntário de empresas, que classificam espontaneamente seus produtos na base de dados. Neste relatório, este inventário foi a fonte mais detalhada a respeito de mercados internacionais identificada, e apesar de certamente não representar a totalidade dos produtos em nanotecnologia, permite uma referencia valiosa para estimativas. No entanto, dado o caráter voluntário da base ela pode sofrer distorções, caso haja algum não-interesse ou desconhecimento sistemático por parte das empresas a seu respeito. Esta base classifica os nomes comerciais, os produtores, o país de origem, categoria ou subcategoria, uma descrição do produto com imagem e informações via internet dos mesmos.

A análise dos dados mostra entrada regular de produtos ao longo dos cinco anos de existência da base, iniciando com 54 produtos registrados em 2005 e chegando a 1015 produtos em 2009. Não é possível definir se os dados representam o número de novos produtos ou se refletem o conhecimento melhor da base. A divisão de produtos em categorias (Tabela 1) é mais instrutiva: ela demonstra grande concentração de produtos na área de saúde e cuidados pessoais (incluindo cosméticos), com manutenção desta concentração na comparação entre datas. A comparação dentro da categoria mostra ainda mais uma concentração nos itens em *personal care*. Esta característica mostra tendência de mercado em buscar produtos de alto valor agregado, não competindo diretamente em áreas estruturais – ainda que a avaliação do número de produtos não possa indicar o tamanho (em dólares) dos mercados a ele associados. No levantamento da base, 83 produtos tiveram identificações genéricas, ou seja, pretensamente atendem a mais de uma área comercial.

Tabela 1 – Inventário de Produtos cadastrados no *Project on Emerging Nanotechnologies* em 2009, por mercado.

Categoria	**Número de registros em agosto de 2009**
Saúde e fitness (inclui cosméticos)	605
Cosméticos	*137**
Vestuário	*155**
Personal care	*193**
Produtos para esporte	*93**
Filtros solares	*33**
Filtração	*43**
Casa e Jardim	152
Eletrônicos e computação	57
Alimentos e Bebidas	98
Cross-cutting	55
Automotivo	68
Appliances	37
Produtos para crianças	19

**Alguns itens aparecem em mais de uma subcategoria*

[6] Project of Emerging Nanotechnologies, em http://www.nanotechproject.us/inventories/consumer/ (acesso em 17 de maio de 2010)

A identificação por região coincide com o já observado por outros documentos[1,4,5], mostrando concentração de produtos registrados nos chamados *países desenvolvidos*. Foram identificados produtos de 24 países, com concentração claramente nos EUA (540 produtos), seguido pela Ásia (240 produtos, provavelmente China e Japão), Europa (154 produtos) e os demais (66 produtos). Considerando a situação das Américas, nenhum outro país (incluindo Brasil, Mexico e Canadá) apresentou relevância no inventário.

Das tecnologias analisadas, a grande maioria concentra-se em aplicações de nanopartículas de prata (259 produtos). O segundo material mais identificado é o carbono (82 produtos), incluindo diferentes tecnologias – nanotubos, fulerenos, entre outras. Óxido de zinco (30 produtos), silício e sílica (35 produtos), titânio e óxido de titânio (50 produtos) e ouro (27 produtos) completam o quadro de materiais mencionados. Note-se que esta contabilização de materiais envolvidos compreende 483 produtos – portanto, cerca de 532 produtos não foram classificados ou correspondem a outros materiais.

Outras fontes divergem a respeito da distribuição de tecnologias. Estudo da Cientifica Ltd a respeito da distribuição de setores com produtos no mercado[7] indica que o setor químico ocupa hoje 53% do mercado mundial em nanotecnologia, seguido pelos semicondutores (34%), eletrônicos (7%), defesa e aeronáutico (3%), fármacos e saúde (2%) e automotivo (1%). Esta informação, aparentemente contrastante com o observado acima, pode ser compreendida em face da divisão entre produtos *auto denominados* e *não denominados*. De fato, como observado por outros autores[8], os desenvolvimentos em química fina e em semicondutores (principalmente direcionados para microeletrônica) podem ser em grande parte classificados como áreas da nanotecnologia, porém frequentemente não são denominados. Computados estes setores, o mercado em 2007 atinge US$ 135 bilhões. Porém, note-se que, mesmo excluindo estes setores, os demais corresponderiam a cerca de US$ 17 bilhões, o que é uma cifra expressiva.

Ainda no mesmo estudo da Cientifica Ltd foram estimados os investimentos globais em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia[9]. Desde 2005 o investimento privado já supera o público (cerca de US$ 7,5 bilhões contra US$ 4,8 bilhões em 2005), tendendo ao aumento (US$ 12 bilhões contra US$ 6 bilhões em 2007, último dado contabilizado). Esta tendência indica mudança no perfil internacional de desenvolvimento, tendendo a produtos mais finalísticos no lugar do suporte a grupos de pesquisa acadêmicos (uma vez que o investimento público inclui também, em grande parte, os investimentos em universidades e institutos de pesquisa governamentais).

---

[7] Cientifica (2008). The Nanotechnology Opportunity Report. Executive Summary. Third edition. June 2008. London: Cientifica Ltd. 49 p. A partir de ABDI – Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil* (supracitado)

[8] David J. Eaglesham, *Letter from the President*, **MRS Bulletin** 2005, 30, 260 – 261

[9] Cientifica (2008). The Nanotechnology Opportunity Report. Executive Summary (supracitado). A partir de Motta, E. A. (Coord.) **Perspectivas do investimento nas indústrias baseadas em ciência.** Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 243 p. Relatório integrante da pesquisa "Perspectivas do Investimento no Brasil", em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Em: http://www.projetopib.org/?p=documentos (acesso em 10 jan. 2010)

A descrição do investimento público confirma essa diferenciação. Entre os mais importantes programas públicos de investimento está o *National Nanotechnology Initiative (NNI)*, do governo americano. O *NNI* contabilizou investimentos de US$ 1,2 bilhões em 2005 e US$ 1,35 bilhões em 2006, sendo que 65% deste valor foi destinado a laboratórios acadêmicos de pesquisa e desenvolvimento, 25% para laboratórios governamentais e 10% para indústrias. Comparando os valores de investimento público em 2006, EUA (US$ 1,35 bilhões), Europa (US$ 1,1 bilhão) e Japão (US$ 1 bilhão) corresponderam a 75% de todo o investimento público no mundo na área[10,11].

A distribuição dos investimentos por área segue o mesmo padrão observado para o mercado global, sendo dominado por semicondutores (US$ 6 bilhões em 2007) e químicos (US$ 3,6 bilhões em 2007). Deve-se notar que o setor farmacêutico e de saúde aparece em 2007 com investimentos de US$ 730 milhões, valor maior do que a participação do setor no mercado da época[9].

Dalcomunni[12] analisa, a partir destes dados, que os nanomateriais vêm perdendo o *status* de materiais de alto valor agregado e rapidamente assumem comportamentos de *commodities*, indicando que já não há grandes janelas de oportunidades para pequenos empreendedores. As maiores taxas de crescimento de investimento, segundo a autora, estão projetadas para os setores de saúde e para a indústria farmacêutica, com forte concentração em empresas líderes de mercado. Assim, as oportunidades para novos entrantes tendem, continuamente, a nichos de mercado pouco explorados, como especialidades dentro destes setores.

No Brasil, os investimentos em nanotecnologia são aparentemente majoritariamente públicos, com pouca informação sobre investimento privado. Há um cenário motivador para o investimento, evidenciado pela produção científica na área – já no relatório apresentado pelo NAE em 2004 [2] os autores notam que a produção científica em nanotecnologia era crescente no pais. Porém, a ABDI[1] constata, em seu *Panorama...*, que o investimento privado e o lançamento de produtos em nanotecnologia não tem acompanhado o crescimento da produtividade científica. Há divergências sobre o real fator envolvido nesta constatação, porém Dalcomunni[12] observa que a totalidade dos investimentos na área (segundo a autora cerca de R$ 70 milhões no período de 2007 a 2010, pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT) está muito abaixo dos valores investidos pelos lideres nesta área, como notado anteriormente. Inclusive, nota-se que o investimento brasileiro é inferior ao de outros países em desenvolvimento. O Instituto Meridian[13] nota que o investimento chinês em

---

[10] Rocco, M. C. *National Nanotechnology Initiative – Past, Present and Future.* In. Handbook of Nanoscience, Engineering and Technology, 2ª. Edição, Taylor and Francis (2007)

[11] OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development – *Inventory Of National Science, Technology And Innovation Policies For Nanotechnology 2008*. Document DSTI/STP/NANO(2008)18/FINAL

[12] Dalcomunni, S. M. *Dinâmica dos Investimentos em Nanotecnologia*. In: Motta, E. A. (Coord.) **Perspectivas do investimento nas indústrias baseadas em ciência.** Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 243 p. Relatório integrante da pesquisa "Perspectivas do Investimento no Brasil", em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Em: http://www.projetopib.org/?p=documentos (acesso em 10 jan. 2010)

[13] Meridian Institute. *Nanotechnology, Commodities and development – Background Paper for the International Workshop on Nanotechnology, Commodities, and Development* (29 - 31 May 2007) Rio de Janeiro, Brazil. Em http://www.merid.org/nano/commoditiesworkshop. Acesso em 24 jul. de 2010

nanotecnologia foi aproximadamente dez vezes maior no mesmo período, sendo o investimento brasileiro comparado ao indiano e sul-africano. No entanto, ressalte-se que Kay e Shapira[5] identificam o Brasil como líder nos desenvolvimentos em nanotecnologia na América Latina, ainda que notem a baixa atividade patentária no pais.

Conclusões semelhantes são obtidas por estudo recente do IPEA sobre o panorama de investimento da nanotecnologia no Brasil.[14] Segundo o autor, estima-se um investimento federal total de R$ 195 milhões em oito anos, sendo que os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul concentraram dois terços deste recurso. O mesmo observou que esse valor significa menos de 5% do investimento total no Brasil em pesquisa, o que é pouco para uma área estratégica, e ainda não há uma fonte própria de recursos, nem garantia de disponibilidade mínima e constante de recursos, apesar da área estar inserida na PDP. Outro ponto observado pelo autor é a aparente dispersão dos recursos em projetos de pequeno porte e pouco enfoque em projetos estratégicos. Porém, ressalta-se ainda que o momento internacional da nanotecnologia é bom e adequado para que o Brasil revigore suas iniciativas de caráter nacional, visando apoiar um programa coordenado de investimentos de longo prazo na área. É preciso que o país se posicione em uma condição de maior competitividade científica, tecnológica e industrial em relação aos demais países do mundo.

Deve-se mencionar que, apesar de certo consenso sobre o baixo investimento brasileiro em nanotecnologia, os números apresentados são frequentemente discordantes e subestimados. Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) [15], o investimento anual em nanotecnologia situa-se hoje em cerca de R$ 60 milhões anuais, valor superior ao estimado por outras referências. Do Relatório Analítico apresentado, nota-se que há oscilação deste valor ao longo dos últimos anos, oscilação esta justificada por ações de implantação inicial de infraestrutura, que demandam maior investimento no primeiro ano da ação. No entanto, dada a característica dos recursos concedidos por órgãos de fomento, certas adições devem ser feitas – em geral, muitos dos recursos contabilizados como investimentos em nanotecnologia por outros países compreendem infraestrutura, manutenção e gastos com pessoal, enquanto os contabilizados pelo MCT são na sua maioria exclusivos para infraestrutura, com algum suporte para manutenção. Por exemplo, em 2009, a CAPES concedeu para formação de recursos humanos em nanobiotecnologia cerca de R$ 70 milhões, para execução em cinco anos (portanto, um investimento de R$ 15 milhões por ano), subdivididos em 38 projetos[16].

Outra dificuldade quanto à contabilização de recursos é identificar os investimentos feitos em linhas gerais de fomento, mas identificados com nanotecnologia. Em 2008 foram aprovados 123 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia, por meio do Edital CNPq 15/2008, com recursos totais de R$ 270 milhões (para execução em três

---

[14] CÉSAR JÚNIOR, S. *Fronteira tecnológica e escassez de recursos: uma análise da nanotecnologia no Brasil*. RADAR IPEA, 9 (2010), 19 – 26.

[15] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Relatório Analítico: Programa de C, T & I para Nanotecnologia. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0028/28213.pdf. Acesso em 06/07/2010.

[16] http://www.capes.gov.br/servicos/sala-de-imprensa/36-noticias/2688-capes-divulga-resultado-do-edital-da-rede-nanobiotec-brasil. Acesso em 06/07/2010.

anos)[17]. Destes institutos são diretamente identificados com nanotecnologia os Institutos[18] de Catalise em Sistemas Moleculares e Nanoestruturados (Coord. Faruk Jose Nome Aguilera, UFSC), de Sistemas Micro e Nanoeletrônicos (Coord. Jacobus Swart, CTI), de Nanomateriais de Carbono (Coord. Marcos Pimenta, UFMG), de Nanotecnologia para Marcadores Integrados (Coord. Oscar Malta, UFPE), de Nanodispositivos Semicondutores (Coord. Patrícia Lustosa, PUC/RJ), de Nanobiotecnologia do Centro-Oeste e Norte (Coord. Ricardo Azevedo, UnB), de Nano-Biofarmacêutica (Coord. Robson Santos, UFMG), de NanoBioEstruturas e Simulação NanoBioMolecular (Coord. Benildo Cavada, UFC) de Ciencias dos Materiais em Nanotecnologia, (Coord. Élson Longo, UNESP), em Materiais Complexos Funcionais (Coord. Fernando Galembeck, UNICAMP). Outros Institutos tem atividades correlacionadas, ainda que nanotecnologia não seja o foco central destes. Como outra fonte de recursos, as bolsas regulares concedidas por CAPES e CNPq (no âmbito nacional), podem ser contabilizadas. A CAPES manteve cerca de 47 mil bolsas de mestrado, doutorado e pós doutorado no Brasil no ano de 2009, sendo que cerca de 5 mil corresponderam às classificações de Astronomia / Física, Química, Engenharias II, Biotecnologia e Materiais[19]. Considerando-se que temas de Nanotecnologia tem sido recorrentes nestas áreas, pode-se supor que um número significativo destas bolsas sejam correlatas. Semelhante análise pode ser feita na base de bolsas concedidas pelo CNPq, com resultados próximos[20].

Deve-se notar que esta análise cobre apenas os investimentos no âmbito federal. No âmbito estadual, as fundações de amparo à pesquisa também tem projetos e financiamentos direcionados para nanotecnologia, ainda que não tenha sido identificado um programa estruturado para o tema em nenhuma destas. Portanto, esta fragmentação dificulta uma análise criteriosa do real investimento brasileiro em nanotecnologia, ainda que claramente ele seja inferior aos de lideres internacionais.

Nas próximas seções, alguns aspectos do cenário brasileiro e suas peculiaridades serão comparadas, à luz dos dados disponíveis pelas fontes de informação abertas (internet, documentos públicos, artigos referenciados e informações pessoais mediante entrevistas), no intuito de contribuir com a compreensão do cenário da nanotecnologia no Brasil e suas dificuldades e necessidades.

2. Visão de Mercado por Setores Expressivos

2.1 Química (geral)

O setor químico apresenta diferentes subdivisões que são tratadas, frequentemente, como um setor à parte – como é o caso da indústria petroquímica (abordada neste documento mais adiante). Porém, quando visto como um único setor, este

---

[17] http://www.cnpq.br/editais/ct/2008/015.htm. Acesso em 06/07/2010.

[18] http://www.cnpq.br/resultados/2008/015.htm e http://www.cnpq.br/resultados/2008/015a.htm. Acesso em 06/07/2010.

[19] http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/. Acesso em 06/07/2010.

[20] http://www.cnpq.br/estatisticas/indicadores.htm. Acesso em 06/07/2010.

compreende grande parte da produção de insumos básicos,[21] consolidando-se como um dos principais setores industriais do pais. Segundo o Relatório Anual da Indústria Química para 2008,[22] o faturamento da indústria química brasileira alcançou US$ 122 bilhões, porém ainda apresenta déficit da balança comercial brasileira de produtos químicos de US$ 23,2 bilhões. Estes dados demonstram que ainda há grande espaço para crescimento do setor, com a substituição de importações e incorporação de novos produtos.

Um dos setores inicialmente identificados é o da produção de nanopartículas. Apesar deste setor ainda ser pouco estruturado no Brasil, a produção de sílica coloidal já é feita por empresas como EKA Chemicals / Akzo Nobel[23] e Rhodia[24]. As aplicações de sílica nanométrica atingem vários setores, nos quais uma aplicação de destaque é o uso como nanocarga em borracha para pneus. Neste setor já estão constituídas plantas industriais em Rio de Janeiro (Eka Chemicals) e Paulínia (Rhodia), no entanto ressalta-se que as tecnologias utilizadas são originarias dos países sede destas empresas. Outras empresas, como a Evonik[25], disponibilizam no Brasil a venda de nanopartículas em grande escala (caso das nanopartículas de TiO_2 Aeroxide P25), porém não produzem localmente. Não foram identificados dados que permitam comprovar que haja interesse de produzir essas outras nanopartículas em grande escala nacionalmente. Deve-se notar aqui que estas nanopartículas mencionadas já são utilizadas em larga escala em alguns processos industriais.

Uma iniciativa pioneira foi a instalação de uma fábrica para produção de nanopartículas de fosfato de alumínio (produto denominado Biphor) pela Bunge Fertilizantes[26], em Cajati, a partir de uma patente brasileira[27]. No entanto, apesar de haver interesse claro do uso deste material como pigmento branco na indústria de polímeros, a produção até o momento está em escala semi-industrial aguardando condições de mercado mais favoráveis para expansão.

Porém, o setor químico é impactado por desenvolvimentos em nanotecnologia desde as etapas de produção, pela presença de várias etapas nas quais, entre várias, a catálise heterogênea tem papel importante. A catálise heterogênea é uma das mais antigas áreas da nanotecnologia. Os catalisadores metálicos, por exemplo, são usualmente preparados como nanopartículas depositadas em suportes específicos tais como a alumina, a sílica e o carvão ativo. Atualmente um novo termo é usado para melhor especificar a relação entre a catálise heterogênea e a nanotecnologia: são os nanocatalisadores. Os nanocatalisadores são definidos por possuírem ao menos uma

---

[21] ROCHA ET AL. Perspectivas do investimento em energia. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 174 p. Relatório integrante da pesquisa "Perspectivas do Investimento no Brasil", em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: http://www.projetopib.org/?p=documentos . Acesso em 10 out. 2009

[22] ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *A indústria química brasileira em 2008 – Relatório Anual*. São Paulo, em www.abiquim.org.br. Acesso em 30/06/2010.

[23] http://www.ekachemicals.com.br/is.asp. Acesso em 06/07/2010.

[24] http://www.rhodia.com.br/pt/markets_and_products/products/precipitated_silica.tcm. Acesso em 06/07/2010.

[25] http://www.evonik.com.br/ Acesso em 06/07/2010.

[26] http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-biphor.shtml. Acesso em 06/07/2010.

[27] PI0700623-3: Partículas De Fosfato, Polifosfato e Metafosfato de Alumínio e seu Uso com Pigmentos em Tintas e Método de sua Produção. Inventores: João de Brito / Fernando Galembeck. Depósito em 22/02/2007.

dimensão na escala nanométrica e sua atuação na reação química depende principalmente do tamanho da partícula ativa[28]. O efeito do tamanho de partícula na catálise pode ser bem exemplificado através de catalisadores a base de ouro. O ouro era considerado um material cataliticamente inerte até os anos 80 quando Harura e colaboradores[29] mostraram que suas partículas com dimensões inferiores a 10 nm eram ativas nas reações de oxidação do monóxido de carbono em temperaturas em torno de 0°C. Fica claro pela literatura[30] que o método de preparação e a escolha do suporte influenciam significativamente na atividade das partículas de ouro para esta reação.

O catalisador é um material considerado o coração de um processo químico e os resultados dessas pesquisas, conduzem frequentemente a evoluções que podem ser vistas como verdadeiras rupturas tecnológicas, assegurando assim posições dominantes sobre os mercados. O mercado de catalisadores é fortemente transversal, de alto valor agregado, tendo em vista, as diferentes aplicações industriais, como o refino do petróleo, a petroquímica, e a química fina. A catálise está nos dias de hoje, muito presente nas linhas de produção da indústria química e estima-se que cerca de 80% de seus processos apresentam ao menos uma etapa catalítica.

Mais recentemente os estudos na escala nanométrica, em catálise heterogênea, têm evoluído para o domínio da síntese de nanotubos de carbono[31] ou mesmo de estruturas controladas de vanádio[32] e, entre elas os nanotubos de vanádio[33,34] que têm recebido especial atenção como compostos que podem ser usados em um largo espectro de aplicações, exibindo distintas propriedades óticas[35] e eletroquímicas[36].

O mercado de catalisadores encontra-se de uma forma geral, distribuído sobre os seguintes segmentos[37]:

- Polímeros e produtos químicos: a fabricação de mais de 80% de produtos químicos/petroquímicos, são dependentes de reações catalíticas;

- Proteção ao meio ambiente: tratamento de emissões gasosas de fontes estacionárias (indústrias), fontes móveis (veículos automotores), tratamento de águas;

- Energia: refinarias, eficiência energética, química verde

---

[28] H. Sousa Ferreira e M.C.Rangel " Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise" – Quim.Nova vol 32 n°7 São Paulo 2009
[29] Haruta, M.; Kobayashi,T.; Sano,H.; Yamada,N. – Chem.Lett. 1987,405
[30] Haruta M.;Tsuba,S.;Kobayashi,T.;Kageyama,H.;Genet,M. J.; Delmon,B. J.Catal. 1987,144,175.
[31] Serp,P.; Corrias,M.;Kalck,P.; **Appl.Catal. A: Gen.** 2003, 253,337.
[32] Pries de Oliveira, P.G . *AlNbO oxides as new supports for hydrocarbon oxidation II. Catalytic properties of VOx-grafted AlNbO oxides*. **Journal of Catalysis**, v. 137, p. 257-266, 1992
[33] Aguiar, E.V. ; Costa, L.O.O. ; Fraga, M. A . *Impregnating platinum ionic species on vanadium oxide nanotubes*. **Catalysis Today** V. 142, p. 207-210, 2009.
[34] Filipe L. S. Mello • Lı´dia O. O. Costa, Eduardo Padron Hernandez, Andrea M. Duarte de Farias, Marco A. Fraga. **Nanoscale Res Lett**, Published online:09 April 2010 .
[35] J. Cao, J. Choi, J.L. Musfeldt, S. Lutta, M.S. Whittingham, **Chem. Mater.** 16 (2004) 731.
[36] A. Liu, M. Ichihara, I. Honma, H. Zhou, **Electrochem. Commun.** 9 (2007) 1766.
[37] Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie - France, Technologies Clés 2010, Direction Générale des Entreprises www.industrie.gouv.fr/...cles_2010/.../mat_20.html. Acesso em 24 jul. 2010

O mercado mundial de catalisadores movimenta entre 12 e 13 bilhões de dólares/ano. Estes números não levam em conta desenvolvimentos realizados internamente por grandes grupos químicos. Segundo a North American Catalysis Society[38], os polímeros e os produtos químicos representam 43% do mercado. As ações voltadas ao meio ambiente 35% e as refinarias, 22%. É um mercado extremamente dinâmico, principalmente nos domínios de meio ambiente e energia, nos quais o crescimento anual médio deverá ficar perto de 13% ao ano. Se o segmento "fabricação de catalisadores" encontra-se submetido a uma forte concorrência, ele perde em parte a sua importância relativa à medida que os custos de aquisição de licenças de processos são muito elevados. Os detentores de licenças de processos de alto desempenho, cedem o seu uso sob condições restritivas como: custos proibitivos, obrigação da criação de *join-venture* para explorar um determinado mercado, limitações em termo de capacidade operacional etc.

A Tabela 1 abaixo lista alguns exemplos de indústrias produtoras de catalisadores heterogêneos no mundo[37,38], numa listagem ampla de possível identificação pública. Como pode-se observar, o setor de produção de catalisadores no Brasil é pouco expressivo, se comparado com o cenário internacional. Pode-se citar a Fábrica Carioca de Catalisadores S.A, líder no mercado de catalisadores de FCC da América do Sul, empresa que cria, produz e entrega soluções em catalisadores e aditivos para a indústria de refino de petróleo e que reúne dois gigantes mundiais das áreas de petróleo e petroquímica: a Petrobras e a Albemarle Corporation; a Evonik através do seu Laboratório de Tecnologia e Aplicação de Catalisadores Químicos - dentro do complexo industrial de produção de catalisadores químicos, localizado em Americana (SP); e a Oxiteno, que desenvolve e produz catalisadores heterogêneos de alto desempenho para aplicações nas indústrias química, petroquímica e de refino de petróleo, especialmente desenvolvidos para atender aos requisitos de processos das áreas de:

- Geração de Gás de Síntese & Hidrogênio
- Hidrogenações & Desidrogenações
- Produção de Biodiesel;
- Regeneração de Catalisadores e Materiais Adsorventes, entre outras,

[38] The North American Catalysis Society (NACS). Em www.nacatsoc.org/pubs.asp?Type=A Acesso em 24 jul. 2010

Tabela 1 – Empresas fabricantes de catalisadores heterogêneos, segundo origem (país)

País	Empresa
Brasil	FCC – Fábrica Carioca de Catalisadores[39]; Evonik[25]; Oxiteno[40]
França	Axens[41]; Arkema[42]; Rhodia[43]; Saint-Gobain NorPro[44];
Alemanha	Degussa[45]; BASF[46]
EUA	Engelhard; Boulder Scientific Company[47]; Calcorp Resources Inc [48]; Carus Chemical Company[49]; Catacel Corp[50]; Criterion Catalysts[51]; CSM Worldwide[52]; Davison Catalysts[53]; Emera Chem[54]; Haldor-Tposoe[55]; Heraeus[56]; MECS, Inc[57]; OMG[58]; Porocel Corp.[59];
Reino Unido	Jonhson Matthey[60]

2.2 Petroquímica

A cadeia petroquímica é comumente dividida do ponto de vista produtivo em três gerações. A 1ª geração é composta pelos insumos básicos para a fabricação das resinas e polímeros, ou seja, petroquímicos básicos como o eteno, buteno, propeno, butadieno benzeno e paraxileno. A 2ª geração é responsável pela fabricação das resinas e polímeros. Dentre estes, se destacam os polímeros termoplásticos polietileno de baixa ou alta densidade (PEBD/PEAD), o polipropileno (PP), o poli(cloreto de vinila) (PVC), o poliestireno (PS) e o poli(etileno tereflato) (PET). Os biopolímeros e os nanocompósitos possuem pequena, mas crescente participação neste mercado.

---

39 http://www.fccsa.com.br/. Acesso em 24/07/2010.
40 http://www.oxiteno.com.br/aplicacoes/mercados/mercado.asp?idioma=PO&segmento=7070. Acesso em 24/07/2010
41 http://www.axens.net/. Acesso em 24/07/2010.
42 http://www.arkema.com/. Acesso em 24/07/2010.
43 http://www.rhodia.com/. Acesso em 24/07/2010.
44 www.norpro.saint-gobain.com Acesso em 24/07/2010.
45 www.degussa-catalysts.com Acesso em 24/07/2010.
46 www.basf.com Acesso em 24/07/2010.
47 www.boulderscl.com Acesso em 24/07/2010.
48 www.calcorp-resources.com Acesso em 24/07/2010.
49 www.caruschem.com Acesso em 24/07/2010.
50 www.catacel.com Acesso em 24/07/2010.
51 www.criterioncatalysts.com Acesso em 24/07/2010.
52 www.csmworldwide.com Acesso em 24/07/2010.
53 www.gracedavison.com Acesso em 24/07/2010.
54 www.emerachem.com Acesso em 24/07/2010.
55 www.haldortopsoe.com Acesso em 24/07/2010.
56 www.wc-heraeus.com Acesso em 24/07/2010.
57 www.mecsglobal.com Acesso em 24/07/2010.
58 www.omgi.com Acesso em 24/07/2010.
59 www.Porocel.com Acesso em 24/07/2010.
60 www.jmcatalysts.com Acesso em 24/07/2010.

Por fim, a 3ª e última geração da cadeia petroquímica compõe a indústria transformadora das resinas plásticas ou produtora dos artefatos (ou transformados) plásticos. As firmas desta indústria desenvolvem produtos para diversos segmentos industriais, tais como o automotivo, eletroeletrônico, construção civil, etc como apresentado na Tabela 1.

As firmas da 3ª geração moldam as resinas plásticas por meio de processos produtivos como a injeção, extrusão, sopro, rotomoldagem, termoformagem e formagem à vácuo a fim de gerar produtos adaptados às necessidades dos clientes.

Cada estágio da cadeia produtiva apresenta uma estrutura de mercado diferenciada e enfrenta desafios competitivos diferentes. As empresas da 1ª geração da cadeia petroquímica foram criadas no Brasil na seguinte ordem: a Petroquímica União, em Santo André, Mauá e Cubatão (PQU/SP - 1972), a Companhia Petroquímica do Sul, em Triunfo (Copesul/RS - 1978), a Companhia Petroquímica do Nordeste, em Camaçari (Copene/BA - 1982), e o Pólo Petroquímico do Rio de Janeiro, em Duque de Caxias (Riopol/RJ – 2006). No Brasil temos 4 polos petroquímicos: 3 que utilizam nafta petroquímica (antiga Petroquímica União (PQU), Copene e Triunfo) e 1 que utiliza gás natural (Polo gás químico do Rio de Janeiro). Há aproximadamente 3 anos a PQU e o Polo do Rio passaram a se chamar QUATTOR; Copene e Triunfo passaram a se chamar Braskem. No ano de 2009, Braskem adquiriu todas e agora todos os polos petroquímicos se chamam UNIB. Os polos petroquímicos citados não são empresas de 1ª geração apenas, vão até à segunda geração, que é a produção da resina. Estas empresas são intensivas em escala e proximidade à matéria-prima é um fator-chave para a competitividade. Estas empresas estão sujeitas às flutuações do preço do petróleo e do gás natural, afetando todo o resto da cadeia produtiva.

Tabela 1 . Segmentação do mercado de transformados plásticos por aplicação[61]

Segmento	**%**
Alimentício	17,5
Construção Civil	15,6
Embalagens	14,5
Agrícola	10,6
Utilidades domésticas	9,3
Higiene e Limpeza	7,1
Calçados	4,8
Eletroeletrônico	2,4
Cosméticos e farmacêutico	2,0
Automobilístico	1,3
Brinquedos	0,1
Outras	14,8

Nas empresas da 2ª geração ocorrem grande parte das inovações tecnológicas da cadeia petroquímica, uma vez que são estas empresas que produzem os polímeros que são moldados pelas empresas da terceira geração. As empresas da 2ª geração são

[61] ABIPLAST. *O perfil da Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico.* 2009, em http://www.abiplast.org.br/industria_plastica2008.pdf. Acesso em 17 de maio de 2010.

intensivas em escala e em capital, demandam trabalho especializado e podem desenvolver suas próprias rotas tecnológicas. Devido a estas características, estas empresas são em número bastante reduzido em comparação com o número de empresas de 3ª geração (em torno de 230, em comparação com um total de 11.500 empresas de transformados plásticos em 2008[1]). Os requisitos competitivos para as firmas do segundo estágio são tanto relacionados a custos de produção/escala quanto relacionados à identificação de oportunidades tecnológicas; além de fatores macroeconômicos, como o câmbio e o comércio internacional, e políticos, como tributação e incentivos fiscais. O mercado é muito mais concentrado, com acentuada tendência a fusões e aquisições.

A 3ª geração é considerada como o elo mais frágil da cadeia petroquímica[1], uma vez que: (i) trata-se de um segmento sem fortes barreiras à entrada e, portanto, a maior parte das empresas é pequena ou média, ainda que para ser competitivo seja necessária uma escala de produção eficiente; (ii) por serem basicamente moldadoras das resinas, trata-se de empresas cuja inovação depende crucialmente de seus fornecedores de máquinas e moldes (são empresas dominadas pelos fornecedores); (iii) as empresas da 3ª geração da cadeia petroquímica sofrem pressões de custo e preço tanto de seus fornecedores de resinas quanto de seus principais clientes, quais sejam, os segmentos automobilístico, eletroeletrônico, de bens de capital e construção civil.

Em 2002 a produção mundial de plásticos foi de 200 milhões de toneladas que cresceu para 260 milhões de toneladas em 2007. Os principais produtores são EUA/Canadá (23%), Europa (25%) e China/Resto da Ásia (32%). A América Latina é responsável por apenas 4% da produção mundial.[1]

O consumo aparente de resinas termoplásticas em 2008 ficou próximo a 5,3 milhões de toneladas, o que representou crescimento de 6,9% em relação a 2007. O consumo aparente é o resultado da soma da produção com as importações, menos as exportações. Os dados referentes ao desempenho do segmento em 2008 englobam o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poli(cloreto de vinila) (PVC), o copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA) e a resina PET. O Fórum de Competitividade da Cadeia do Plástico, criado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, reunindo representantes dos setores público e privado, elencou em 2008 os principais desafios e definiu um plano de ação, visando o desenvolvimento de uma cultura exportadora para o segmento, o fortalecimento e a promoção da competitividade das empresas transformadoras, a promoção do acesso a instrumentos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e a consolidação do produto brasileiro como solução ambiental sustentável.[62]

Quanto ao mercado associado à nanotecnologia para o setor, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE afirmam que "(...) as pesquisas que estão sendo desenvolvidas no país indicam que as oportunidades de negócio em nanotecnologia tendem a surgir primeiramente nos mercados de cosméticos, produtos provenientes da indústria química (catalisadores, tintas, revestimentos) e petroquímica, plásticos, borrachas e ligas metálicas(...)".

---

[62] ABIQUIM (2008). *A indústria química brasileira em 2008 – Relatório Anual*, em www.abiquim.org.br**.** Acesso 17 de maio de 2010.

Entre os treze produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil listados pelo documento da ABDI/CGEE encontram-se a língua eletrônica da Embrapa, o Biphor da Bunge, revestimentos da Nanox e nanocompósitos de PP e PE desenvolvidos pela Braskem. As aplicações dos nanocompósitos estão direcionados ao setor de embalagens, automobilístico, engrenagens, máquinas e equipamentos, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, etc. As vantagens destes materiais são maior durabilidade, resistência ao calor e impermeabilidade à umidade e óleo.

Segundo a Lux Research, não existe um mercado de nanotecnologia e sim uma cadeia de valor, que vai desde os nanomateriais (por exemplo, nanopartículas de argila), passando por nanointermediários (nesse exemplo, materiais compósitos produzidos a partir de nanopartículas de argila), até as chamadas nanoaplicações (na seqüência, bens de consumo incorporando nanocompósitos).[63] Focalizando-se os nanointermediários, tem-se que, em 2005, os nanocompósitos de argila responderam por 24% do consumo total de nanocompósitos, em valor.[64] Em seguida, os nanocompósitos de metal e de óxido metálico (19%) e compósitos de nanotubos de carbono (15%). Para o horizonte de 2011, estima-se que os nanocompósitos aumentem sua participação no mercado para 44%. Os setores de auto-peças, energia e de embalagens foram os que mais demandaram aplicações baseadas em nanocompósitos em 2005, com 29%, 28% e 19% de participação no mercado, respectivamente. Outras aplicações importantes foram em revestimentos (14%) e em dissipadores eletrostáticos – ESD (8%). Em 2011, prevê-se que o setor de embalagens será o líder em aplicações de nanocompósitos, com cerca de 28% desse mercado.

Nos dias 24 e 25 de março de 2010 ocorreu em Bruxelas-Bélgica o congresso "Nanocomposites and Nanotubes 2010".[65] Entre as empresas presentes encontravam-se Arkema, Orfit, Total Petrochemicals, Electrolux, RTP, Steptoe & Johnson, Rhodia, Basf, Bayer, Showa Denko, Hyperion, Powerpipe, Huntsman, Nanocor, Sabic, Cabot, 3B Fibreglass, Tyco Electronics, TMG Automotive e Nanocyl. Os temas de seminários versaram sobre nanocompósitos baseados principalmente em argila esfoliada e nanotubos de carbono. Outros temas apresentados foram nanocompósitos baseados em fibra vegetal, blendas de polímeros compatibilizadas com nanomateriais e potencial do grafeno para uso em compósitos. Um seminário bastante interessante foi apresentado por *Kevin D. Breese, Advanced Purchasing Manager,* Electrolux Major Appliances**.** O título foi "*Thermoplastic nanocomposites versus traditional fillers: A holistic cost comparison*" e o objetivo central foi enfrentar o dilema, ainda presente em determinados setores, sobre o custo mais elevado de nanocompósitos em comparação com compósitos tradicionais. O polipropileno foi o material central desta discussão, pois é de interesse especial da Electrolux. PP tradicionalmente adicionado de $CaCO_3$ é muito utilizado pela empresa. Aplicando um modelo de avaliação de custos total (ou completa) é necessário usar frações volumétricas de carga nas comparações, e não frações em peso, pois a densidade entre as cargas é muito diferente. Além disso, devem ser consideradas em detalhe as propriedades dos materiais como condutividade e expansão térmicas. Todas as etapas de seleção de

---

[63] Lux Research (2004). *Statement of Findings: Sizing Nanotechnology's Value Chain. Executive summary*.

[64] BCC Research (2006). *Nanocomposites, nanoparticles, nanoclays e nanotubes.* Report ID: NAN021C, Wellesley, MA: BCC Research Ltd.

[65] Nanocomposites and Nanotubes 2010. Congresso organizado por "European Plastics News, Plastics News Global Group e Plastics & Rubber Weekly", em www.nanosconference.com. Acesso em 20 de Julho de 2010.

material, processamento e produção de partes devem ser levadas em conta em uma comparação holística de custos, especialmente no caso de comparar cargas tradicionais com nanocargas. Um argumento fundamental da comparação é que o *upgrade* de materiais com propriedades inferiores (baixo custo) para aqueles com propriedades superiores (custo elevado) permite uma redução de espessura de produtos. Isto leva ao uso de menos material e a tempos menores de processo. Esta análise mais completa pode ser muito favorável à seleção de nanocargas e as empresas inovadoras e competitivas estão discutindo o tema com enorme interesse.

No contexto brasileiro é relevante avaliar quais empresas receberam financiamento para pesquisa e desenvolvimento de nanomateriais, nanointermediários e nanoaplicações. Esta avaliação pode ser considerada indicadora do potencial de impacto da nanotecnologia no mercado nacional a curto e médio prazo. A Tabela 2 lista as empresas apoiadas por editais em temas ligados à área petroquímica.

Tabela 2 – Empresas apoiadas por editais em Nanociência e Nanotecnologia no período 2004 -2007[1]

Edital	Empresa	Projeto
MCT/CNPq 12/2004 Pesquisa Cooperativa	Braskem S.A.	Nanocompósitos de poliolefinas
MCT/FINEP-FNDCT – 012/2004	Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.	Obtenção de nanocompósitos biodegradáveis; derivados de combinação de argilo minerais com blendas polietileno-amido
MCT/FINEP-FNDCT – 012/2004	Embrarad – Empresa Brasileira de Radiações	Desenvolvimento de PP com alta força do fundido e extensibilidade por meio da síntese de nanogéis de polipropileno.
MCT/FINEP/FNDCT – 03/2005	EF Engenharia Ltda	Nanocompósitos de borracha natural para adesivos e outros produtos
MCT/FINEP/FNDCT – 03/2005	Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.	Desenvolvimento de nanocompósitos de poliestireno contendo argilas modificadas
MCT/FINEP/FNDCT – 03/2005	Petrobras – Petróleo Brasileiro S.A.	Síntese de nanocompósitos de polipropileno por polimerização *in situ*
MCT/FINEP/FNDCT – 01/2006	Suzano Petroquímica S.A.	Desenvolvimento de nanocompósitos propileno-argila: métodos de obtenção e viabilidade industrial
MCT/FINEP/FNDCT – 01/2006	Braskem S.A.	Desenvolvimento e estudo de nanocompósitos de policloreto de vinila
MCT/FINEP – 06/2006	Braskem S.A.	Nanocompósitos de poliolefinas
MCT/FINEP – 06/2006	Oxiteno S.A.	Argilas organofílicas para uso como cargas nanométricas em matrizes poliméricas
MCT/FINEP – 06/2006	Oxiteno S.A.	Metodologia analítica de investigação de tensoativos modificadores de superfícies e acoplantes para nanocompósitos e nanodispersões por EM
MCT/FINEP – 06/2006	Artecola Indústrias Químicas	Microesfera e nanoesfera de poliuretano biodegradável
MCT/FINEP/FNDCT – 01/2007 Subvenção econômica	Braskem S.A.	Resinas de alta performance em nanotecnologia
MCT/FINEP/FNDCT – 01/2007 Subvenção econômica	Suzano Petroquímica S.A.	Nanocompósitos de polipropileno para desenvolvimento de embalagens ativas e inteligentes

Ao lado de empresas como Braskem e Suzano Petroquímica, a Petrobras é considerada uma das empresas brasileiras que já usufruem de resultados concretos gerados por pesquisas e desenvolvimento em nanotecnologia, com impactos econômico e ambiental significativos. A empresa integra uma rede temática com sete universidades no Brasil e vem desenvolvendo soluções para diversos problemas críticos (ver detalhadamente no tópico 2.3). A nanotecnologia está na linha de frente das tecnologias do petróleo e energia por oferecer materiais com propriedades mais avançadas e processos ambientalmente corretos e menos poluidores. Dentre as características dos materiais que poderão fazer parte das aplicações de nanotecnologia para o setor petróleo e energia, destacam-se maior leveza e resistência mecânica, propriedades antiaderentes e capacidade de auto-reparo.

2.3 Exploração de petróleo

As grandes empresas de petróleo estão investindo em aplicações para a nanotecnologia. Em 2007 foi criado um consorcio denominado *Advanced Energy Consortium* com sede na Universidade do Texas na cidade de Austin com a finalidade de realizar pesquisas competitivas na área de materias e sensores nas escalas micro e nano desde que haja potencial para mudanças disruptivas na área de recuperação de petróleo e gás tanto de reservatórios já existentes como de novos. Fazem parte deste consórcio as empresas Britsh Petroleum, Conoco Phillips, Shell, Total, Schlumberger, Petrobras, Marathon, OXY, Halliburton e Baker Hughes. As pesquisas são realizadas por universidades após seleção dos trabalhos submetidos a uma banca examinadora.

Para possibilitar uma ambientação sobre a nanotecnologia na indústria de petróleo podemos listar algumas informações obtidas na internet sob a postura dos principais players[66,67,68,69,70,71]. Na Tabela 3 apresenta-se as principais áreas de interesse da indústria de petróleo no que diz respeito a nanotecnologia.

No contexto de Exploração e Produção de Petróleo existem mais duas iniciativas mundiais. O SPE - *Society of Petroleum Engineers*, em fevereiro de 2008 e dezembro de 2009 realizou dois workshops sobre nanotecnologia na Exploração e Produção Offshore com 85 participantes das maiores empresas de petróleo e serviços da área. Outra iniciativa é o EPNanoNet que tem como objetivo reunir indivíduos e organizações interessadas na aplicação da Nanotecnologia no setor do E&P. Para tal criou um web-site dedicado ao tema, fóruns e eventos regulares e divulga as informações a todos os participantes. O site desta iniciativa[72] informa que seus atuais membros são: Baker Hughes, ENI, Weatherford, Carbo Ceramics, Chevron, Conoco Phillips e OTM. Os usos da nanotecnologia neste segmento industrial abrangem desde

---

[66] www.shell.com/globalsolutions. Acesso em 24/07/2010.
[67] http://www.conocophillips.com/EN/newsroom/news_releases/2008news/Pages/12-02-2008.aspx http://www.conocophillips.com/EN/newsroom/news_releases/2008news http://www.conocophillips.com/EN/susdev/ourpeople/development/talent Acesso em 24/07/2010.
[68] www.total.com Acesso em 24/07/2010 e reunião realizada no CENPES com representantes da Petrobras e Total em 2008
[69] www.bp.com e www.nanoscienceworks.org Acesso em 24/07/2010.
[70] www.exxon.com, http://www.nanotech-now.com, www.nsti.org Acesso em 24/07/2010.
[71] www.chevron.com e www.nsti.org Acesso em 24/07/2010.
[72] www.epnanonet.com Acesso em 24/07/2010.

a exploração de petróleo até a distribuição de combustíveis, incluindo as questões ambientais e de energias renováveis.

Espera-se que a nanotecnologia possa auxiliar a Indústria de PG&E no que diz respeito a custos de exploração (ambientes remotos, altas temperaturas e pressões, materiais corrosivos, incrustações, sensoriamento), custos de produção (ambientes remotos, MTBF (*mean time between failures*) e manutenção de componentes e equipamentos essenciais), refino e petroquímica em geral (revestimentos, refratários, catalisadores) e restrições ambientais (poluição local: monitoramento e remediação; aferição e controle de qualidade de combustíveis; seqüestro de carbono).

Tabela 3 – Principais áreas de interesse de desenvolvimento de nanotecnologias para a exploração de petróleo (sigla: 1 – Shell; 2 – Conoco Phillips; 3 – TOTAL; 4 – British Petroleum; 5 – Exxon Mobil; 6 – ENI; 7 – Chevron Texaco; 8 – Repsol; 9 – Sinopec; 10 – Petrobrás)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Materiais	X	X			X	X	X			X
Sensores	X	X	X	X						X
Catalisadores	X				X					X
Revestimentos	X									X
Membranas	X									
Baterias	X									
Biocombustíveis	X									
Energias renováveis				X			X			X
Recuperação de petróleo	X	X	X	X						X

O contexto brasileiro é dominado pelos esforços da Petrobras. A companhia desenvolve, em parceria com instituições de Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento nacionais, projetos de caráter tecnológico através do modelo Redes Temáticas, sendo uma delas a de Nanotecnologia. Este trabalho é desenvolvido pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES). Os recursos aplicados nas redes temáticas provêm do montante destinado a Participação Especial, isto é a Cláusula de Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento constante dos Contratos de Concessão para Exploração, Desenvolvimento e Produção de Petróleo e/ou Gás Natural, assinados entre a PETROBRAS e a Agência Nacional do Petróleo – ANP. Desde 1998 os contratos estabelecem a obrigatoriedade do concessionário de investir o valor correspondente a 1% da receita bruta de determinados Campos na realização de despesas qualificadas em pesquisa e desenvolvimento. Essa cláusula

determina que a Petrobras aplique, pelo menos, 50% desse valor em despesas qualificadas pela ANP como P&D na contratação de Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Nacionais credenciadas pela Agência. Em 25 de novembro de 2005, a Agência Nacional do Petróleo aprovou a Resolução ANP nº 33/2005 e o Regulamento Técnico ANP nº 5/2005 que definem essas normas.[73]

As pesquisas em nanotecnologia foram organizadas na Companhia através da elaboração de uma rede temática que tem por objetivo elaborar projetos de pesquisa e desenvolvimento utilizando conceitos e desenvolvimentos de nanociência e nanotecnologia aplicados a indústria de energia.

As instituições que atualmente participam da Rede Temática de Nanotecnologia da Petrobras são: UFRGS, UFSCar, USP, UNICAMP, UFRJ, UFMG e UFBA. O LNLS, a PUC-RIO e a UFPE estão no processo de inclusão e pretende-se expandir ainda mais o número de participantes para poder contar com outras instituições que possuem atividades na área de nanotecnologia e nanociência.

Desde o primeiro momento incentivou-se que os trabalhos sejam realizados em parceria, tanto entre pesquisadores do CENPES como entre pesquisadores de outras áreas da Petrobras e das instituições de C&T. No CENPES trabalha-se com a cooperação de todas as gerências para a avaliação e acompanhamento técnico dos projetos além de contribuir para o bom andamento da rede como um todo. Este modelo possibilita a obtenção de uma carteira abrangente, mas ao mesmo tempo focada nos interesses da empresa alinhando-se às diretrizes estratégicas da companhia. Paralelamente existe uma interação estreita com outras redes temáticas (a Petrobras possui no momento 50 redes temáticas) para avaliação e alocação dos projetos, evitando assim abertura de projetos com a mesma concepção.

O modelo de gestão adotado para o desenvolvimento dos projetos foi a realização de *workshops*. No primeiro a idéia da rede era conhecer as atividades de pesquisa em Nanotecnologia que ocorriam no país. Para tal foi solicitado que cada instituição realizasse uma apresentação de suas linhas de pesquisas em nanotecnologia e a infraestrutura para o desenvolvimento dos projetos nesta área. Como conclusões deste evento foram verificados o potencial técnico de recursos humanos e laboratoriais para realizar trabalhos, assim como pesquisas realizadas e em andamento e a necessidade de atuar junto a área produtiva

O segundo *workshop* contou com a participação somente de funcionários da empresa e teve como objetivo divulgar a Rede internamente e obter informações sobre temas e problemas de interesse da Petrobras. Como produto do encontro teve-se a definição de três áreas principais de atuação: materiais estruturais (nanocompósitos poliméricos, cerâmicas e ligas metálicas nanoestruturadas); materiais funcionais (revestimentos especiais, catalisadores nanoestruturados e materiais para sensores) e dispositivos (sensores de impurezas em combustíveis e de gases).

Uma vez conhecida as potencialidades das instituições de pesquisa do país participantes da rede e prévia definição de algumas áreas de interesse da companhia, foi realizado o terceiro *workshop* com participação das universidades e institutos de

[73] Documento Interno Petrobras CENPES 47/2006

pesquisa e de técnicos da Petrobras. Nesta ocasião foram apresentadas as conclusões do 2° WS as 10 instituições presentes e foi realizada a primeira chamada de trabalhos.

No ano de 2007 a Petrobras apresentou trabalho na Nanotec e participou do Citare – Congresso Íbero-americano de inovação tecnológica e áreas estratégicas – Nanotecnologia: a nova dimensão da indústria do petróleo, organizado pela PUC-RIO. Em agosto de 2008 ocorreu o quarto *workshop* com a participação das 10 instituições citadas acima mais o INMETRO e a EMBRAPA. O objetivo deste evento foi acompanhar os projetos em andamento, analisar oportunidades de relação entre pares, executores e clientes e apresentar novos potenciais parceiros. Ocorreu também a apresentação de desafios tecnológicos por parte da Petrobras com o intuito de mostrar as necessidades da empresa para a comunidade científica e assim serem elaboradas propostas direcionadas. Nesta oportunidade foi solicitada a segunda rodada de projetos. Ainda em 2008 a Petrobras participou da 2° Escola de Nano da UFRJ e apoiou e participou do Congresso Nano 2008 que ocorreu no Rio de Janeiro.

Em 2009 foram organizados dois *workshops*. No primeiro semestre o 5° WS, de caráter interno, contou com a participação de técnicos da Petrobras e teve como objetivo nivelar o conhecimento técnico e o estágio em que se encontrava a rede temática de nanotecnologia na companhia. No segundo semestre ocorreu o 6° WS, com duração de 3 dias, onde houve a participação de todos os integrantes da rede. A dinâmica foi a seguinte, no primeiro dia houve a apresentação dos trabalhos em andamento para compartilhamento de informações. No segundo dia do evento ocorreram simpósios em paralelo para melhor discussão técnica entre a Petrobras e Instituições, nos temas que hoje são definidos como áreas de interesse para desenvolvimento de projetos de pesquisa: materiais funcionais e estruturais, revestimentos, sensores, meio ambiente – saúde & segurança e infraestrutura. Este *workshop* contou com a participação do INPE e INMETRO. Foi levantado pela comunidade científica a necessidade de construção de planta piloto e, até mesmo, planta industrial, para produção de nanotubos de carbono. Os principais grupos de pesquisa do país consideram o NCT material estratégico e essencial para desenvolvimento de produtos nanotecnológicos no Brasil.

Sabe-se que a nanotecnologia pode proporcionar um salto de qualidade nos processos e produtos atualmente encontrados no mercado, inclusive na indústria de petróleo. Através de desenvolvimento de tecnologias utilizando novos conceitos e propriedades verificadas somente na escala nanométrica a Petrobras pode aumentar a sua produção, otimizar os seus processos assim como aumentar a confiabilidade a medida que haja no mercado materiais com propriedades diferenciadas, como maior resistência a corrosão e/ou abrasão, maior resistência mecânica, mais leves. Para isto é necessário investimentos em pesquisas, desenvolvimento de laboratórios multiusuários com equipamentos de última geração, capacitação de recursos humanos para operação, desenvolvimento e manutenção, além do fomento de empresas para viabilizar o *scale-up*. Em suma, o país, assim como a Petrobras, pode se beneficiar com o desenvolvimento de tecnologias de vanguarda e se posicionar no panorama mundial de nanotecnologia como um dos principais atores.

2.4 Fármacos e cosméticos

Na área farmacêutica um dos objetivos da nanotecnologia reside no seu potencial para melhorar a solubilidade e eficiência na entrega de fármacos. Até o presente momento, mais de 30 fármacos são comercializados com sucesso na forma de nanomedicamentos. Assim, diversas nano-plataformas permitiram atender necessidades específicas da indústria de produtos terapêuticos, com soluções de melhor biodisponibilidade e menos tóxicas, fato que indica que este mercado deverá crescer significativamente ao longo da próxima década. Provas de conceito com dados novos nanomedicamentos se acumulam e novas nanoformulações de antigos fármacos oferecem a possibilidade de revolucionar as terapias de câncer, por exemplo.[74]

De acordo com estimativas da *National Science Foundation*, nos Estados Unidos, em 2015 o mercado global anual para nanoproductos e serviços relacionados será de US $ 1 trilhão, tornando-se assim um dos mercados de mais rápido crescimento na história da indústria. Supondo-se que estes números se comprovem, a nanotecnologia irá emergir como uma força econômica maior do que a combinação de telecomunicações e indústrias de tecnologia da informação no início do *boom* tecnológico da década de 1990.[75] Em 2018, a prospecção de mercado de produtos de base nanotecnológica está estimada em U$ 10,2 bilhões. O mercado estará maduro e nanomedicamentos de segunda geração começarão a surgir. Esses agentes abordarão as áreas de necessidade não atendidas na terapêutica, com novos medicamentos mais seguros, menos tóxicos e mais eficazes do que os produtos de primeira geração. Em 2018, estes nanomedicamentos de segunda geração poderão gerar vendas de aproximadamente U$ 2,9 bilhões, consolidando a nanotecnologia como uma ferramenta importante na indústria farmacêutica. Diversas plataformas de *Drug Delivery* estarão disponíveis e incluirão as tecnologias CaP, *FluidCrystals*, micelas e nanopartículas poliméricas para tratamento de doenças do sistema nervoso central, cancer e doenças infecciosas.[76]

Cabe mencionar o relatório *Nanoparticle Drug Delivery Market Report*[77] que traz para investidores uma avaliação global sobre o impacto da nanotecnologias no mercado farmacêutico e das empresas, incluindo aquelas de produção de nanomateriais e novas tecnologias. As informações contidas no relatório incluem resumos de negócios, tecnologia de competências essenciais, como as nanopartículas agregam valor para os investidores em empresas de *Drug Delivery*, estratégias de Comercialização, propriedade intelectual e mercados disponíveis. Há 58 estudos de caso sobre nanopartículas *Drug Delivery* listados de acordo com 3 categorias: Método de entrega / Vias de administração, Terapêutica, Tecnologia.

---

[74] Nano-enabled Delivery, https://www.espicom.com/prodcat.nsf/Product_ID_Lookup/00001904?OpenDocument Acesso em 24/07/2010.
[75] Medical Nanotechnology Markets, http://www.mtbeurope.info/bi/reports/medical_nanotechnology_markets.htm Acesso em 24/07/2010.
[76] Drug Delivery Technologies: Nano-enabled Delivery Players, products & prospects to 2018, http://www.the-infoshop.com/report/es94091-nano-enable-deli.html Acesso em 24/07/2010.
[77] Nanoparticle Drug Delivery Market Report, http://www.researchandmarkets.com/reports/553333/ Acesso em 24/07/2010.

De acordo com um relatório recentemente liberado pela NanoMarkets,[78] a nanotecnologia para *Drug Delivery* gerará mais de U$ 1,7 bilhão em 2009 e mais de U$ 4,8 bilhões em 2012. A pesquisa indica ainda que nano-soluções serão capazes de conquistar uma pequena, porém crescente parte do mercado farmacêutico com base em sua capacidade de reduzir o tempo para a chegada de um produto inovador ao mercado, comparada com o tempo necessário para a introdução de um novo fármaco, de estender os ciclos de vida do produto, de fornecer proteção patentária e de criar fluxos de receitas adicionais. O mesmo relatório prevê uma nova onda de empresas nano-start-ups menos dispendiosas e com menor risco. Entretanto, essas empresas irão exigir financiamentos iniciais elevados, assim como facilidades de infra-estrutura características das áreas de biotecnologia e farmacêutica. Como resultado, espera-se que as oportunidades de fusão e aquisição e parceria possam prosperar.[79]

O relatório *Nanomedicine*[80] analisa o mercado global para Nanomedicamentos nas seguintes áreas de aplicação: *Drug Delivery*, Diagnóstico *In Vitro*, *In Vivo Imaging*, Biomateriais, entre outras. As previsões anuais são fornecidas para até 2015. O relatório traça os perfis de 263 de empresas aptas a adotar plataformas nanotecnológicas, incluindo: Abraxis BioScience, Inc., Acusphere, Inc., Advion Biosciences, Inc., Agilent Technologies, Inc., AMAG Pharmaceuticals, Inc., a Amgen Inc., Arrowhead Research Corporation, Calando Pharmaceuticals, Inc., Nanotope, Inc., Tego Biosciences Corporation, BioForce Nanociências, Inc., BioSante Pharmaceuticals, Inc., Crucell NV, Elan Corporation plc, Elan Drug Technologies, Ensysce Biosciences, Inc., Enzon Pharmaceuticals, Inc ., espin Technologies, Inc., Flamel Technologies SA, Johnson & Johnson, Life Technologies Corporation, Merck & Co., Inc., Nanobiotix, NanoCarrier Co., Ltd., Nanospectra Biosciences, Inc, Nanoesfera, Inc., Nanosys, Inc ., Nektar Therapeutics, Novavax, Inc., Oxonica Plc, Par Pharmaceutical Companies, Inc, pSivida Limited, Starpharma Holdings Limited, Dendritic Nanotecnologias, Inc., Starpharma Pty. Ltd., e Wyeth Pharmaceuticals, Inc.

No setor cosmético, estão presentes há mais de 10 anos dois tipos fundamentais de nanoestruturas. Esta diferenciação torna-se importante, uma vez que as indicações dos produtos cosméticos e sua segurança são muito diferentes. As nanopartículas são divididas, segundo comissão européia para avaliação de segurança de cosméticos, em lábeis e não lábeis. Fazem parte das partículas lábeis aquelas que se desintegram, degradam ou dissolvem no organismo ou no meio ambiente. Entre elas, temos lipossomas, nanocápsulas e nanopartículas lipídicas. As partículas não lábeis são formadas por materiais insolúveis, como metais, carbono e óxidos metálicos. Estas partículas têm menos de 100 nm de tamanho e são usadas basicamente em fotoprotetores. Sua segurança vem sendo questionada mundialmente. Existem poucos produtores destas partículas. Assim, não inclui na discussão do panorama do setor este tipo de produto.

Os dados obtidos nas fontes disponíveis indicam que, em relação ao Mercado Brasileiro, o cenário de aplicações da nanotecnologia em fármacos e cosméticos é bastante incipiente e poucos dados estão disponíveis. Até o momento é possível identificar produtos importados de base nanotecnológica, comercializados no Brasil,

---

[78] www.nanomarkets.net Acesso em 24/07/2010.

[79] http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=08590 Acesso em 24/07/2010.

[80] http://www.companiesandmarkets.com/print-friendly-nanomedicine-155295.aspx Acesso em 24/07/2010.

como por exemplos lipossomas peguilados de vários Laboratórios estrangeiros, a saber: Ambisome®, Dalnoxome® e Doxyl®.

A Indústria Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos apresentou um crescimento médio deflacionado composto de 10,6% nos últimos 13 anos[81][82]. Além disso, passou de um faturamento *"ExFactory"*, líquido de imposto sobre vendas, de R$ 4,9 bilhões em 1996 para R$ 21,7 bilhões em 2008. Vários fatores têm contribuído para este excelente crescimento do setor, dentre os quais destacamos a utilização de tecnologia de ponta e o conseqüente aumento da produtividade, favorecendo os preços praticados pelo setor. Os preços deste setor têm aumentos menores do que os índices de preços da economia em geral, fato que, somado aos lançamentos constantes de novos produtos, atendem cada vez mais às necessidades do mercado (ABIHPEC). O Brasil é o terceiro mercado mundial de cosméticos, perdendo apenas para os EUA e Japão. Segundo a revista Cosmetics and Toileteries, o crescimento previsto para o ano de 2009 deve ser entre 7 e 10 % para o setor de higiene e beleza, incentivado pelo aumento no acesso e consumo à tecnologia de ponta.

Segundo artigo publicado pela Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos[83], "As aplicações da nanociência estão beneficiando praticamente todas as áreas do conhecimento, portanto, as nanotecnologias são um novo paradigma a ser absorvido por inúmeros profissionais. Atualmente, porém, o âmbito dessa ciência é muito mais acadêmico, restrito à pesquisa dentro das universidades brasileiras. Em nosso país, a maioria dos profissionais que atuam em nanotecnologia encontra-se na universidade, mais especificamente, na pós-graduação (mestrado e doutorado)".

Atualmente, as empresas Natura e Boticário já investem no setor nanotecnológico. Porém estas empresas ainda buscam oportunidades de terceirização e desenvolvimento, por não possuírem recursos humanos em número hábil para desenvolver novos produtos. Tivemos, mais recentemente, o lançamento de um fotoprotetor nanotecnológico pela empresa Cosmiatric, desenvolvido em parceria com a UFRGS e com fomento FINEP. A primeira patente de nanocápsulas é da empresa L´Oréal e expira já em 2011. A empresa Anna Pegova possui patente de nanocristais, presentes em sua linha de produtos. Já os lipossomas, conhecidos desde a década de 80, estão presentes em uma serie de produtos cosméticos nacionais e importados.

Em trabalho de levantamento de mercado[84] foram encontradas 15 empresas produtoras de cosméticos contendo nanoestruturas no Brasil e 7 importadoras. Foram identificados 42 produtos fabricados no Brasil e 32 importados.

Em relação a empresas produtoras de insumos nanotecnológicos, encontramos grande número de empresas no exterior. Algumas delas entram no mercado brasileiro através de importadoras, que fracionam em pequenas quantidades e distribuem para farmácias de manipulação e pequenas indústrias. Entre os produtos industrializados, foram

---

[81] Anuário ANIHPEC 2009. Em http://www.abihpec.org.br/dadosdomercado.php?parametro=6 Acesso em 24/07/2010.
[82] http://www.abihpec.org.br/dadosdomercado_dados_mercado.php. Acesso em 24/07/2010.
[83] http://www.abihpec.org.br/ Acesso em 24/07/2010.
[84] FRONZA, T.; GUTERRES, S. S.; POHLMANN, A. R.; TEIXEIRA, H. *Nanocosméticos: em direção ao estabelecimento de marcos regulatórios* (Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007).

encontradas partículas realmente nanométricas em 12 produtos[85]. Já para os insumos importados e fracionados no Brasil, a maioria dos produtos analisados não era nanométrico ou apresentava varias populações de tamanho indicando heterogeneidade da formulação.

A falta de metrologia para determinar o que realmente é nanotecnológico e a falta de regulamentação do setor cosmético faz com que o real panorama do setor seja desconhecido. Muitas das empresas que dizem usar nanotecnologia, na realidade, não a usam. Por outro lado, empresas com patentes internacionais de nanopartículas não citam seu uso no rotulo.

Como oportunidade para as empresas que realmente produzem nanocosméticos está a regulamentação do setor, com a criação de normas técnicas e resoluções da ANVISA para registro destes produtos. Atualmente não há nenhum tipo de controle sobre a denominação *nano*. As oportunidades existem para produtores de nanopartículas de diversos tipos, incluindo as não lábeis. Para estas empresas, a segurança dos produtos cosméticos deve ser prioridade, assim como a comprovação da presença de estruturas nanométricas e da melhora do efeito cosmético do produto em relação a cosméticos convencionais. Existe, também, oportunidade para empresas que trabalhem com a caracterização deste tipo de sistema, com controle de qualidade e desenvolvimento. Hoje o serviço de caracterização de partículas nanométricas está presente somente em universidades.

2.5 Automobilístico

Os desenvolvimentos em nanotecnologia, especialmente os relacionados à indústria petroquímica (ver tópico 1.2.2. acima), são certamente de grande impacto na indústria automobilística na redução de peso e melhoria de acabamento superficial de partes plásticas, além de demais ganhos em termos do desenvolvimento de novos catalisadores para oxidação de monóxido de carbono ou eletrônica embarcada, por exemplo.[86] De fato, a indústria automobilística é considerada como altamente inovadora, com taxas de inovação superiores à média das indústrias locais em todo o mundo.[87]

Porém, ainda que haja grande expectativa sobre ganhos no setor, pouca informação foi identificada a respeito de produtos reais ou mesmo em desenvolvimento dentro das grandes empresas. O Relatório sobre o setor automotivo da ABDI[87] destaca que o perfil de investimento em produtos inovadores de empresas consolidadas (Volkswagem, Fiat) é de investir especialmente em desenvolvimento de motores, sendo que outros produtos (materiais, peças, etc) são desenvolvidos por fornecedores. Ainda, as novas empresas no Brasil (como Peugeot e Honda) não tem nenhuma estrutura significativa de desenvolvimento local.

---

[85] Inventiva Nanotecnologia. Relatório Interno.

[86] ANFAVEA – Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores. *Indústria Automobilística Brasileira – 50 Anos.* Em www.anfavea.org.br. Acesso em 24/07/2010.

[87] ABDI – Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Estudos Setoriais de Inovação: Setor Automotivo*, 2008. Em www.abdi.com.br Acesso em 24/07/2010.

Assim, como vários dos desenvolvimentos em nanotecnologia pretendidos para o setor correspondem a partes do veículo, normalmente produzidas por fornecedores, não se pode identificar facilmente desenvolvimentos específicos para o setor. Deve-se notar que, no entanto, estes fornecedores desenvolvem, em parte, nanotecnologia. Como exemplo, empresas transformadoras de polímeros com fornecimento regular para a indústria automobilística relatam comercialização de peças nanocompósitas para automóveis, como é o caso da Plásticos Muller.[88]

2.6 Aeronáutica e defesa

O setor aeroespacial, pela elevada multiplicidade de tecnologias em seus produtos, sejam aeronáuticos, de defesa ou espaciais, leva a que determinadas nanotecnologias se apliquem aos três segmentos, muitas delas por sua vez permeáveis com outros setores.

O segmento aeronáutico no Brasil caracteriza-se principalmente como uma grande indústria integradora com domínio tecnológico do produto como um todo[89], e até o momento como nas outras similares internacionais, não há relato de nenhuma nanotecnologia já aplicada e nem expectativa do surgimento de fornecedores de nanotecnologia para o segmento no Brasil. Apesar do possível impacto proveniente do desenvolvimento de novos materiais mais leves e resistentes, estas tecnologias não foram inicialmente citadas como potencialmente impactantes – provavelmente pelos critérios de segurança envolvidos, que demandam extensa comprovação das possíveis falhas. Assim, possivelmente o setor será importador, num primeiro momento, e as nanotecnologias envolvidas deverão ser associadas ao desenvolvimento de novos sistemas eletrônicos, principalmente.

Face ao longo ciclo de desenvolvimento de produtos aeronáuticos (nível 7 de prontidão tecnológica) prevê-se uso de insumos nanotecnológicos ao redor de 2020. Entretanto, nos segmentos de defesa e espacial ocorrem perspectivas de aplicação de nanotecnologias originadas no país.

Como exemplo, a primeira tecnologia desenvolvida no país, e já aplicada em um produto é um filme lubrificante de DLC (*diamond like carbon*) de mecanismos rotativos do satélite Amazônia, atualmente em testes no LIT do INPE, pertencente a área de nanomateriais.

Na área de nanoeletronica, já são dominados sensores IR isolados (processos QWIP e QDIP) e respectivos matrizes de 100 elementos. Em andamento na área de nanomateriais, ocorre desenvolvimento de sensores a fibras nanoestruturadas a serem aplicados a NEMS (sistemas nano eletromecânicos) e MEMS (sistemas micro eletromecânicos) e atuadores de plasma.

---

[88] www.plasticosmuller.com.br Acesso em 24/07/2010.

[89] ABDI – Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Relatório Setorial: Indústria Aeronáutica*, 2009. Em www.abdi.com.br Acesso em 24/07/2010.

Como resultados, tem-se como expectativa obter como produto final na segunda metade da presente década (nível 6 de prontidão tecnológica), NEMS, MEMS e sistemas de sensores óticos.

2.7 Metal-mecânica

A indústria metal-mecânica depende de materiais estruturais nos quais, mesmo com o desenvolvimento de nanocompósitos, os metais ferrosos e não ferrosos ocupam um papel central. Assim, já há um setor bastante desenvolvido de aplicação de *coatings* para modificação superficial destes materiais, principalmente para endurecimento (diamante, TiN, entre outros) ou modificação de propriedades superficiais de adesão, por PVD (*physical vapour deposition*). Por suas características, estes produtos podem ser considerados em uma área da nanotecnologia. No entanto, este setor já é consolidado, com associações estabelecidas,[90] e aparentemente o setor não identificou seus produtos com termo nanotecnologia, visto que há poucas menções correlacionadas.[91] No entanto algumas empresas tem classificado especificamente seus desenvolvimentos em modificações de superfície como nanotecnologia, como é o caso da Nanox[92] – que comercializa um *coating* depositado quimicamente para aço – e da Clorovale[93], que comercializa *coatings* diamantados produzidos por CVD (*chemical vapour deposition*).

A industria Metal-Mecânica, de modo geral, durante as últimas décadas tem conseguido aprimorar a qualidade e funcionalidade de seus produtos através de otimizações construtivas em seus projetos. Atualmente, mesmo com a aplicação das mais avançadas ferramentas de projetos, como softwares de simulação, tem se defrontado com a limitação no desempenho possíveis de serem obtidos com os materiais tradicionais, mesmo em se tratando de melhorias incrementais, quanto mais no que se refere a mudanças radicais. Tendo em vista as necessidades mercadológicas no sentido se buscar melhorias cada vez mais acentuadas, de qualidade e eficiência, e simultaneamente reduzir-se os preços e consequentemente os custos de matéria-prima e de produção, a aplicação de materiais "nobres" de alto custo ou difícil processamento, torna-se economicamente inviável para uma industria competitiva, principalmente no mercado global.

Porém, deve-se notar que este setor é dominado por grande número de empresas processadoras de material e que, portanto, não desenvolvem em grande escala novos materiais – onde subentende-se que estratégias nanotecnológicas seriam mais impactantes. Assim, pode-se considerar que estas empresas absorveriam nanotecnologia como compradores, não como desenvolvedores. Há expectativa de

---

[90] ABTS - Associação Brasileira de Tratamento de Superfícies, http://www.abts.org.br/ Acesso em 24/07/2010.

[91] ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais / Divisão de Tratamentos de Superfície. Em http://www.abmbrasil.com.br/div-tecnicas/divisoes.asp?codigo=24. Acesso em 24/07/2010

[92] www.nanox.com.br. Acesso em 24/07/2010

[93] www.clorovale.com.br. Acesso em 24/07/2010

novos produtos para um futuro próximo, porém sem claros desenvolvimentos palpáveis no momento.[94]

2.8 Agricultura e Alimentos

O setor agrícola é tradicionalmente considerado de baixa densidade tecnológica e, de fato, fatores como preço e oscilações econômicas afetam de forma significativa este mercado, muitas vezes acima de outros setores. No entanto, considerar o setor como de baixa densidade tecnológica é comumente um erro: o desenvolvimento em pesquisa agropecuária é reconhecidamente um diferencial de paises como o Brasil, que apresenta produtividades acima da média mundial, liderando em vários ramos produtivos.[95] Neste cenário ainda há poucos desenvolvimentos listados para o setor relacionados à nanotecnologia, porém, avaliação da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)[96] considera a nanotecnologia como uma das mais fortes tendências da pesquisa agropecuária para a próxima década. Também, a profissionalização do setor (com a expansão da agroindústria) facilita que haja a inclusão de novas tecnologias e fomento a novos desenvolvimentos.[97]

Porém, apesar dos cenários motivadores, há pouca informação mesmo no cenário mundial sobre produtos aplicados. A análise dos produtos inventariados pelo PEN[6] indica que menos de 10% dos produtos listados correspondem a aplicações em agricultura e alimentos, incluindo tecnologias para embalagens. Há a expectativa de aumento de produtos principalmente para a indústria alimentícia, principalmente nas áreas de aditivos para textura, aromas e sabor. No entanto, esta área sofre da dificuldade normativa, que faz com que vários produtos sejam anunciados porém não lançados.[98]

De forma geral, os produtos inventariados seguem o padrão de alto valor agregado, sendo que os produtos concentram-se em suplementos alimentares, aditivos nutracêuticos e aditivos de sabor tipicamente associados à saúde – como o *nano-sal*, produto proposto para redução do teor de sal nos alimentos sem perda de sabor, ou aditivos texturizantes para redução do teor de gorduras em alimentos processados.[99] Neste último tópico encontra-se um dos únicos exemplos identificados de produto

---

[94] SABBATINI, R. (Coord.) **Perspectivas do investimento em mecânica**. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 252 p. Relatório integrante da pesquisa "Perspectivas do Investimento no Brasil", em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: http://www.projetopib.org/?p=documentos . Acesso em 10 out. 2009.

[95] IBGE. Censo Agropecuário 2006 – Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 2009.

[96] EMBRAPA. Secretaria de Gestão e Estratégia. V Plano-Diretor da Embrapa: 2008-2011-2023./Brasília, DF, Embrapa 2008. 44 p.

[97] ABDI – Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial. *Relatório Setorial: Agroindústria*, 2009. Em www.abdi.com.br Acesso em 24/07/2010.

[98] WILKINSON, J. (Coord.). **Perspectivas do investimento no agronegócio**. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 306 p. Relatório integrante da pesquisa "Perspectivas do Investimento no Brasil", em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: http://www.projetopib.org/?p=documentos . Acesso em 13 jan. 2010.

[99] FAO/WHO [Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization]. 2009. FAO/WHO Expert Meeting on the Application of Nanotechnologies in the Food and Agriculture Sectors: Potential Food Safety Implications: Meeting Report. Rome. 104pp

nanométrico liberado para uso em alimentos, uma forma de licopeno sintético cujas propriedades incluiriam sua possível dispersão em suspensões aquosas sem necessidade de fração oleosa.[100]

Apesar do impacto de produtos em alimentos, nesta área o desenvolvimento em embalagens é significativamente mais importante. Três setores são identificados nos mercados, correspondendo a: novas embalagens com menor permeabilidade a vapores; embalagens sanitizantes; e embalagens com sistemas de rastreamento ou identificação visual.[99]

O mercado mundial de nanotecnologias para alimentos é estimado atualmente em USD 400 milhões (2006) (processamento de alimentos – US$100 milhões; ingredientes para alimentos – US$100 milhões; embalagens para alimentos – US$210 milhões). Sugere-se que já há cerca de 400 produtos associados a alimentos / agricultura sendo comercializados mundialmente[101,102,103,104,105,106], porém ainda com grande concentração no setor de embalagens. No Brasil, são identificadas algumas empresas comercializando principalmente materiais poliméricos com prata nanométrica, para sanitização externa e aumento do tempo de prateleira (pela redução da contaminação).[107,108] Não foram identificadas empresas atuando diretamente no setor de aditivos / complementos para alimentos.

Os dados destas fontes permitem identificar como produtos potencialmente impactantes no setor de alimentos a prata nanométrica, a sílica coloidal e a titânia nanométrica – estes últimos já são liberados, nas suas formas *bulk*, como aditivos alimentares (GRAS SiO_2 INS 551 e TiO_2 INS 171)[109] – alem de aditivos alimentares possivelmente já utilizados como íons solúveis, como nano-selênio, nano-cálcio, nano-magnésio e nano-ferro.

No setor agrícola, de forma mais geral, são identificadas tecnologias principalmente no setor de defensivos agrícolas, com algumas tecnologias em fertilizantes. Os produtos comercializados em defensivos restringem-se a nanocápsulas para liberação controlada ou retardada do princípio ativo (o pesticida *per se*). Estão nesta categoria

---

[100] EFSA (European Food Safety Authority). 2008. Opinion: Safety of synthetic lycopene: Scientific Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (Question No EFSA-Q-2007-119), Adopted on 10 April 2008.

[101] Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M.Y., Hagens, W.I., Bulder, A.S., de Heer, C., ten Voorde, S.E.C.G., Wijnhoven, S.W.P., Marvin, H.J.P. & Sips, A.J.A.M. 2009. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. Reg. Toxicol. Pharmacol., 53: 52–62.

[102] Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Aitken, R. & Watkins, R. (2008) *Applications and implications of nanotechnologies for the food sector*. **Food Add. Contam**., 25(3): 241–258.

[103] Food Safety Authority of Ireland. 2008. The relevance for food safety of applications of nanotechnology in the food and feed industries. Dublin, Food Safety Authority of Ireland. 88 pp.

[104] Groves, K. 2008. *Potential benefits of micro and nano technology for the food industry: does size matter?* **New Food Mag**., 4: 49–52.

[105] Kuzma, J. & VerHage, P. 2006. Nanotechnology in agriculture and food production: anticipated applications. Project on Emerging Nanotechnologies. Washington DC, Woodrow Wilson International Center for Scholars, September 2006

[106] Morris, V. J. 2008. *Nanotechnology in the food industry*. **New Food Mag**., 4: 53–55

[107] www.resarbras.com.br. Acesso em 24/07/2010

[108] www.clariant.com.br. Acesso em 24/07/2010

[109] FDA – Food and Drug Administration. GRAS – Generally Regarded as Safe list. www.fda.org. Acesso em 24/07/2010

principalmente herbicidas, onde a alegada vantagem estaria na liberação direcionada do princípio ativo e sua proteção contra intempéries. No Brasil, foram identificadas duas linhas de produtos comercializados pela Syngenta, Karate Zeon e Primo Maxx,[110] que aparecem em relatórios de outras organizações[111] como "nanotecnológicos", porém não há no *datasheet* de ambos produtos nenhuma menção ao termo "nano".

Em fertilizantes são identificados alguns produtos, porém não há informação técnica clara que permita avaliar se os produtos pretensamente denominados poderiam realmente ser classificados como "nanos". A Agrichem do Brasil comercializa compostos de micronutrientes que provavelmente, pelos processos descritos de moagem, apresentam nanopartículas.[112] No entanto a empresa não advoga até o momento esta classificação. De forma geral, os produtos nesta área apresentam estas duas características, o que dificulta a avaliação deste mercado no Brasil.

No caso pecuário, não são identificadas tecnologias significativas. Porém, há uma expectativa grande da entrada de fármacos veterinários nanoencapsulados no mercado, o que pode ser claramente impactante.

3. Novos negócios: Programas de Incubação e Pequenas Empresas

Um setor que deve ser considerado à parte na análise de mercado em nanotecnologia no Brasil refere-se aos novos negócios e empresas inovadoras. Um movimento específico de grande importância é o de incubação de empresas, que vem se afirmando continuamente nos últimos anos. Segundo a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec), no seu levantamento sobre empresas incubadas no Brasil em 2006,[113] houve crescimento de 20% no movimento em relação ao ano de 2005, com cinco novos parques tecnológicos em operação neste ano – em cinco anos o movimento de incubação cresceu mais de 300%. Em 2004 o número de Parques Tecnológicos era 39. Em 2005 esse número aumentou para 45, e para 2006 prevê-se mais de 52 parques, em projeto, implantação e operação. A taxa de mortalidade das empresas geradas em incubadoras é de 20%, sendo que 70% dos negócios gerados pelas empresas são de base tecnológica. O faturamento em 2004 das empresas graduadas foi de R$ 1.200 milhões, subindo em 2005 para R$ 1.500 milhões.

Uma característica recorrente em muitas incubadoras é a presença de várias empresas ao redor de um mesmo tema. De fato, novos negócios em nanotecnologia no Brasil são identificados na sua maioria em incubadoras de empresas associadas a universidades com tradição no tema. Esta é uma característica provavelmente associada ao caráter técnico dos novos negócios, ou seja, dependem de competências específicas que podem ser obtidas nas zonas de formação dos empresários envolvidos.

---

[110] www.syngenta.com.br. Acesso em 24/07/2010

[111] ETC Group. *Down On The Farm – The Impact of Nano-Scale Technologies on Food and Agriculture*, 2004. Em www.etcgroup.org. Acesso em 24/07/2010

[112] www.agrichem.com.br. Acesso em 24/07/2010

[113] http://www.anprotec.org.br/secaopanorama.php Acesso em 24/07/2010

Entre estas, no sistema de incubação de empresas da UFMG[114] as atividades em nanociência / nanotecnologia são intensas e pode-se encontrar exemplos de empresas que nasceram da interação professor-orientador/alunos em atividades de pesquisa diversas. Estas empresas são casos de desdobramento (*spin off*) da pesquisa acadêmica de cunho aplicado para a geração de inovação de interesse de mercado. São casos ilustrativos:

A Nanum[115] foi criada por professores e alunos da UFMG e apoiada por empresas mineiras. Nasceu em 2003 como uma pequena empresa de prestação de serviços, ligada ao Laboratório de Materiais Nanoestruturados da UFMG, sob coordenadoria da Prof. Dra. Nelcy Della Santina Mohallem, visando aproximar conhecimentos gerados na universidade com empresas. Com intuito de crescer e se transformar em uma indústria focada na produção de matérias primas na escala nanométrica associou-se em 2005 ao Instituto Inovação S/A, que na época se apresentava como uma aceleradora de empresas de base tecnológica e montaram a Nanum Nanotecnologia LTDA, oficialmente considerada uma empresa *spin-off* do laboratório coordenado pela Profª Nelcy Mohallem na UFMG. A empresa consolidou-se inicialmente mediante projetos de fomento. Recebeu um projeto do CNPq em 2006 para a incubação da empresa (R$ 125.000,00) e um projeto RHAE em 2006 com três bolsas. A equipe também conquistou um projeto da FAPEMIG em 2009, doutor na empresa, onde contratou um doutor e ganhou um equipamento de adsorção gasosa. Todo este movimento possibilitou, por um período de dois anos a avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de óxidos metálicos nanoparticulados. Com o sucesso do estudo a Nanum buscou novos parceiros para a construção de sua planta industrial e de sua evolução gerencial e comercial. Em junho de 2008 transformou-se na Nanum Nanotecnologia S/A, tendo como um dos principais acionistas a Clamper Indústria e Comércio S/A. A Nanum é uma indústria de óxidos metálicos nanoparticulados, utilizados como insumos ou aditivos para produtos de outras indústrias. Também produz e comercializa produtos manufaturados por tais insumos.

A CeelBio[116] é uma empresa pré-incubada, desenvolvedora de projetos customizados para produção de pós, suspensões, fitas e filmes de zircônia, alumina e biomateriais. Os mercados visados são o siderúrgico, automotivo, odontológico entre outros. A empresa busca atender o mercado nacional de materiais cerâmicos para fins energéticos e biológicos. A CeelBio é formada por uma equipe especializada em materiais cerâmicos, sendo constituída por mestres e doutores e coordenada por professores da UFMG.

A Verti Ecotecnologias[117] surgiu em 2004 como uma empresa desenvolvedora de tecnologias para solucionar problemas ambientais, com soluções alternativas às propostas de descarte, incineração e co-processamento existentes. Atualmente a empresa trabalha com projetos envolvendo nanotecnologia, como produção de nanotubos e nanofibras de carbono em argilominerais, i.e. vermiculita, para aplicações ambientais, e produção de nanodesemulsificantes magnéticos para a industria petrolífera, de biodiesel e tratamento de efluentes.

---

[114] http://www.inova.ufmg.br/portal/modules/wfchannel/. Acesso em 06/07/2010.
[115] http://www.nanum.com.br/. Acesso em 06/07/2010.
[116] http://www.inova.ufmg.br/portal/modules/wfchannel/index.php?pagenum=441. Acesso em 06/07/2010.
[117] http://www.vertiecotecnologias.com.br/. Acesso em 06/07/2010.

Outra rede de incubadoras com grande número de empresas trabalhando em nanotecnologia é a da UFRGS[118], onde identificam-se alguns casos ilustrativos:

A Tecnano Pesquisas e Serviços Ltda,[119] fundada em 2009, visa criar produtos inovadoras de alta tecnologia e prestar serviços direcionados para o agronegócio, prevenção sanitária e indústria farmacêutica. A Tecnano desenvolve sistemas de liberação de princípios ativos, baseado em nanotecnologia, para o mercado do agronegócio, prevenção sanitária e indústria farmacêutica. As nanofibras, ao se decomporem no solo, preferencialmente devem ser biodegradáveis e compostáveis, deixando o mínimo de produto residual no meio ambiente, proporcionando significativa redução no impacto ambiental.

A NODDtech[120] desenvolveu e está pronta para colocar no mercado um marcador de segurança criado com moléculas orgânicas luminescentes capazes de indicar a origem de determinado material pela cor que ele emite sob luz ultravioleta, a popular luz negra. Se um plástico qualquer for marcado com esse rótulo molecular, que contém partículas nanométricas e por isso é chamado de nanorrótulo, a embalagem fabricada a partir dele pode ser rastreada durante todo o seu ciclo de vida, inclusive após o descarte. Os nanorrótulos da Noddtech empregam moléculas luminescentes da classe das benzazolas – usadas para fazer a marcação de microorganismos em ensaios imunoflorescentes – com grupos reativos capazes de se ligar quimicamente ao substrato que está sendo "certificado" sob condições normais de processamento e produção. Essas moléculas são, em sua maioria, incolores sob luz normal, mas apresentam intensa emissão colorida quando sobre elas incide a luz negra. Elas foram desenvolvidas a partir de compostos estudados pelo Laboratório de Novos Materiais Orgânicos do Instituto de Química da UFRGS. Os nanorrótulos já foram testados, com sucesso, para marcação de tecidos (algodão e poliéster), plásticos (náilon, polipropileno e PVC, entre outros) e proteínas (albumina, pectina e amido). Atualmente está em fase de desenvolvimento a marcação e certificação de combustíveis e biocombustíveis.

A Jomon Indústria de Artefatos Cerâmicos Ltda[121] tem seus principais produtos produzidos à base de alumina, zircônia e mulita. Além da parte de produção, a empresa conta com um setor de pesquisa que tem como objetivo o desenvolvimento de novos materiais utilizando pós cerâmicos nanoparticulados com o objetivo de alcançar propriedades mecânicas diferenciadas. Como resultado desta pesquisa, a Jomon pretende oferecer a seus clientes um produto com propriedades mecânicas superiores ao que é encontrado hoje no mercado e também aumentar a gama de aplicações das cerâmicas.

Outras incubadoras e estudos de caso podem ser apresentados em diferentes universidades. Deve-se notar a concentração também nas incubadoras de São Carlos,[122] Campinas[123] e São Paulo, especialmente a associada à USP e IPEN, o

---

[118] http://www.ufrgs.br/hestia/conteudo/index.asp. Acesso em 06/07/2010.
[119] http://www.tecnano.com.br/ Acesso em 06/07/2010.
[120] http://www.noddtech.com/ Acesso em 06/07/2010.
[121] http://www.jomon.web301.kinghost.net/site/ Acesso em 06/07/2010.
[122] http://www.incubadora-saocarlos.com.br/index/ e http://www.parqtec.com.br/. Acesso em 06/07/2010.
[123] http://www.inova.unicamp.br/ Acesso em 06/07/2010.

CIETEC[124]. O Cietec é centro de incubação que concentra o maior numero de empresas incubadas (11 empresas) com atuação em nanotecnologia. As empresas associadas a estas incubadoras receberam vários apoios do Programa PIPE – FAPESP,[125] que é um caso pioneiro de programa de fomento exclusivo a empresas nascentes. O primeiro caso trabalhado pelo Programa PIPE referiu-se ao desenvolvimento de um recobrimento diamantado em brocas odontológicas, pela empresa Clorovale,[126] caso este que pode ser descrito como uma aplicação nanotecnológica.

Segundo dados dos projetos apoiados pela FAPESP na linha PIPE,[127] foram apoiados 925 projetos ao todo nesta linha, sendo que 18 projetos continham uma menção explícita a nanotecnologia (2% do total). Este percentual aproxima-se do observado em outras linhas de fomento da FAPESP (Projetos Jovens Pesquisadores: 19 projetos em nanotecnologia de 966 apoiados; e Projetos Temáticos: 29 de 1356). A exceção refere-se aos Projetos Políticas Públicas (1 de 377) e Projetos de Auxílio Regular (9 de 16525), onde a não adequação do tema no primeiro caso, e a antiguidade da linha no segundo caso justificam a baixa representatividade. Porém, um caso em particular – a linha de Projetos PITE, destinada a empresas de maior porte e com contrapartida obrigatória do solicitante – deve ser ressaltado: não houve nenhum projeto aprovado em nanotecnologia nesta linha (de 141 projetos aprovados), mostrando que na sua maioria os projetos em nanotecnologia correspondem a idéias nascentes, ao menos no âmbito da FAPESP.

Entre os temas apoiados pela FAPESP na linha PIPE foram identificados na base de dados, organizados pelas empresas solicitantes, projetos sobre: argamassas modificadas com nanocompósitos; desenvolvimento e otimização de processo de coagulação de nanocompósitos de borracha natural e argilas não-modificadas para produção em escala comercial; desenvolvimento da aplicação de argilas nacionais para obtenção de nanocompósitos poliméricos segundo processo coloidal (Orbys Desenvolvimento de Tecnologia de Materiais Ltda); desenvolvimento de pigmentos inorgânicos nanométricos e submicrométricos (ICRA - Produtos para Cerâmica Ltda); preparação de nanopartículas de TiO_2 com núcleo magnético para purificação de água (Supra Nano Consultoria em Química Ltda); desenvolvimento de hidrotermal-microondas para síntese de óxidos nanoestruturados (Inove Produtos e Tecnologia Ltda – ME); desenvolvimento de um elemento sensor de umidade à base de óxido de tântalo (Sencer Desenvolvimento de Sensores Cerâmicos Ltda); nanocompósitos argila organifílica/borracha - NAOB (Indústria de Artefatos de Borracha Esper Ltda); produção de vacina gênica em nanoestrutura lipossomal para a tuberculose (SMF Bioplus Desenvolvimento Pesquisas Tecnológicas Químicas Ltda EPP); filmes com propriedades catalíticas para pistões automotivos fase I e fase II (Nantex Nanotecnologia Experimental Ltda); montagem de uma unidade de demonstração para obtenção de óxido de zinco: nanotecnologia (Uniex Indústria Química Ltda); produção de sistemas de membranas de polissulfona e de membranas de polissulfonas nanocompósitas de micro e ultrafiltração para tratamento de água para fins potáveis (Ambihidro Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos Ltda. – ME); estudo de

---

[124] http://www.cietec.org.br/ Acesso em 06/07/2010.
[125] http://www.fapesp.br/materia/58/pipe/pipe.htm. Acesso em 06/07/2010.
[126] http://www.cvdentus.com.br/ Acesso em 06/07/2010.
[127] http://www.pesquisaapoiada.fapesp.br/pipe/index/ Acesso em 16/05/2010.

viabilidade técnica do uso de partículas (Schiemann Pesquisas Químicas Ltda); desenvolvimento de nanocompósitos de nanografite ou grafite expandida com polipropileno (Nanopol Inovação e Pesquisa de Compósitos Poliméricos Ltda); ganho de escala na produção de violaceina para uso como antimalárico (Caballero Consultoria em Tecnologia Cientifica Ltda. – ME); nanopartículas luminescentes para aplicação como marcadores biológicos (LuminTech Marcadores Ópticos Ltda) pesquisa sobre a viabilidade da adição de nanocargas em vernizes, resinas e esmaltes eletro-isolantes (CHEM4U Consultoria e Assessoria Empresarial Ltda).

Nota-se desta listagem que os projetos estão distribuídos na sua maioria entre empresas diferentes, com poucos casos nos quais uma mesma empresa aparece com mais de um projeto; e também, que o desenvolvimento de materiais, principalmente de polímeros com nanocargas, é o tema dominante. Porém, deve-se ressaltar que estes dados correspondem ao intercruzamento de palavras chave típicas a área de nanotecnologia, e a projetos mais recentes cadastrados na base com titulo e resumo. Assim, projetos mais antigos e sem menção direta a termos associados a nanotecnologia não aparecem, podendo distorcer esta análise. No entanto, como panorama inicial, estes dados permitem apreciar a constituição de novos negócios em nanotecnologia no Brasil.

4. Gestão do Conhecimento em Nanotecnologia: Propriedade Intelectual

Tal como já é conhecido, a Propriedade Intelectual é um conjunto de princípios e de normas que regulam a aquisição, o exercício e a perda de direitos e de interesses sobre ativos intangíveis diferenciadores (Propriedade Industrial e Direitos Autorais) suscetíveis de serem utilizados na produção econômica de bens e de serviços. A Propriedade Industrial é composta de sub-áreas correspondentes às prerrogativas exclusivas do INPI. A Patente é uma concepção resultante do exercício da capacidade inventiva do homem que representa uma solução para um problema técnico específico dentro de um determinado campo tecnológico, promovendo assim um "avanço tecnológico". Juridicamente, trata-se de um instrumento legal concedido pelo Poder Executivo do Governo Federal com a intenção de encorajar a inovação oferecendo "monopólio" de exploração comercial limitado no tempo e no espaço ao inventor em troca da publicação dos segredos de sua invenção. Evidencia-se da literatura técnica especializada também a importância das Patentes no cenário econômico, destacando-as como variável de essencial ao desenvolvimento econômico conforme provado em Nordhauss[128] e Lévêque[129]. Detalhes preliminares a respeito do custo da Patente Invenção ao longo de vinte anos e em pelo menos dez países, incluindo o Brasil, considerando taxas administrativas, custo com escritórios de agentes da propriedade industrial, e um *survey* a respeito da história da Propriedade Industrial no Brasil e no mundo citando os principais tratados internacionais e também sobre a legislação

[128] Nordhauss, W.D. "INVENTION, GROWTH AND WELFARE – A HEORETICAL TREATMENT OF TECHNOLOGICAL CHANGE". MIT press. 1969.
[129] Lévêque, F.; Ménière, Y. "THE ECONOMICS OF PATENTS AND COPYRIGHT". The Berkeley Electronic Press. July, 2004.

brasileira no setor, pode ser encontrado em Tredinnick[130].

Em Scheu[131] um estudo realizado pelo EPO a respeito de patentes de nanotecnologia na Europa informa a criação do "Working Group on Nanotechnology" (NTWG) consistindo de examinadores de patente de diferentes áreas, escolhidos dentre 3.500 examinadores do EPO, buscando refletir sobre uma definição a respeito de nanotecnologia, definir uma classificação tecnológica precisa especificamente para nanotecnologia e monitorar a evolução das tendências patentárias no setor. Buscas envolvendo uma numerosa diversidade de palavras-chave em resumos e "full-text" foi realizada. Os resultados apresentados evidenciam um substancial aumento dos depósitos de patentes no mundo e resultados obtidos, de forma mais precisa, no presente documento confirmam essa tendência.

Bastani[132] realiza uma revisão a respeito dos vários tipos de proteção em Propriedade Intelectual e cita os investimentos crescentes dos EUA em Nanotecnologia que foram em 2000 cerca de US$ 270 milhões, em 2001 foram US$ 422 milhões e em 2002 foram US$ 519 milhões. Neste trabalho, diversas áreas de aplicação da Nanotecnologia se destacam segundo o autor como sendo: eletrônica molecular, sensores, aeroespacial, nanomedicina e meio-ambiente. O autor também cita as Patentes como sendo a única forma segura de proteção de pequenas e médias empresas contra contrafações cometidas por grandes empresas. Lemley[133] investigou publicações de patentes nos EUA, de 2001 a 2004, e não apenas verificou que houve um expressivo aumento nos depósitos de invenções relacionadas à Nanotecnologia, mas interpreta as patentes de Nanotecnologia como muito mais importantes do que as de outras áreas devido a fatores como: a) corresponderem a monopólios temporários que pertencem a um mercado trilhonário nascente, b) serem "building blocks", i.e., cada invenção garante conectividade a outras invenções de forma quase completamente encadeada em suas devidas sub-áreas e assim, uma vez vinculadas às patentes, promovem mercados monopolistas proprietários intercalados não somente duradouros bem como com vasto poder de amplitude tecnológica considerada, c) pelo seu elevado grau multidisciplinar a Nanotecnologia possui Patentes que muitas vezes interessam indústrias de diversas áreas aquecendo mais do que qualquer outro segmento iniciativas de transferência de tecnologia via licenças e/ou cessões de direitos patentários.

ETC Group[134] alerta que os detentores das patentes sobre Nanotecnologia dominarão os mercados do século 21, principalmente devido ao grau multidisciplinar das mesmas. Assim, evidencia-se que a "corrida" será pelo controle dos monopólios gerados pelas patentes frente a este colossal mercado, visto que o controle e a

---

[130] Tredinnick, M.R.A.T.; Loureiro, S.M.N.A.; Braga, E.J. "PATENT: IMPORTANCE AND INVOLVED COSTS". Proceedings of 20th International Congress COBEM, 15-20/novembro de 2009

[131] Scheu, M.; Veefkind, V.; Verbandt, Y.; Galan, E.M.; Absalom, R.; Foster, W. "MAPPING NANOTECHNOLOGY PATENTS: THE EPO APPROACH". World Patent information, n.28, p. 204-211. 2006.

[132] Bastani, B.; Fernandes, D. "INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN NANOTECHNOLOGY". Information Technology Journal, Vol. 4. Issue 1. Pg. 69-74. 2005.

[133] Lemley, M.A. "PATENTING NANOTECHNOLOGY". Stanford Law School, working paper n. 304. Junho de 2005.

[134] ETC Group. "NANOTECH'S 'SECOND NATURE' PATENTS: IMPLICATIONS FOR THE GLOBAL SOUTH". ETC Group Report. Números 87 e 88. Canadá, Março-abril e maio 2005.

apropriação da Nanotecnologia é um "assunto vital" para todos os governos e a sociedade civil, porque nanomateriais e processos de fabricação dos mesmos, por exemplo, poderão ser aplicados a qualquer bem manufaturado através de todos os setores industriais. Tal como explicado nesta referência, alguns especialistas especulam que as nanotecnologias poderão, em certa medida, atender às principais necessidades de países pobres, mas num mundo dominado pela "ciência proprietária" serão os detentores das patentes e os que puderem pagar pelos contratos de transferência de tecnologia que determinarão os preços e os devidos acessos a essas novas tecnologias, respectivamente. Neste mercado nanotecnológico os principais atores ("players") serão: grandes multinacionais e laboratórios acadêmicos líderes. O documento informa ainda que, em todo o mundo, as indústrias e governos investiram em 2004 cerca de US$ 10 bilhões em P&D e que dois terços deste investimento foi proveniente da iniciativa privada. Estima-se também que existam (até 2005) 1200 empresas iniciando em Nanotecnologia sendo que quase a metade delas nos EUA. Um estudo do MIT prevê que produtos envolvendo Nanotecnologia renderão mais de US$ 500 bilhões a partir de 2008, com tendências futuras indicando pleno crescimento e há uma previsão do governo Norte-Americano apontando que o mercado da Nanotecnologia terá um substancial crescimento (acima de US$ 1 trilhão) a partir de 2012. A Propriedade Intelectual decidirá, portanto, quem capturará este mercado de trilhões de dólares e quem terá acesso às tecnologias em nano-escala e a qual preço.

Apesar da pesquisa de documentos patentários não ter sido geral, apenas consultando as bases de dados do USPTO e da WIPO, foram detectadas diversas empresas líderes em patentes de nanotecnologia até 2005 tais como: 1) Canon, 2) IBM, 3) Silverbrock Research, 4) O Governo Norte-Americano, 5) Hitachi e 6) Seagate. O ETC Group (2005) alerta também que a propriedade intelectual (em especial, as Patentes) é o ativo intangível mais essencial às empresas iniciantes na Nanotecnologia, principalmente para aquelas que operam ainda sem produtos ou lucros, sendo o portfólio de Patentes de uma empresa o que "separará os vencedores dos perdedores". Resumidamente, tecnologias em nano-escala serão uma gigantesca plataforma estratégica para o controle global de materiais, alimentos, agricultura e saúde nos próximos anos e os monopólios temporários oferecidos pelas Patentes são a ferramenta poderosa e crucial para a realização desta estratégia.

Um levantamento mais detalhado das patentes na área é dado regularmente pelos Alertas Tecnológicos do INPI, de periodicidade semestral. Estes objetivam informar sobre os principais depositantes de patente em determinado setor e período de tempo, os países onde o primeiro depósito foi solicitado ("país de prioridade"), as áreas tecnológicas mais solicitadas e de divulgar títulos dos pedidos de patente publicados em centenas de países mediante consulta às bases de dados do INPI, Escritório Europeu de Patentes (EPO) e Escritório Norte-Americano de Patentes (USPTO). Os Alertas Tecnológicos do INPI podem ser obtidos diretamente do portal do INPI: www.inpi.gov.br. No Alerta Tecnológico do INPI (fevereiro/2009)[135] a pesquisa realizada sobre os documentos patentários do segundo semestre de 2008 cobriu os seguintes campos e classificações internacionais de Patentes: Eletrônica (H01L, H01J,

---

[135] ALERTA TECNOLÓGICO – PEDIDOS DE PATENTES SOBRE NANOTECNOLOGIA. Pedidos publicados no primeiro semestre de 2009. INPI, Diretoria de Articulação e Informação Tecnológica (DART) / Centro de Divulgação, Documentação e Informação Tecnológica (CEDIN) / Divisão de Estudos e Projetos (DIESPRO). Agosto de 2009.

G06N, G11); Opto-Eletrônica (G01, H01S); Medicina e Biotecnologia (A61, C12); Medição e Fabricação (G01, B01, B21, B23, B32B); Meio-Ambiente e Energia (C02F, H01M) e Nanomateriais (B01J, B81B, B82B, C01B, C01G, C03B, C03C, C04, C07, C08, C09, C22, C23C, C30). Neste Alerta Tecnológico identificou-se dentre 4.778 depósitos de patente de diversos países apenas 9 com prioridade brasileira, significando 0,18% do total e foram elencados os países e depositantes com o maior número de documentos, sendo liderados pelos EUA, Japão, China e Coréia do Sul, respectivamente na ordem de leitura, e as empresas líderes foram a Samsung Electronics (Coréia), Universidade de Tsinghua (China), Universidade da Califórnia (EUA), 3M (EUA), Elam Pharma (Irlanda) e Commissariat Energie Atomique (França), respectivamente nessa ordem de leitura. No Alerta Tecnológico do INPI (agosto/2009)[136] a pesquisa realizada sobre os documentos patentários do primeiro semestre de 2009 cobriu os mesmos campos e classificações internacionais de Patentes da pesquisa realizada em fevereiro/2009. Neste Alerta Tecnológico identificaram-se 30 depósitos brasileiros dentre 3.687, totalizando cerca de 0,82% do total, e foram elencados os países e depositantes com o maior número de documentos, sendo liderados pelos EUA, Japão, China e Coréia do Sul, respectivamente na ordem de leitura, e as empresas líderes foram Hon Hai (Tai Wan), Universidade de Tsinghua (China), Samsung Electronics (Coréia), 3M (EUA), Commissariat Energie Atomique (França) e MIT (EUA), respectivamente nessa ordem de leitura.

Foi feita uma pesquisa preliminar varrendo a faixa temporal de janeiro de 1970 até dezembro de 2009, a qual utilizou uma extensa lista de termos técnicos pertinentes à nanotecnologia e consultou uma centena de países utilizando o software EPOQUE.[137,138] Na pesquisa foram encontradas 16.610 referências patentárias (depósitos de patente e patentes concedidas) em todo o mundo de 1970 a 2009, sendo apenas 48 brasileiras, correspondendo a 0,288 % do total. A atividade patentária mundial no setor teve um grande salto entre 2000 e 2002, vindo de uma média anual de 250 para cerca de 1700 documentos patentários por ano, conforme verificado na Figura 1. A partir de 2002 tem sido percebido algo entre 1500 e 2000 documentos patentários novos anualmente e nesse período a curva pode dar uma falsa impressão de saturação, quando comparada com toda a série histórica. As diversas siglas que surgem na Figuras a seguir referem a: US – Estados Unidos, JP – Japão, CN – China, KR – Coréia do Sul, DE – Alemanha, GB – Reino-Unido e FR - França. Dentre centenas de países, estes sete são os líderes mundiais em patentes de Nanotecnologia, sendo responsáveis por 91 % do mercado mundial. Na Figura 2 temos uma comparação entre a quantidade de documentos US, JP, CN e KR na faixa de 1988 até 2009 (permitindo contemplar com folga o range de 20 anos de validade de uma Patente de Invenção, a partir da data de depósito, antes da mesma se tornar de "domínio público") e verifica-se um suave declínio para o JP a partir de 2004. Para a prioridade CN verifica-se que, de uma inexpressiva atividade patentária até 2001, atingiu um pico substancial em 2002 com 519 documentos, retornando para cerca de

---

[136] ALERTA TECNOLÓGICO – PEDIDOS DE PATENTES SOBRE NANOTECNOLOGIA. Pedidos publicados no segundo semestre de 2008. INPI, Diretoria de Articulação e Informação Tecnológica (DART) / Centro de Divulgação, Documentação e Informação Tecnológica (CEDIN) / Divisão de Estudos e Projetos (DIESPRO). fevereiro de 2009.

[137] BASE DE DADOS DO ESCRITÓRIO EUROPEU DE PATENTES (EUROPEAN PATENT OFFICE - EPO. Uso do software "EPOQUE Net", versão 3.11a, Copyright de Empolis GmbH.

[138] BASE DE DADOS DE PATENTES DO INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI): www.inpi.gov.br. Acesso em 24/07/2010.

100 documentos em 2003 e percebe-se um acréscimo progressivo até 2009. Também a partir de 2001 detecta-se um aumento substancial na atividade patentária de prioridade KR. Evidentemente, nada se compara à atividade patentária Norte-Americana (prioridade US) com 44% do total de patentes tal como mostrado na Figura 3 e cuja série histórica (ou temporal) está apresentada na Figura 2. O Brasil e demais países com alguma atividade patentária (pelo menos 1 documento) em Nanotecnologia foram todos incluídos juntos na legenda "Outros" na Figura 3. Conforme já falado supra, o Brasil detém apenas 0,288% das patentes no mundo. Naturalmente, convém lembrar que pedidos de Patente em sigilo, i.e., aqueles incluídos no período de 18 meses após o depósito, não estão sendo considerados na pesquisa porque os mesmos não vão para as bases de dados consultadas, e essa ausência desses dados seria, possivelmente, responsável pelo decréscimo no final da série histórica, o que não pode levar a erros de interpretação como uma suposição de declínio da atividade patentária mundial.

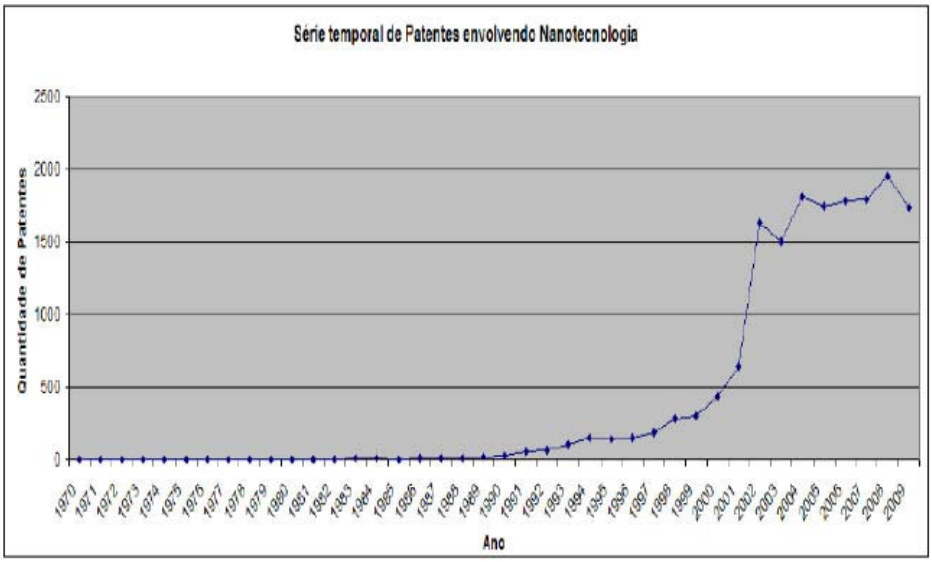

Figura 1 – Série histórica de patentes (1970 – 2009) com temas correlacionados a nanotecnologia.

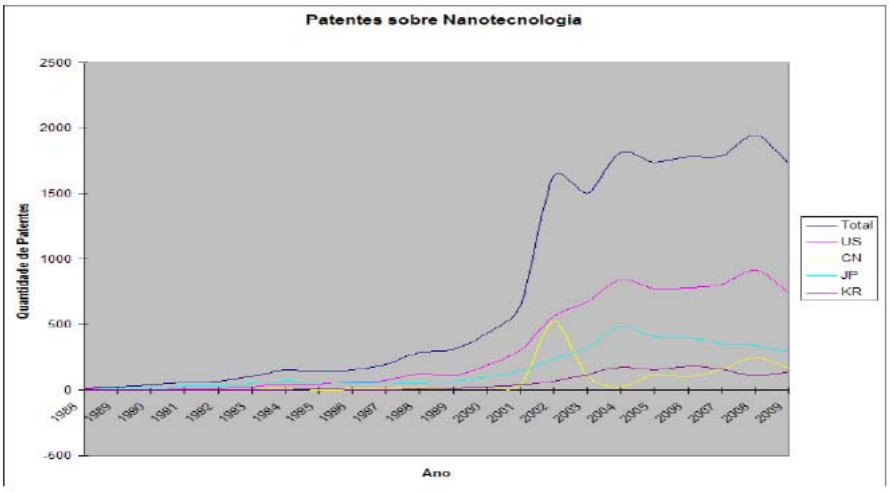

Figura 2 – Série histórica de patentes (1970 – 2009) com temas correlacionados a nanotecnologia, por paises depositantes.

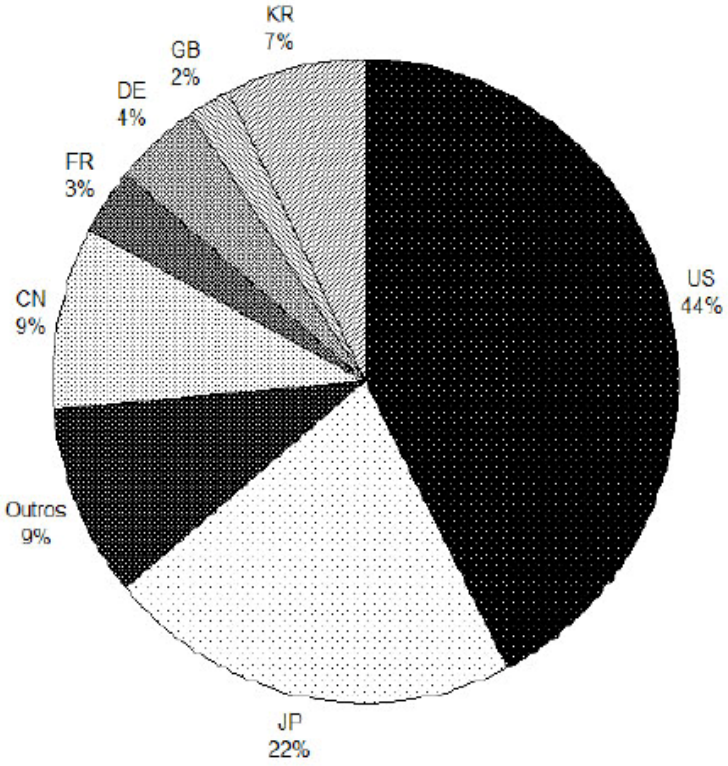

Figura 3 – Proporção de paises detentores de patentes sobre nanotecnologia.

5. Financiamentos

À parte dos financiamentos públicos destinados a infraestrutura de pesquisa, estruturação de grupos e formação de recursos humanos, devem ser observadas as

iniciativas de financiamento para o setor produtivo, liderados por BNDES e FINEP. Porém, algumas questões são levantadas por analistas de ambas as fontes, que devem ser levadas em conta:

- Os financiamentos do BNDES esbarram em casos como ausência de projetos qualificados e de empresas interessadas. Este problema aparece também nos financiamentos da FAPESP, onde alguns projetos conjuntos com empresas não atingem os valores disponibilizados;

- Problemas de ordem legal emperram a assinatura de contratos de parcerias entre ICTs e empresas, fazendo com que projetos não sejam executados. Negociações são problemáticas muitas vezes porque a propriedade intelectual é tratada de formas diferentes por empresas pequenas, grandes e universidades. Os atores não tem clareza sobre o que esperar de projetos conjuntos de desenvolvimento. A formação dos Núcleos de Inovação tecnológica em várias universidades (NITs) foi demandada para sanar essas deficiências, porém a estrutura dos NITs é muito desigual, dificultando o diálogo com o setor privado;

- Empresas pequenas, no modelo de financiamento adotado pelos financiadores públicos, tem pequeno risco. Porém, para financiadores privados e para financiamentos reembolsáveis, este cenário é diferente.

- De acordo com a Lei do Bem, 552 empresas submeteram pedidos de incentivo. Cerca de 441 conseguiram – as demais perderam por insuficiência de documentos[139]. Porém, a ANPEI avalia que esse recurso não vai para P&D.

- Fluxo de recursos: nem sempre a oferta de recursos (subvenção econômica, etc) é anual, porque os ministérios trabalham com diferentes formas de fomento. No caso de investimentos grandes em um ano nem sempre há demanda qualificada para recursos durante dois anos seguidos.

5.1. BNDES

O BNDES não dispõe de linhas de financiamento específicas para nanotecnologia, que é abordada no contexto mais amplo de sua Política de Inovação. O apoio à inovação pelo BNDES é realizado de forma direta, por meio do produto BNDES Finem, da subscrição de valores mobiliários ou dos dois produtos combinados.

No âmbito do BNDES Finem, três linhas de financiamento são voltadas à inovação: **Inovação Tecnológica**, **Capital Inovador** e **Inovação Produção**. As três linhas atendem a sociedades nacionais ou estrangeiras, desde que tenham sede e administração no País.

Com foco no projeto, a linha **Inovação Tecnológica** tem como principal objetivo apoiar projetos de inovação de natureza tecnológica que busquem o desenvolvimento de produtos e/ou processos novos ou significativamente aprimorados (pelo menos

[139] FINEP – Relatório Interno.

para o mercado nacional) e que envolvam risco tecnológico e oportunidades de mercado. Com foco na empresa, a linha **Capital Inovador** tem como objetivo apoiar empresas no desenvolvimento de capacidade para empreender atividades inovativas em caráter sistemático. Compreende investimentos em capitais tangíveis e intangíveis, incluindo a implementação de centros de pesquisa e desenvolvimento. Finalmente, com foco na capacidade produtiva, a linha **Inovação Produção** tem como objetivo apoiar projetos: i) de investimentos que visem à implantação, expansão e modernização da capacidade produtiva necessárias à absorção dos resultados do processo de pesquisa e desenvolvimento ou inovação; ii) de pesquisa e desenvolvimento ou inovação que apresentem oportunidade comprovada de mercado, inclusive o desenvolvimento de inovações incrementais de produtos e/ou processos.

Todas essas linhas estão abertas, portanto, a projetos de nanotecnologia. Não foram, contudo, identificados, até o momento, projetos já contratados classificados especificamente dessa forma em nenhuma dessas linhas.

O mesmo ocorre com outro mecanismo de apoio à inovação do BNDES, o **Cartão BNDES.** Por meio do **Cartão BNDES,** as micro, pequenas e médias empresas brasileiras têm acesso à contratação de serviços de pesquisa aplicada, desenvolvimento e inovação (P,D&I) para o desenvolvimento de produtos e processos, contratados com fornecedores especializados credenciados no Portal de Operações do Cartão BNDES, inclusive avaliação de viabilidade e pedido de registro de propriedade intelectual. Não foram identificados projetos de nanotecnologia nas operações do Cartão.

O BNDES dispõe ainda do **CRIATEC**, que é um fundo de investimento de capital de risco que investe em pequenas empresas emergentes com grande potencial inovador. Tais empresas são geralmente nascentes, não negociadas em bolsa de valores e sem faturamento ou com faturamento de até R$ 6 milhões. O investimento do fundo se dá por meio da compra de ações do empreendimento, financiando a capacidade inovadora e visando à venda futura das participações. Na carteira do **CRIATEC,** foram identificadas apenas duas operações com investimentos em nanotecnologia. O projeto da Polinova é voltado para o desenvolvimento, produção e comercialização de produtos (massas, adesivos e revestimentos) que buscam solucionar problemas críticos de manutenção de equipamentos. O projeto da Clorovale envolve a aplicação de nanopartículas de diamantes sintéticos, utilizados em brocas odontológicas e brocas de perfuração.

Na sua Política de Inovação, o BNDES dispõe ainda de programas elaborados de acordo com as características e necessidades de setores específicos da economia:

- BNDES Profarma Inovação (área de saúde);
- BNDES Prosoft Empresa (serviços de tecnologia da informação);
- BNDES Proengenharia (áreas de engenharia de empresas);
- BNDES Pró-Aeronáutica (cadeia produtiva da indústria aeronáutica);
- BNDES PROTVD – Fornecedor (empresas fornecedoras no segmento de televisão digital);
- BNDES Proplástico – (cadeia produtiva do plástico).

Apenas na carteira do Profarma foram identificados até o momento três projetos contratados especificamente classificados em nanotecnologia:

- dois projetos com a Nanocore, o primeiro para a aquisição de cromatógrafo líquido de alta eficiência com detecção de massas, a ser aplicado no desenvolvimento de novos produtos, bem como na oferta de serviços analíticos, e o segundo para a construção de unidade de produção farmacêutica voltada para biomoléculas;
- e um projeto com a EMS, para o desenvolvimento de novos medicamentos envolvendo tecnologia DDS (**drug delivery systems**).

Não foram identificados projetos já contratados classificados como nanatecnológicos nos demais programas.

O **BNDES Funtec** é um fundo não reembolsável para apoiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas. Nanotecnologia ou temas correlatos já foram focos específicos de várias chamadas do Funtec. Entretanto, até o momento, nenhum projeto classificado com nanotecnógico foi contratado no âmbito do Funtec.

Em 2009, o BNDES aprovou a criação de um fundo de investimentos em empresas emergentes (*venture capital*) voltado para investimentos em ativos dos setores de biotecnologia e nanotecnologia, no âmbito do seu Programa de Fundos de Investimentos. Como resultado da Quarta Chamada Pública do Programa, foi selecionada como gestora do fundo FIEE Biotecnologia e/ou Nanotecnologia, a Burrill Brasil Investimentos Ltda. O fundo, porém, encontra-se ainda em fase de captação dos recursos que irão complementar a parcela aportada pelo BNDES.

É possível que projetos aprovados e contratados nessas linhas e programas de inovação envolvam em algum grau nanotecnologia, mas não tenham sido classificados dessa forma. Também é bastante provável que investimentos em nanotecnologia tenham sido realizados com recursos do BNDES, uma vez que a maior parte das grandes empresas brasileiras mencionadas nas seções anteriores, em todos os setores citados, são clientes do banco. Muitas dessas empresas, porém, por razões diversas, não têm interesse em divulgar seus investimentos e estratégias em nanotecnologia. Dessa forma, os financiamentos para nanotecnologia são difíceis de identificar e mensurar, sendo freqüentemente subestimados. No caso do BNDES, esforços têm sido realizados no sentido de aperfeiçoar a coleta de informações e possibilitar melhor compreensão do impacto das nanotecnologias nos diversos setores, especialmente no que concerne às grandes empresas. Os resultados ainda não foram publicados.

5.2 FINEP

No caso específico de investimentos em nanotecnologia, o Relatório de Gestão

FINEP 2008 de março de 2009[140] está descrita a Ação 6225 – Fomento a Projetos Institucionais de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia (Ação Transversal II). Para esta iniciativa foi indicada uma execução de investimento de R$ 18.712.800,00. Esse Relatório menciona que a maior parte dos recursos desta ação, R$ 16,6 milhões, se refere à transferência para programas de capacitação de recursos humanos, operados pelo CNPq. Na FINEP, foram apoiados um projeto de infraestrutura de pesquisa do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (LabNano/CBPF) e um projeto de pesquisa cooperativo entre ICT e empresa. Houve transferência de recursos em benefício do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, no valor de R$ 1 milhão.

Na Tabela 2 abaixo está um resumo das ações da FINEP em nanotecnologia até dezembro de 2009. Nota-se que a maioria do recurso investido referiu-se a ações de infraestrutura, sendo que as ações de subvenção compõe o maior número de projetos. Este dado deve ser comparado às ações de crédito, cujo foco são empresas de maior porte, nos quais nota-se que o numero de projetos é bastante inferior.

Tabela 2 – Ações FINEP em nanotecnologia de 2005 a 2009

Tipo de Projeto	Ano de Contratação				
	2005	2006	2007	2008	2009
acadêmico	-	1.382.364,79 (6 projetos)	688.776,00 (1 projeto)	-	8.932.358,00 (1 projeto)
subvenção	-	-	40.254.588,51 (28 projetos)	4.161.146,52 (6 projetos)	4.306.366,82 (3 projetos)
crédito	-	94.507.792,00 (3 projetos)	-	2.837.323,44 (1 projeto)	1.500.000,00 (1 projeto)
Infra-estrutura	20.837.480,00 (5 projetos)	28.185.808,00 (12 projetos)	9.640.597,00 (4 projetos)	9.201.847,85 (7 projetos)	27.277.302,00 (9 projetos)
Totais	20.837.480,00 (5 projetos)	124.075.964,79 (18 projetos)	50.583.961,51 (33 projetos)	16.200.317,81 (14 projetos)	42.016.026,82 (14 projetos)

[140] FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos. Relatório de Gestão 2008. Disponível em http://www.finep.gov.br/numeros_finep/relatorio_de_gestao/2008/relatorio_de_gestao_2008.pdf. Acesso em 06/07/2010.

RECOMENDAÇÕES

Das discussões e levantamentos deste relatório levantou-se um conjunto de recomendações que seguem abaixo, para nortear as correntes e futuras iniciativas para consolidação de setores produtivos em nanotecnologia:

- É necessária uma forma de coordenação e promoção integrada de nanotecnologia no país, fomentando inclusive associações de empresas envolvidas no tema;
- Foi constituído um conjunto de Laboratórios Nacionais de Nanotecnologia com modelos individuais de governança que inclui *sine qua non* a oferta de acesso a outros grupos de pesquisa e ao setor privado. Deve-se estabelecer uma ação de divulgação que permita conscientizar empresas privadas e outros parceiros da disponibilidade deste investimento e das formas de acesso para os vários usuários.
- Deve-se fazer um levantamento da disponibilidade de estrutura (laboratórios, equipamentos, etc) no Brasil, incluindo outros além dos laboratórios nacionais citados acima.
- Deve-se empenhar maiores esforços na busca da superação de entraves jurídicos na formação de parcerias público-privadas em nanotecnologia. A Legislação federal precisa ser diferenciada para facilitar parcerias com foco em inovação, especialmente neste setor.
- Deve-se incentivar fortemente a mudança nos formatos de negociação de propriedade intelectual em nanotecnologia mudando o foco exclusivo na propriedade para a participação nos resultados financeiros do produto.
- O uso do poder de compra do Estado deve ser utilizado como incentivo para empresas em nanotecnologia. É necessário divulgar a possibilidade de uso do poder de compra do Estado neste sentido, e estabelecer iniciativas para facilitar o acesso a essas ferramentas, como suporte a composição de planos de negócios.
- É necessário um trabalho específico para identificar quais setores tem reais condições de colocar produtos em nanotecnologia no mercado, identificando principalmente os exportadores, e quais são os gargalos específicos de cada.
- Deve-se manter e incentivar iniciativas regulares de subvenção pública em nanotecnologia.
- Deve-se incentivar estudos sobre impacto econômico do uso de nanotecnologias em diferentes setores complementares, envolvendo competências técnicas da área de economia e administração de empresas; devem ser feitas iniciativas como workshops conjuntos entre pessoal de área técnica e administrativa, projetos transdisciplinares, estudos de viabilidade técnico-econômica, entre outros.
- É necessário incentivar a participação de agentes de mercado brasileiros em nanotecnologia em fóruns internacionais com objetivos à regulação, e especialmente buscar maior integração e participação no Comitê ISO TC229 (que trata sobre a normatização internacional em nanotecnologia).
- É necessário promover eventos regulares de integração entre possíveis agentes do setor produtivo, órgãos financiadores e comunidade científica para fomentar novas parcerias, como *workshops* e rodadas de negócios.