



PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM NANOTECNOLOGIA VOLTADA PARA A ÁREA DE MATERIAS E METALURGIA¹

Douglas Henrique Milanez²

Lucas Salomão Peres³

Leandro Innocentini Lopes de Faria⁴

José Ângelo Rodrigues Gregolin⁵

Resumo

A expectativa de mercado no que tange ao desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos aumenta a procura de proteção via patentes. Neste cenário, a prospecção tecnológica baseada em indicadores bibliométricos coloca-se como uma ferramenta eficaz para acompanhar o avanço desta área emergente e interdisciplinar, fornecendo subsídios para tomada de decisão e competitividade. Considerando estes aspectos, o objetivo é estudar os avanços da nanotecnologia geral e associada ao subdomínio Materiais-Metalurgia no período 1999-2008. Os indicadores foram elaborados a partir dos dados bibliográficos levantados na base de dados internacional de patentes Derwent Innovation Index. Foram recuperados 96916 registros de patentes em nanotecnologia, sendo 16940 relacionadas a Materiais-Metalurgia. Os resultados apontam os EUA como maior detentor de patentes no período, porém os chineses assumem a liderança numérica a partir de 2007. No subdomínio Materiais-Metalurgia, China é maior desenvolvedor de patentes e os sete maiores titulares são universidades e institutos de pesquisa da Ásia. Em síntese, pode-se dizer que há indícios de consolidação deste subdomínio na área de nanotecnologia, que o desenvolvimento tecnológico de nanomateriais está aparentemente relacionado às aplicações em componentes eletrônicos e que China encontra-se na liderança neste subdomínio.

Palavras-chave: Nanomateriais; Análise de patente; Bibliometria; Indicadores de ciência e tecnologia.

TECHNOLOGICAL FORECASTING IN NANOTECHNOLOGY RELATED TO MATERIALS AND METALLURGY AREA

Abstract

The market expectation regarding the development of nanotechnological products and processes increases the demand for patent protection. In this scenario, technological forecasting based on bibliometric indicators is an effective tool for tracking the progress of this emerging and interdisciplinary field, providing support for decision making and competitiveness. Considering these aspects, this work aims to study the advances of nanotechnology in general and associated with Materials-Metallurgy subdomain through 1999 to 2008. The indicators were compiled from data collected of the international patent bibliographic database Derwent Innovation Index. 96,916 patents in nanotechnology were recovered, with 16,940 related to Materials-Metallurgy. The results show the U.S. as the largest holder of patents in the whole period analyzed, but the Chinese have gotten the country-leader since 2007. In the Materials-Metallurgy subdomain, China is the biggest patent developer and the seven largest titular are universities and research institutes from Asia. In summary, it is possible to affirm that there is a trend to this subdomain to consolidate in the field of nanotechnology, the technological development of nanomaterials is apparently related to applications in electronics and China is in the lead in this subdomain.

Key-words: Nanomaterials; Patent analysis; Bibliometry; Science and technology indicators.

¹ *Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.*

² *Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos.*

³ *Mestrando em Ciência, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal de São Carlos.*

⁴ *Prof. Dr. Departamento de Ciências da Informação, Universidade Federal de São Carlos.*

⁵ *Prof. Dr. Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos.*



1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é considerada um dos motores que irão impulsionar o desenvolvimento e inovação tecnológica do século XXI, graças às propriedades diferenciais e ainda pouco conhecidas e exploradas de materiais e dispositivos em escala nanométrica, normalmente <100 nm.⁽¹⁻³⁾ Estudos estratégicos sobre a situação e perspectivas da nanotecnologia indicam a existência de programas governamentais de fomento à pesquisa e desenvolvimento, empresas e instituições atuantes em muitos países ao redor do mundo, com investimentos crescentes e alinhados às estratégias de competitividade de cada país.⁽³⁾ A expectativa de mercado é que em 2015 a produção e comercialização de nanomateriais, nanodispositivos e nanoproductos alcance U\$ 1,5 trilhões.⁽¹⁾

Frente a esse cenário promissor, a análise de tendências tecnológicas e possibilidades de futuro são tarefas essenciais em organizações públicas e privadas para auxiliar a tomada de decisão e fortalecer a competitividade no mercado.⁽⁴⁻⁶⁾ Para tanto, técnicas baseadas em indicadores bibliométricos, principalmente a partir de documentos de patentes, são importantes para análises quantitativas e de tendências tecnológicas. No contexto de nanotecnologias, o grande interesse de organizações sobre o promissor mercado tem se refletido na busca por proteção legal de direitos mediante o patenteamento, o que torna públicas informações tecnológicas valiosas contidas nas patentes e permitem a elaboração de indicadores.⁽⁷⁻¹⁰⁾

As patentes são fontes ricas de informações técnicas, legais e de negócio, em formato padronizado, que não são encontradas em nenhuma outra fonte. Os dados bibliográficos de patentes fornecem informações sobre prioridade de ano e país, código de classificação internacional (CIP), descrição da invenção, campo tecnológico, resumo, depositantes e inventores, além de outras, que permitem a elaboração de indicadores tecnológicos.^(7,11)

Entretanto, peculiaridades da nanotecnologia tornam as atividades de inteligência desafiadoras:^(12,13)

- a interdisciplinaridade da nanotecnologia, que integra conhecimentos e técnicas de diferentes campos para o entendimento do comportamento e desenvolvimento dos nanomateriais e nanoprocessos;
- a universalidade dos fenômenos em nanoescala, que podem ser estudados por qualquer área de conhecimento;
- o estágio emergente da nanotecnologia, que é verificado pelas dificuldades de transferência do processamento da escala laboratorial ou piloto para escalas compatíveis com a produção industrial;
- a nanotecnologia encontra-se espalhada pelo mundo, já que não existe até o momento nenhum polo mundial, região ou instituição que tenha se tornado referência mundial nesse campo;
- os efeitos de nanomateriais sobre a saúde humana e o meio ambiente ainda são pouco conhecidos, como reflexo da emergência e da complexidade da nanotecnologia;
- não estão bem estabelecidos marcos regulatório e procedimentos de segurança necessários para pessoas constantemente expostas a nanomateriais ou nanoproductos.

Tem-se presenciado um crescimento considerável do número de patentes em nanotecnologia depositadas em todo o mundo, voltadas para um grande escopo de possíveis produtos para a sociedade. Além disso, as principais áreas tecnológicas

envolvidas, de maneira interdisciplinar, são eletrônicas, materiais e metalurgia, semicondutores, biotecnologia, medicina, fármacos, além do envolvimento de outras áreas.⁽¹⁴⁻¹⁹⁾

Diante da importância da nanotecnologia e dos nanomateriais e as dificuldades para o acompanhamento do desenvolvimento dessa área, o objetivo do presente trabalho é explorar o emprego de indicadores tecnológicos elaborados a partir de patentes para a prospecção tecnológica em nanotecnologia, com ênfase na área de Materiais e Metalurgia. O propósito é caracterizar e analisar os principais países, os principais titulares e os campos tecnológicos proeminentes na dinâmica de patenteamento e no desenvolvimento da nanotecnologia.

2 MÉTODOS

Foram elaborados indicadores tecnológicos baseados nos dados de patentes contidos nos registros da base de dados *Derwent Innovation Index*, disponível no Portal de Periódicos Capes.⁽²⁰⁾ Os registros de patentes considerados no presente trabalho foram escolhidos como os mais diretamente associados a nanotecnologia, do período de 1999 a 2010, com abrangência mundial, e recuperados da base de dados mediante o emprego da seguinte expressão de busca formada por palavras-chave e código de classificação internacional de patentes:

TS=(((nano*) NOT (nano2 OR nano3 OR nanosecon*)) OR fullerene* OR buckyball* OR dendrimer* OR graphen* OR spintronic* OR quantum dot* OR quantum wire*) OR IP=(B82*))

A busca na base de dados foi efetuada nos campos de títulos e resumos (TS) e código de classificação internacional (IP). Os dados foram coletados e tratados estatisticamente de forma semi-automatizada com auxílio do *software* Vantage Point[®] versão 5.0. Como as patentes possuem um período de sigilo que varia para cada país, mas que em geral é de um ano e seis meses,⁽⁷⁾ as análises foram limitadas para o período de 1999 a 2008.

Foi avaliada a quantidade de patentes por país (considerando o país de prioridade) e a evolução temporal ano a ano do patenteamento mundial associado à nanotecnologia. A taxa de variação anual T_i do número de depósitos de patentes no ano “ i ” em relação ao ano anterior foi calculado da seguinte forma:

$$T_i = \frac{[N_i - N_{i-1}]x100}{N_{i-1}} \quad (1)$$

Onde N_i é o número de patentes no ano “ i ” e N_{i-1} é o número de patentes no ano “ $i-1$ ”.

Com o objetivo de analisar as principais áreas tecnológicas envolvidas no patenteamento em nanotecnologia, os registros foram processados segundo a categorização de domínios e subdomínios elaborada pelo *Observatoire des Sciences et des Techniques* (OST).⁽²¹⁾ Essa categorização se baseia nos códigos de Classificação Internacional de Patentes (CIP) criado pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI). O OST propôs a agregação dos códigos CIP em sete domínios e 30 subdomínios tecnológicos, dentre os quais se encontra o subdomínio de Materiais-Metalurgia, como forma de melhorar a agregação e análise econômica de dados de patentes. Essa proposição se deve ao fato da classificação CIP ter diversos níveis de separação (seções, classes, subclasses, grupos e subgrupos), que facilitam o detalhamento estruturado do invento, o setor de

aplicação, a funcionalidade, mas dificultam as análises de dados agregados, pois separam em códigos distintos tecnologias que estão fortemente relacionadas. Adicionalmente, uma patente pode vários códigos CIP, logo, pode estar relacionada a domínios e subdomínios tecnológicos distintos ao mesmo tempo.

O subdomínio Materiais-Metalurgia estabelecido pelo OST é composto pela agregação de códigos que compreendem áreas de materiais metálicos, escória de processamento de metal, cerâmicas, refratários, vidros, cimentos, mineração e nanotecnologia, conforme apresentado na Tabela 2 ^(21,22). Não inclui, por exemplo, plásticos e borrachas, que estão relacionados com o subdomínio de Química Macromolecular.

Tabela 2. Descrição dos códigos CIP pertencentes ao subdomínio Materiais-Metalurgia ^(21,22)

Códigos CIP	Descrição
C01	Química inorgânica.
C03C	Vidros.
C04B	Cal, magnésia, escória, cimento e suas composições, pedra artificial, cerâmica, refratários e tratamento de pedra natural.
C21	Metalurgia do ferro
C22	Metalurgia, Ligas ferrosas e seus tratamentos e ligas não-ferrosas e seus tratamentos
B22	Fundição e metalurgia do pó metálico
B82	Nanotecnologia

OST ⁽²¹⁾ e descrição disponibilizada em português pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) a partir dos códigos estabelecidos pela OMPJ ⁽²²⁾.

Embora o código CIP relacionado diretamente a nanotecnologia (B82) esteja inserido no contexto de Materiais-Metalurgia, no processo de categorização ele foi retirado para evitar que este subdomínio prevalecesse sobre os demais, já que a codificação B82 é bastante utilizada na descrição de inventos em nanoescala. Adicionalmente, os grupos e subgrupos dos códigos da Tabela 2 descrevem materiais e processos fabricação dos mesmos, o que sugere que o subdomínio determina o estabelecimento de nanomateriais no contexto da nanotecnologia.

Os titulares (detentores dos direitos) das patentes foram estratificados a partir dos códigos disponibilizados pela própria base de dados DII, que realiza o conveniente agrupamento de diferentes unidades de um mesmo grupo empresarial. Os grupos empresariais que são depositantes regulares possuem códigos padronizados, enquanto que os depositantes esporádicos são não padronizados, e há ainda códigos individuais atribuídos para pessoas físicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dez principais países/região de origem das patentes em nanotecnologia no período 1999-2008 estão relacionados na Figura 1. 96,4% do total de patentes resgatadas pertencem a apenas cinco atores: EUA (28,5%), China (23,0%), Japão (17,7%), Coreia do Sul (12,3%) e União Europeia (11,9%). A presença americana com quase 30% das patentes depositadas prioritariamente neste país demonstra sua importância no papel de inovação mundial em nanotecnologia. Em termos de regiões geográficas, verifica-se presença predominante de países asiáticos no patenteamento (56,7%). Os principais países de prioridade do bloco europeu são Alemanha (4,7% do total de patentes no período), França (2,0%) e Reino Unido (1,2%). O Brasil aparece em décimo lugar no contexto de patenteamento mundial

em nanotecnologia. Contudo, se forem considerados os países da União Europeia separadamente, o Brasil cairia para a 14^o colocação. Embora possua estratégias para pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos nanotecnológicos ^(1,3), poucas patentes foram originadas neste país sul americano (273 patentes), o que pode comprometer sua competitividade em nanotecnologia no cenário futuro. Rússia, Índia e Austrália também podem ter sua competitividade afetada devido ao baixo número de patentes desenvolvidas nestes países.

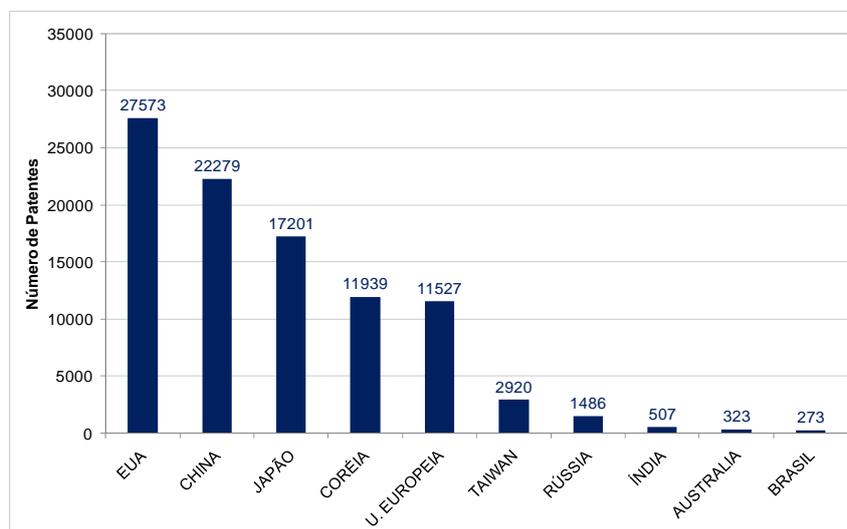


Figura 1. Principais países de origem das patentes em nanotecnologia par ao período 1999-2008. ⁽²⁰⁾

O número de patentes associadas à nanotecnologia aumentou ao longo dos dez anos analisados, como mostra a Figura 2. Entre 1999 e 2008 o número de patentes cresceu 732,5% e essa tendência pode ser associada aos fortes investimentos efetuados por vários países e empresas. ⁽³⁾ Esse crescimento no número de patentes foi observado em vários trabalhos da literatura. ^(14-18,23,24) Ainda na Figura 2, a taxa de crescimento entre anos é cada vez menor (exceto entre 2000 e 2001), o que indica uma relativa consolidação da área da nanotecnologia e de seu desenvolvimento tecnológico. O pico de crescimento entre os anos 2000 e 2001 pode ser explicado principalmente pelo número de depósito anormal da China para o ano de 2001, que se observa pela comparação das Figuras 2 e 3. Alterações em diretrizes e estratégias de inovação ou em políticas de patenteamento, governamentais ou empresariais, são possíveis razões para esse comportamento da China.

A maioria dos países apresentou crescimento positivo, exceto EUA em 2007 e 2008 e Japão em 2006 e 2008, como apresentado na Figura 3. Nesse caso, a queda pode ser efetiva ou, pelo menos em parte, por causa de períodos mais prolongados de sigilo ou de alimentação da base de dados empregada para análise.

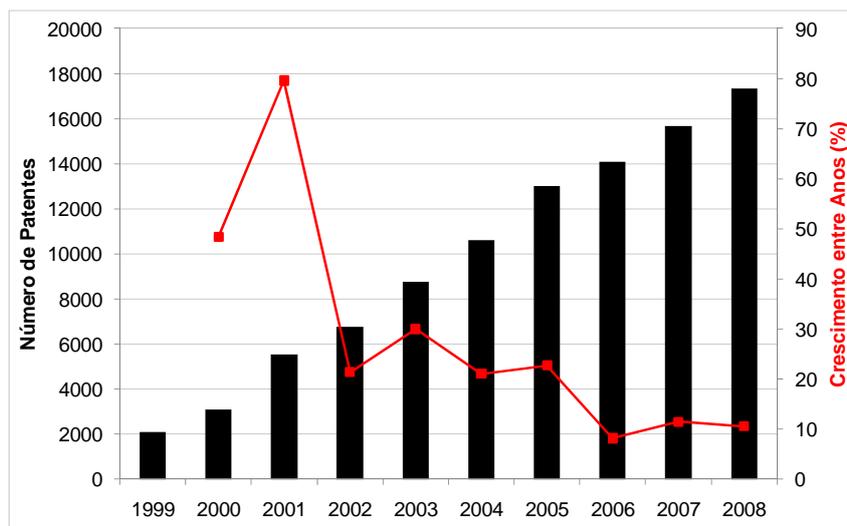


Figura 2. Evolução do número de patentes em nanotecnologia e taxa de crescimento entre anos.⁽²⁰⁾

Os americanos permaneceram como líderes no desenvolvimento de patentes em nanotecnologia em quase todo o período 1999-2008, exceto a partir de 2007, quando os chineses passaram a desenvolver mais patentes do que os demais países (vide Figura 3). Esse avanço da China pode ser consequência às políticas do governo chinês na promoção de desenvolvimento econômico sustentável mediante ciência e educação. O destaque do papel da China na área de nanotecnologia tem sido enfatizado por vários autores, tanto em estudos que levam em conta em indicadores elaborados a partir de publicação científica⁽²⁵⁻²⁸⁾ como a partir de patentes.^(14-17,23,24,29) Vale lembrar que a partir de 1985 o orçamento em P&D foi reformulado e os institutos de pesquisa da China foram privatizados para torná-los competitivos.⁽³⁾

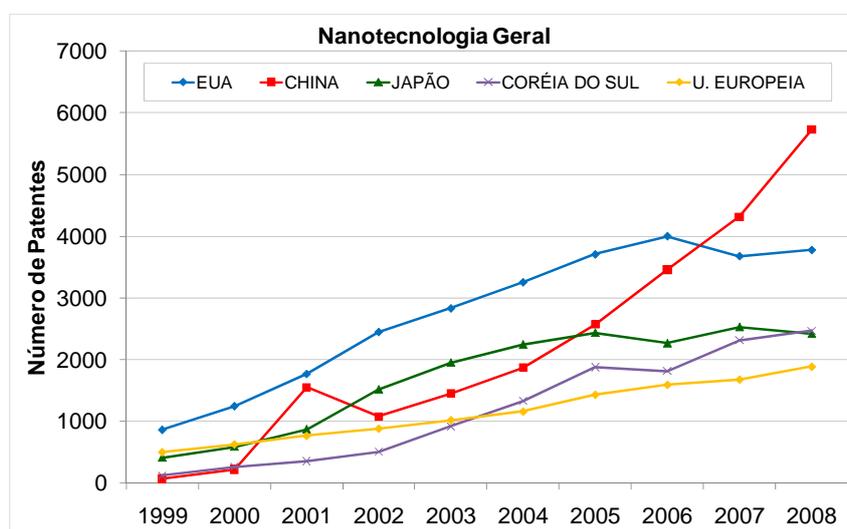


Figura 3. Evolução anual no número de patentes dos principais países e União Européia depositantes mundiais.⁽²⁰⁾

O forte incentivo ao avanço e a importância dada às nanotecnologias pelos coreanos⁽³⁾ podem ter refletido no fato do número de patentes da Coreia do Sul ter crescido constantemente no período com perspectivas de continuidade nos próximos anos. Além disso, o desenvolvimento de patentes neste país igualou-se ao do Japão em 2008.

A Coréia do Sul e China aumentaram consideravelmente o portfólio de patentes entre 1999 e 2008 – crescimento de 8.709% para os chineses e 1990% para os coreanos – bem superior ao também alto desenvolvimento apresentado pelos EUA (337%), Japão (494%) e União Europeia (280%). China e Coréia tornaram-se atores importantes no cenário de inovação mundial associada à nanotecnologia, mesmo não sendo considerados países tradicionais na inovação como um todo.⁽¹³⁾ No ano 2008, a China foi o país que mais desenvolveu patentes em nanotecnologia (33,0% do total daquele ano), seguida dos EUA (21,8%), Coréia do Sul (14,2%), Japão (13,9%) e União Europeia (10,9%).

Do total de 96.916 patentes recuperadas no período, 16.940 (17,5%) estão relacionadas ao subdomínio Materiais-Metalurgia, um dos cinco principais subdomínios tecnológicos estabelecidos pelo OST e apresentados na Figura 4. Materiais-Metalurgia e Semicondutores destacam-se como dominantes a partir do ano 2001 e exibem um crescimento total no período de 638% e 683%, respectivamente. A atenuação do crescimento de ambas as curvas no mesmo ano (2005) mostra uma possível tendência de consolidação de nanotecnologias relacionadas a esses dois subdomínios.

Considerando todo o período da análise Japão e China possuem grandes quantidades de seu portfólio de patentes associadas ao subdomínio Materiais-Metalurgia, respectivamente 23,2% e 27,0%. Contudo, o desenvolvimento de patentes do Japão apresenta tendência de queda a partir de 2004, como se verifica pela Figura 5. A mesma tendência é observada para os EUA a partir de 2006, o que indica o baixo interesses pelo desenvolvimento de nanomateriais. A China possui um papel importante para o desenvolvimento de nanomateriais, já que apresenta uma curva estritamente ascendente e crescimento de 4992% no número de patentes desenvolvidas prioritariamente neste país no período da análise.

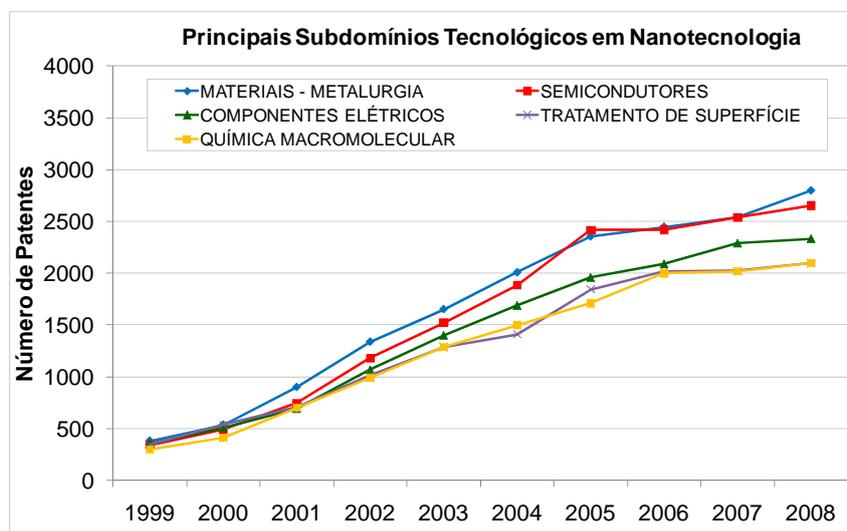


Figura 4. Evolução do número de patentes nos cinco principais subdomínios tecnológicos estabelecidos pelo OST.⁽²⁰⁾

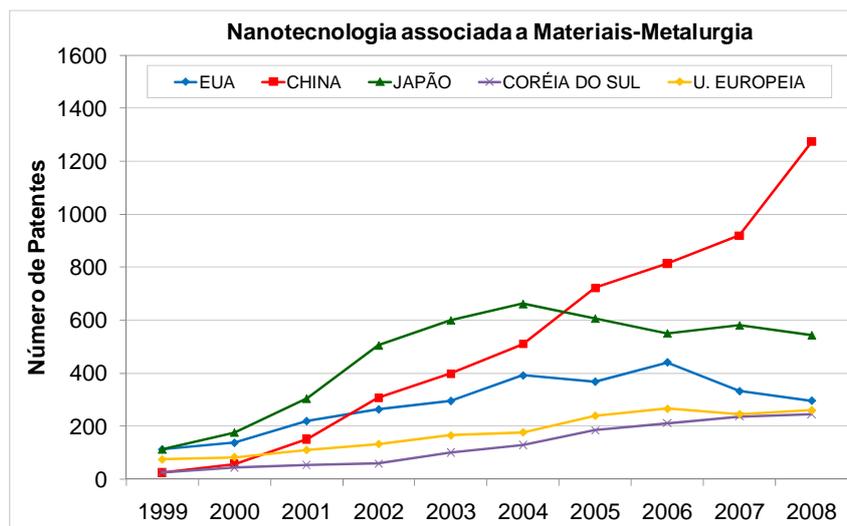


Figura 5. Evolução dos principais países prioritários de patentes em nanotecnologia associada ao subdomínio Materiais-Metalurgia para o período 1999-2008. ⁽²⁰⁾

Do total de patentes direcionadas ao subdomínio Materiais-Metalurgia para o período de 1999 a 2008, 11.704 (69,1%) pertencem a empresas e 4.297 (25,4%) são tituladas a universidades e institutos de pesquisa. Apenas 826 patentes (4,9%) tem a titularidade compartilhada por empresas e universidade/institutos de pesquisa, o que mostra certa independência entre os dois tipos de entidades. Somente 24 titulares (0,15%) contabilizam mais que 100 depósitos, o que está de acordo com a expectativa prevista pela chamada lei de Zipf, ^(14,30) na qual poucos atores possuem muitas e muitos possuem poucas patentes.

As dez organizações que se destacam como maiores depositantes (titulares) de patentes em nanotecnologia associadas ao subdomínio de Materiais-Metalurgia, no período 1999-2008, estão apresentadas na Tabela 4. A origem desses atores compreende: uma empresa de Taiwan (*Hon Hai Precision Ind Co Ltd = Foxconn International Holdings Ltd.*), dois institutos do Japão (*Dokuritsu Gyosei Hojin Sangyo Gijitsu = National Institute of Advanced Industrial Science and Technology* e *Dokuritsu Gyosei Hojin Busshitsu Zairyo = Japanese Science and Technology Agency*), uma empresa dos EUA (*Nanosys Inc.*), três universidades e dois institutos Chineses (*Univ. Quinghua, Univ. Beijing, Univ. Zhejiang, Shainise Acad Sci Metais Inst* e *Shanghai Inst Ceramics Chinese Acad Sci*); e uma empresa da Coréia do Sul (*Samsung Eletronics Co. Ltd.*).

Verifica-se que sete dos dez principais titulares de patentes no subdomínio Materiais-Metalurgia são entidades voltadas principalmente à pesquisa científica e tecnológica (institutos e universidades). Isso é um indicativo do papel científico para o desenvolvimento tecnológico e do mercado de nanomateriais.

Entre empresas listadas na Tabela 4, a *Hon Hai Precision Ind Co Ltd.* é fabricante taiwanesa de componentes elétricos, a americana *Nanosys Inc.* desenvolve produtos que incorporam nanoestruturas inorgânicas (nanomateriais), principalmente voltadas para a indústria eletrônica, enquanto que a coreana *Samsung Eletronics Co. Ltd.* também está relacionada à área eletrônica. Esse é um indicativo importante da relação existente entre o desenvolvimento e patenteamento de nanomateriais da classe Materiais-Metalurgia principalmente com interesses e aplicações em componentes elétricos e eletrônicos.

Tabela 4 – Principais depositantes de patentes dentro do subdomínio de Materiais-Metalurgia⁽²⁰⁰⁾

Titular da Patente (código de patente)	Número de Patentes	País de Origem
Hon Hai Precision Ind Co Ltd	316	Taiwan
Dokuritsu Gyosei Hojin Sangyo Gijutsu	303	Japão
Univ Qinghua	301	China
Nanosys Inc	290	EUA
Dokuritsu Gyosei Hojin Busshitsu Zairyo	288	Japão
Univ Beijing	244	China
Samsung Eletronics Co Ltd	236	Coréia do Sul
Shanghai Inst Ceramics Chinese Acad Sci	228	China
Chinese Acad Sci Metals Inst	223	China
Univ Zhejiang	192	China

5 CONCLUSÃO

O avanço científico mostrou-se relevante para o avanço tecnológico no contexto de nanomateriais. Entre os dez maiores titulares de patentes em nanotecnologia associada a Materiais-Metalurgia (conforme classificação estabelecida pelo *Observatoire des Sciences et des Techniques*) no período 1999-2008, sete são institutos de pesquisa e universidades. Verificou-se também que as três empresas pertencentes ao grupo de titulares destacados atuam nas áreas de componentes elétricos e eletrônicos, o que indica uma relação de desenvolvimento tecnológico de nanomateriais para aplicações nessa área.

A China apresentou-se como um país de grande atividade de patenteamento em nanotecnologia geral e relacionadas ao subdomínio Materiais-Metalurgia. Para o subdomínio, os chineses exibiram um crescimento considerável no período pesquisado, sendo que 23,2% do seu portfólio de patentes em nanotecnologia estavam relacionados ao desenvolvimento de nanomateriais e cinco entidades desse país estavam entre os dez maiores titulares de patentes. Com relação à nanotecnologia geral, a China passou a liderar como país que desenvolve mais patentes no mundo em 2007, ultrapassando os EUA e mostrando o seu grande potencial para inovação nessa área.

Por outro lado, os EUA tem um papel proeminente no processo de inovação em nanotecnologia geral, visto que se apresentou como país que mais desenvolveu patentes em todo o período analisado (1999-2008). A Coréia do Sul é outro país asiático com forte atividade de patenteamento em nanotecnologia e também apresentam um grande potencial na área emergente da nanotecnologia.

Dentre os principais subdomínios tecnológicos em que as patentes foram associadas, o de Materiais-Metalurgia se destaca juntamente com o de Semicondutores, com crescimento em todo o período analisado com tendência de consolidação a partir de 2005. Em geral, a nanotecnologia cresceu a taxas cada vez menores no período da análise, o que indica consolidação da área em termos de patenteamento.

O avanço da nanotecnologia no período pesquisado e o conhecimento estratificado devido a sua interdisciplinaridade e seu estágio de desenvolvimento inicial realçam a importância da elaboração e análise de indicadores tecnológicos obtidos a partir de patentes, somado a outros indicadores e fontes informações.



Agradecimentos

Aos Programas de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais e em Ciência, Tecnologia e Sociedade pelo apoio na realização desta pesquisa e a Capes pela concessão de bolsas de mestrado a dois dos coautores.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.
Nanotecnologia: Panorama da nanotecnologia no mundo e no brasil. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Paginas/estudo.aspx?f=Nanotecnologia>>. Acesso em: 02 fev. 2011.
- 2 DREXLER, E. **Engines of creation:** the coming era of nanotechnology. New York: Anchor, 1987.
- 3 GALEMBECK, F.; RIPPEL, M. M. Nanotecnologia: estratégias institucionais e de empresas. In: NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA. **Estudos estratégicos:** nanotecnologia. Brasília: NAE, 2006. p. 6-120.
- 4 ASHTON, W. B.; KLAVANS, R. A. **Keeping abreast of science and technology:** technical intelligence for business. Columbus: Battelle Press, 1997.
- 5 MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making.** New York: McGraw-Hill, 1993.
- 6 PORTER, A. L.; DETAMPEL, M. J. Technology opportunities analysis. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 49, n. 3, p. 237-255, jul. 1995.
- 7 MOGEE, M. E. Patents and Technology Intelligence. In: ASHTON, W. B.; KLAVANS, R. A. **Keeping abreast of science and technology:** technical intelligence for business. Columbus: Battelle Press, 1997.
- 8 OKUBO, Y. **Bibliometric indicators and analysis of research systems:** methods and examples. Paris: OECD, 1997.
- 9 BARPUJARI, I. The patent regime and nanotechnology: Issues and challenges. **Journal of Intellectual Property Rights**, v. 15, n. 3, p. 206-213, may 2010.
- 10 CHAMAS, C. I. Nanotechnology intellectual property in Brazil: Preliminary research note. **World Patent Information**, v. 30, n. 2, p. 146-149, jun.2008.
- 11 OCDE. **Patent statistics manual.** Paris: OECD, 2009.
- 12 OSTROWSKI, A. D. et al. Nanotoxicology: characterizing the scientific literature, 2000–2007. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 11, n. 2, p. 251-257, dec. 2008.
- 13 SALERNO, M.; LANDONI, P.; VERGANTI, R. Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 75, n. 8, p. 1202-1223, oct. 2008.
- 14 ALENCAR, M.; PORTER, A.; ANTUNES, A. Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 9, p. 1661-1680, nov. 2007.
- 15 DANG, Y. et al. Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991 to 2008. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 12, n. 3, p. 687-706, mar. 2010.
- 16 MIYAZAKI, K.; ISLAM, N. Nanotechnology systems of innovation: an analysis of industry and academia research activities. **Technovation**, v. 27, n. 11, p. 661-675, nov. 2007.
- 17 PALMBERG, C.; DERNIS, H.; MIGUET, C. **Nanotechnology:** an overview based on indicators and statistics. Paris: OECD, 2009.
- 18 SCHEU, M. et al. Mapping nanotechnology patents: the EPO approach. **World Patent Information**, v. 28, n. 3, p. 204-211, set. 2006.
- 19 VAN VELZEN, M. M. IP in nanomedicina: perspective from an IP professional in industry. **World Patent Information**, v. 30, n. 4, p. 294-299, dec. 2008.



- 20 COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portal de Periódicos**. Disponível em: <<http://www2.periodicos.capes.gov.br/portugues/index.jsp?urlorigem=true>>. Acesso em: 30 jan. 2011.
- 21 OBSERVATOIRE DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES. **Science & technologie indicateurs**. Paris: Economica, 2010.
- 22 INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Classificação Internacional de Patentes**. Disponível em: <<http://pesquisa.inpi.gov.br/ipc/index.php>>. Acesso em: 01 fev. 2011.
- 23 HULLMANN, A.; MEYER, M. Publications and patents in nanotechnology. **Scientometrics**, v. 58, n. 3, p. 507-527, jun. 2003.
- 24 IGAMI, M.; OKAZAKI, T. **Capturing nanotechnology's current state of development via analysis of patents**. Paris: OECD, 2007.
- 25 KOSTOFF, R. N. et al. Chinese science and technology: structure and infrastructure. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 9, p. 1539-1573, nov. 2007.
- 26 KOSTOFF, R. N.; KOYTCHIEFF, R. G.; LAU, C. G. Global nanotechnology research literature overview. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 9, p. 1733-1747, nov. 2007.
- 27 KOSTOFF, R. N. et al. The structure and infrastructure of the global nanotechnology literature. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 8, n. 3-4, p. 301-321, may 2006.
- 28 YOUTIE, J.; SHAPIRA, P.; PORTER, A. L. Nanotechnology publications and citations by leading countries and blocs. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 10, n. 6, p. 981-986, feb. 2008.
- 29 GUAN, J.; WANG, G. A comparative study of research performance in nanotechnology for China's inventor–authors and their non-inventing peers. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 331-343, jan. 2010.
- 30 NARIN, F. Patent bibliometrics. **Scientometrics**, v. 30, n. 1, p. 147-155, may 1994.