

NANOCIÊNCIA E NANOTENOLOGIA - A PRODUÇÃO CIENTÍFICA E A PROPRIEDADE INTELECTUAL

Data de aceite: 02/10/2023

Lissandro Dorneles Dalla Nora

Aluno do programa de pós-graduação em nanociência

Renata Plantcheck Raffin

Professora programa de pós-graduação em nanociência

Aline Ferreira Ourique

Professora programa de pós-graduação em nanociência

Scheila Daiana Severo

Aluna do programa de pós-graduação em engenharia de produção

Solange Binotto Fagan

Professora programa de pós-graduação em nanociência

Trabalho resultante da disciplina de nanotecnologia I

RESUMO: Na atualidade, diversos autores destacam a nanotecnologia como a base para a próxima revolução industrial. Ao observarmos o prefixo “nano” estamos atuando na escala de 10⁻⁹ metros. E nesta escala é possível modificar diversos fatores,

entre os principais a cor, condutividade, relatividade e o ponto de fusão, criando novas aplicações para os materiais. O Brasil intensifica a pesquisa a partir de 2001 e, a partir de 2007 o governo identifica esta área como estratégica, principalmente pelo seu potencial de inovação, possibilidades de crescimento de mercado e benefícios percebidos. Considerando a importância do setor para a economia brasileira, este trabalho tem como objetivo avaliar a produção científica sobre o tema no período de 2007 a 2014. Os dados encontrados demonstram que a ampliação das pesquisas é evidenciada pela ampliação da participação de países como China e Índia, bem como a redução do volume de patentes em relação as publicações.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento Tecnológico; Transferência de Tecnologia; Inovação; Competitividade

ABSTRACT: In the present day, several authors highlight nanotechnology as the foundation for the next industrial revolution. When we observe the prefix ‘nano,’ we are operating on the scale of 10⁻⁹ meters. And at this scale, it’s possible to modify various factors, including color, conductivity, relativity, and melting point, creating new

applications for materials. Brazil intensified its research efforts starting in 2001, and from 2007 onwards, the government identified this area as strategic, primarily due to its potential for innovation, market growth opportunities, and perceived benefits. Considering the importance of this sector for the Brazilian economy, the objective of this work is to assess the scientific production on the subject from 2007 to 2014. The data found demonstrate that the expansion of research is evidenced by the increased participation of countries such as China and India, as well as the reduction in the volume of patents in relation to publications.

KEYWORDS: Technological Development; Technology transfer; Innovation; Competitiveness

1 | INTRODUÇÃO

Estudos realizados apresentam previsões de investimentos para o desenvolvimento da área de nanociência e nanotecnologia, estimativas realizadas pelo National Science Foundation (NSF) destacados no trabalho de Roco e Bainbridge (2001) com base em informações de grandes grupos empresariais e seus envolvimento nos programas de pesquisa e desenvolvimento, principalmente dos Estados Unidos, Japão e Europa, demonstraram um cenário de potencial de mais de 3 trilhões de dólares de movimento financeiro neste mercado para 2020.

Desde 2004, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) identificou na nanotecnologia um significado especial para a inovação da indústria nacional, e a partir deste momento desenvolveu diversos estudos para permitir uma melhor percepção deste ambiente. Assim, em 2010, a ABDI realizou estudo prospectivo sobre nanotecnologia, destacando os principais eixos de desenvolvimento para o país como sendo: os nanomateriais, a nanoeletrônica, a nanofotônica, a nanobiotecnologia, a nanoenergia e o nanoambiente. (ABDI, 2010a, 2010b)

O presente trabalho busca identificar o cenário de produções científicas atreladas ao tema “nano” assim como referenciar aos eixos destacadas pelo estudo prospectivo da ABDI, identificando os temas que estão em destaque nas publicações científicas entre os anos de 2007 e 2014. Assim como avaliar o impacto destes estudos nos registros de propriedade intelectual associados ao destaque do governo brasileiro a esta área como estratégica para o país.

2 | NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

De acordo com a U.S. National Nanotechnology Initiative, a nanotecnologia é a compreensão e controle da matéria na escala nano, em dimensões entre cerca de 1 e 100 nanômetros, onde os fenômenos únicos admitem novas aplicações. Assim, a nanotecnologia envolve imagem, medição, modelagem e manipulação de matéria nessa escala (NANO.GOV, 2015).

A nanotecnologia não pode ser considerada somente quanto ao tamanho, mas deve-se observar sobre a ótica de sua capacidade única, associada a características biológica

e ótica, que passam a existir quando se trabalha na escala nanométrica, associadas a capacidade de manipulação de tais efeitos físicos e químicos. Esta característica única observada a partir destes estudos, possibilitou o surgimento de uma nova área de pesquisa que, de forma multidisciplinar envolve a química, física, matemática, biologia, ciência dos materiais, engenharias, ciências cognitivas entre outras, com contribuição na pesquisa em nanoescala (BISOGNIN; ZANELLA, 2012; ELLWANGER et al., 2012; GOUVEA, 2010; RESCH; FARINA, 2015).

Exemplos desta integração incluem pesquisas em células orgânicas solares sob a forma de papel de parede ou na pintura; nanopartículas de silício recobertos com uma camada de ouro e empregados sobre o uso combinado com luz infravermelha para ter a capacidade de tratar tumores cancerígenos; nanofios de silício que formam um eficiente absorvente com capacidade para separar o óleo da água com o potencial de ser utilizado em situações de desastres com petróleo; assim como nanoprodutos que ajudam no tratamento de água, purificando, dessalinizando e desinfetando. (CLUNAN; RODINE-HARDY, 2014; ŽAGAR, 2014)

Em relação aos investimentos realizados até o momento, a nanotecnologia acumula bilhões de dólares alocados na indústria, sendo que existe uma promessa que esse investimento transforme os padrões de crescimento econômico e de negócios a nível global, pois percebe-se que, a nanotecnologia, possui potencial de desenvolvimento com destaque no cenário mundial. (ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, William Sims, 2003; ROCO, M. C., 2003; ŽAGAR, 2014).

O impacto da nanotecnologia na vida das pessoas já pode ser percebido nas indústrias de cosméticos, têxtil, eletrônicos, diagnósticos médicos e terapêuticos, e produtos de consumo em geral. Empresas multinacionais como General Eletric, 3M, L'Oreal, BASF, entre outras, perceberam na nanotecnologia o potencial de gerar crescimento de suas posições de mercado, proporcionando ampliação dos lucros. Entre a década de 70 e o ano de 2006, o United States Patent and Trademark Office (USPTO) registrou mais de 7.000 patentes na área de nanotecnologia.

Essas patentes foram originadas em 46 países. Desse total, os Estados Unidos contribuíram com 4.772 patentes. As empresas e instituições que mais depositaram suas patentes foram: IBM, Eastman Kodak, Xerox, 3M, HP, L'Oreal, Samsung, BASF, Nippon Eletric, Sony e Seiko. Entre as instituições acadêmicas, destacam-se a University of California, o MIT, a Rice University, e a Japan Science and Technology Agency. (DANG et al., 2010; GOUVEA, 2010)

2.1 Propriedade intelectual como promotor da inovação

Ao falarmos de propriedade intelectual, indiferente do local ao qual se tenha o foco, o que se observa de forma obrigatória, uma discussão baseada no trinômio da proteção-inovação-desenvolvimento (CGEE, 2008, 2010)

Assim, uma inovação, estaríamos observando a introdução no mercado consumidor de um novo produto, processo ou serviço que tem atrelado a isto a expectativa de gerar receita e tornar-se um sucesso comercial. Contudo, a inovação não se exige o mesmo requisito de novo exigido da invenção, assim a proteção de uma patente. Uma inovação sequer garante o critério de novidade, pois pode ser uma inovação no mercado de um país, mas já ser conhecido, em outros locais do mundo (CALDEIRA et al., 2014).

Existem correntes atuais que destacam que a propriedade intelectual pode ser revalidada no cenário atual, muito deste fato levado pela morosidade dos processos de registro de patentes em diversos países, onde o tempo para conseguir-se o mesmo está muito acima do aceitável pelo mercado. Matéria de capa da edição de 8 de agosto da *The Economist* busca questionar a real utilidade das patentes e da propriedade intelectual, destacando que o sistema atual não possui claro embasamento que proporciona o encorajamento de empresas no investimento em pesquisas que gerem inovação, prosperidade ou aumento de produtividade (THE ECONOMIST, 2015).

Neste sentido, cabe uma reflexão, se é pertinente o discurso que uma patente não apresenta vantagens, por que eles persistem em continuar a realiza-las, é possível verificar que diversos países têm atuado de forma a gerar volume de patentes cada vez maiores, caso destacado da China, mas se realmente possuem potencial de mercado, certamente teríamos um volume de registros em nível mundial e não somente concentrados em certos países.

3 | METODOLOGIA

Este estudo possui caráter quantitativo e propósito exploratório, tendo como alvo conhecer o cenário relacionado ao tema “nano*” aliado a inovação e aumento da competitividade pela geração de propriedade intelectual. A pesquisa exploratória tem como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, com vistas na formulação de problemas precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2010).

Os dados quantitativos obtidos em bases de dados, que por questões de acessibilidade a informações, foi escolhido a Scopus, produzida pela Elsevier desde 2004, oferece ampla cobertura da literatura científica e técnica publicada a partir do século XIX em várias áreas do conhecimento (ELSEVIER, 2015).

Como estratégia de coleta de dados optou-se por realizar a busca na base de dados Scopus (ELSEVIER, 2015) que possui a capacidade de relacionar o tema com os registros de patentes a nível mundial através da ferramenta Lexis Nexis (ESPACENET, 2015). Esta pesquisa foi realizada com período entre 2007 e 2014 como forma de contrapor ao estudo realizado por ABDI (2010a), para tal, a construção de palavras chaves que atendem os eixos propostos nesse estudo. A Tabela 1 apresenta a construção destes termos.

Referência	Eixo	Termos de busca
N0	Geral	nano*
N1	Nanomateriais	nano* and Nanowire or Nanotube or Nanoparticle or “nanostructured coating” or Nanosome or Nanosphere or “Quantum dot” or graphene or Low-dimensional or fullerene
N2	Nanoeletrônica	nano* and “devices bottom-up” or “devices top-down” or “devices roll-to-roll” or actuators or Semiconductor or Metallic or conductivity or graphene or sensor or “Ballistic transport”
N3	Nanofotônica	nano* and displays or “organic IED” or “inorganic IED” or “opto electronic” or “solar cell” or plasmonic or fluorescent or or or
N4	nanobiotecnologia	nano* and biocompatible or biosensors or “biofunctional film” or claddings or nanorobots or Nanotoxicity or “Drug delivery”
N5	nanoenergia	nano* and “Fuel cells” or catalysts or “organic IED” or “inorganic IED” or “solar cell” or nanofibers or “carbon nanotube”
N6	nanoambiente	nano* and sensors or membranes or nanotoxicity or Environment or exposure

Tabela 1 – Referências e termos de busca

Os resultados foram classificados por sua relevância e exportados conforme restrição do editor, 2.000 primeiros itens de cada ano, tendo sua coleta por referência destacada na Tabela 1. A análise dos dados foi realizada em planilhas eletrônicas.

A análise por meio de planilhas eletrônicas elencou como base de comparação o ano de 2014, em decorrência de ser esse o ano com informações consolidadas na base em estudo, tendo para este a classificação por ordem decrescente no volume de publicações, para comparativo entre os países foi destacado os 6 países com maior produção mais o Brasil, a partir destes dados realizou-se as análises comparativas.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da produção científica mundial relacionada a referência N0, com dados apresentados na Figura 1, permite verificar que até 2010 a liderança no volume de publicações anuais estava com os Estados Unidos, sendo que, a partir de 2011, o protagonista no volume passa a ser a China, crescimento das publicações realizadas pela Índia que assume a 3ª colocação no volume de publicações, na sequência a Alemanha, Coréia do Sul e Japão, sendo que o Brasil, no espaço de tempo em estudo, manteve uma produção constante com um leve incremento nos últimos 3 períodos da análise.

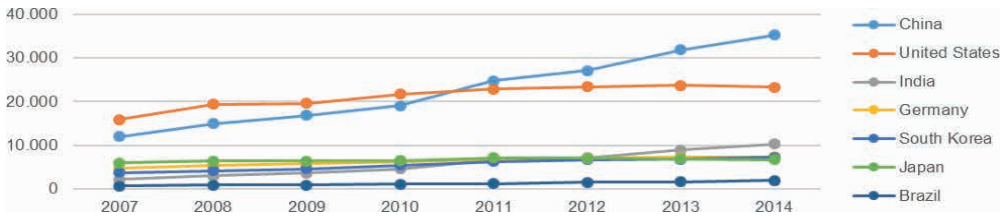


Figura 1 – Publicações por país associado a referência N0

Para a perspectiva dos eixos destacados pelo trabalho da ABDI (2010a, 2010b), pode-se avaliar que o crescimento no número de publicações representadas pela referência N0 foi acompanhada com certa aderência pelas demais referências deste estudo. A Figura 2 apresenta a evolução destes dados.

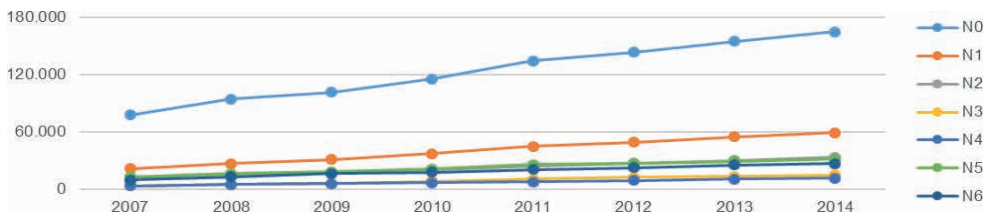


Figura 2 – Numero de publicações em relação a referência N1 a N6

Em relação aos registros de patentes, em comparação com sua participação sobre o número de publicações, a Figura 3 apresenta esta relação. Sendo que no período em análise temos uma tendência de redução nesta relação, ou seja, publicações que tem associado um registro de patentes. Tem-se uma fuga desse cenário os anos de 2007, 2009 e 2013, onde percebe-se um valor maior de participação de patentes sobre as publicações, já em relação aos demais períodos temos uma redução de participação.

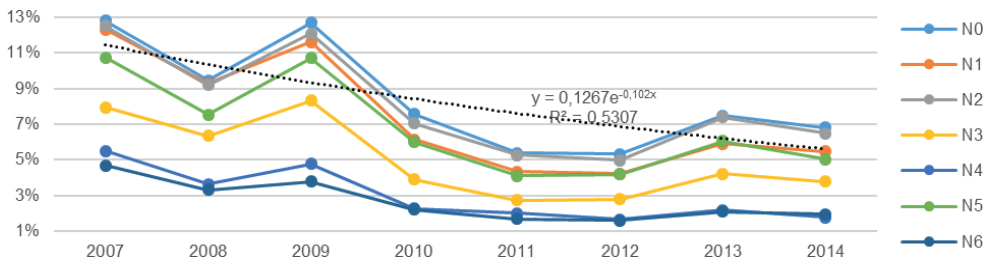


Figura 3 – Percentual de patentes em relação a publicações

A publicação da The Economist, tem-se uma perspectiva desses encaminhamentos, (THE ECONOMIST, 2015). A Figura 4 apresenta a base de dados utilizados para o cálculo da participação das patentes na publicação por ano e por referência.

		N0		N1		N2		N3		N4		N5		N6	
2007	Publicações	64190	13%	18531	12%	10574	13%	3251	8%	3185	5%	11333	11%	8495	5%
	Patentes	8226		2282		1323		258		175		1218		397	
2008	Publicações	77444	9%	22464	9%	13335	9%	4254	6%	4368	4%	13808	8%	11233	3%
	Patentes	7315		2084		1227		269		158		1041		372	
2009	Publicações	81755	13%	25574	12%	14629	12%	4979	8%	4961	5%	15029	11%	13607	4%
	Patentes	10372		2965		1768		414		236		1611		514	
2010	Publicações	92479	8%	30328	6%	16726	7%	6769	4%	5903	2%	17222	6%	14649	2%
	Patentes	7005		1864		1176		264		134		1033		324	
2011	Publicações	107652	5%	36470	4%	20060	5%	8958	3%	6785	2%	21255	4%	16906	2%
	Patentes	5784		1580		1055		245		136		870		286	
2012	Publicações	113416	5%	39591	4%	21871	5%	10080	3%	7822	2%	21821	4%	18135	2%
	Patentes	6018		1671		1087		281		130		912		290	
2013	Publicações	122313	7%	43622	6%	24241	7%	10932	4%	8847	2%	23689	6%	20394	2%
	Patentes	9135		2570		1791		459		193		1429		426	
2014	Publicações	130623	7%	47463	5%	27139	6%	12034	4%	9544	2%	25635	5%	21699	2%
	Patentes	8883		2587		1756		453		169		1292		422	

Figura 4 – Base de dados de patentes e publicações

Em relação ao comparativo de publicações e os registros de patentes encontrados para cada um referência deste estudo, é possível identificar uma redução no volume de registros se comparado os anos de 2014 com 2017, em todos foi possível verificar uma redução próximo a 50% nos valores, este fato demanda uma maior profundidade na identificação do motivo deste cenário, o mesmo pode ter como origem dois cenários distintos, o primeiro relacionado ao aumento do volume de produção de conhecimento e a ineficiência dos sistemas de gestão de propriedade intelectual na geração dos registros de propriedade intelectual ou a redução do processo de proteção deste conhecimento pelos pesquisadores.

5 | CONCLUSÃO

A principal contribuição que este trabalho apresentou, foi o da construção da evolução do cenário atual em relação ao tema. Neste estudo evidenciou-se que os países têm realizado investimentos na pesquisa sobre a nanociência, fato este baseado no aumento das publicações científicas, com destaque no período em análise para a China e a Índia. Sendo que o Brasil apresentou crescimento moderado em suas publicações, demonstrando um certo distanciamento dos principais atores mundiais como China, Índia e Coreia do Sul, tendo suas relações com Estados Unidos, França, Espanha em destaque.

No período de 2007 a 2010 o protagonista na geração de publicações estava com os Estados Unidos que gerava o maior volume de publicações a cada ano. Mas entre o período de 2011 a 2014 a China supera em volume de publicações os Estados Unidos, tendo ainda neste período como destaque a Índia que, a partir de 2012 assume a terceira

colocação na relação de volume de publicações anuais.

Em relação ao registro de patentes, cabe ampliação neste estudo para avaliar quais os fatores que influenciam na redução percentual de registros em relação ao volume de artigos publicados, principalmente para avaliar se, as correntes que defendem que este registro não representa proteção, tenha afetado o volume de registros ou a queda na participação tenha uma relação com o processo em si, que tenha um tempo de avaliação pelas instituições responsáveis por auferir este registro afetado com o volume maior, este em decorrência do aumento das pesquisas auferidas pelo aumento nas publicações. Assim, o acompanhamento futuro desta relação pode ampliar o entendimento deste fato.

O presente estudo apresenta como limitação a construção da base de palavras chaves que contribuíram para a construção das referências destacadas na metodologia, assim, as análises e discussões apresentadas neste estudo tem como base a inclusão destes termos nos registros pesquisados. Bem como a escolha pela base Scopus, pois esta relaciona o tema pesquisado com os registros de patentes em escala mundial.

Sugere-se, como possibilidades de estudos futuros, ampliar a pesquisa realizada para outras bases de publicações, assim como um estudo com maior profundidade nas referências dos estudos da ABDI (2010a, 2010b) pelos eixos destacados como importantes para o Brasil, auferindo maiores recursos sobre o processo nos demais países e a identificação de potenciais parceiros no desenvolvimento destes.

REFERÊNCIAS

ABDI, A. B. D. D. I. **Estudo prospectivo da nanotecnologia**. [S.l.]: [s.n.], 2010a.

_____. **Panorama da nanotecnologia**. [S.l.]: [s.n.], 2010b. V. XIX.

BISOGNIN, E.; ZANELLA, I. Ensino e aprendizagem de conceitos matemáticos relacionados à nanociência por meio da modelagem matemática. **Acta scientiae**, 2012. v. 14, n. 2, p. 200–214. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/viewFile/229/215>>.

CALDEIRA, A. *et al.* Inovação e nanotecnologia como estratégias para a competitividade na cadeia produtiva têxtil. 2014.

CGEE, Centro De G. E E. E. **Convergência tecnológica**. [S.l.]: [s.n.], 2008.

_____. **Parcerias estratégicas**. [S.l.]: [s.n.], 2010. V. 15.

CLUNAN, A.; RODINE-HARDY, K. Nanotechnology in a globalized world: strategic assessments of an emerging technology. **U.s. naval postgraduate school (nps) center on contemporary conflict (ccc) project on advanced systems and concepts for countering wmd (pascc) pascc**, 2014. p. 1–92.

DANG, Y. *et al.* Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991 to

2008. **Journal of nanoparticle research**, 2010. v. 12, n. 3, p. 687–706. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11051-009-9831-7>>.

ELLWANGER, A. L. *et al.* O ensino de nanociência por meio de objetos de aprendizagem. **Renovos tecnologias na educação**, 2012. v. 10, p. 1–10.

ELSEVIER. Scopus - document search. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.scopus.com/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

ESPACENET. Espacenet - bibliographic data. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://worldwide.espacenet.com/>>. Acesso em: 10 out. 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5a. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOUVEA, R. Nanotecnologia , um novo paradigma de desenvolvimento economico : uma análise da. **Revista estratégica**, 2010. v. 9, n. 08, p. 46–67. Disponível em: <<http://estrategica.fAAP.br/ojs/index.php/estrategica/article/view/16/14>>.

NANO.GOV. National nanotechnology initiative. [S.l.], 2015.

RESCH, S.; FARINA, M. C. Mapa do conhecimento em nanotecnologia no setor agroalimentar. 2015. v. 16, n. 3, p. 51–75.

ROCO, M.; BAINBRIDGE, W. S. Societal implication of nanoscience and nanotechnology. **Technology**, 2001. n. March, p. 272.

ROCO, M. C. Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine. **Current opinion in biotechnology**, jun. 2003. v. 14, n. 3, p. 337–346. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958166903000685>>. Acesso em: 12 dez. 2014.

ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. Converging technologies for improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. 1 jul. 2003. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=940412>>. Acesso em: 9 out. 2015.

THE ECONOMIST. A question of utility | the economist. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.economist.com/node/21660559>>. Acesso em: 9 out. 2015.

ŽAGAR, A. A. Nanotech cluster and industry landscape in japan. 2014. n. October.