

MATERIAIS NANOESTRUTURADOS CONTENDO POLÍMEROS ORGÂNICOS

Jeferson do Rosário Almeida*; Marcos Malta dos Santos

*Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Salvador – BA – Brasil,
CEP 40170290 (*jel_cris@hotmail.com)*

RESUMO

O presente trabalho refere-se a um estudo de patentes sobre o tema: materiais nanoestruturados contendo polímeros orgânicos, com indexação no código B82Y30 (nanotecnologia de materiais ou ciência de superfície). Todos os dados utilizados durante a pesquisa foram obtidos no European Patent Office, o Espacenet, em maio de 2012. Através da análise minuciosa dos resultados da investigação verificou-se que desde o ano 2000 ocorreu um aumento significativo no número de patentes que se enquadravam neste tópico. Durante a apuração da pesquisa foi possível constatar que o maior número de depósitos aconteceu em 2005, com 39 patentes. Além disso, verificou-se que os Estados Unidos é o país com maior número de patentes depositadas e que as empresas são responsáveis por 52% dos depósitos efetuados.

Palavras Chave: Nanomateriais; polímeros; materiais híbridos.

ABSTRACT

This work is a mapping patent on of nanostructured materials containing organic polymers with code B82Y30 (nanotechnology materials and surface science). All data used for the research were obtained the European Patent Office, the Espacenet in May 2012. Through careful analysis of the results of research it was found that since the year 2000 there was a significant increase in the number of patents that would fit this topic. The largest number of patents occurred in 2005 with 39 patents. Moreover, it was perceived that The United States is the country that had more patents and that companies are responsible for 52% of patents.

Key words: Nanomaterials; polymers; hybrid materials.

Área tecnológica: Ciências exatas e tecnológicas; Físico-Química.

INTRODUÇÃO

O estudo da produção e caracterização de materiais nanoestruturados (aqueles com tamanho na ordem de nanômetros (10^{-9} m) - pelo menos em uma dimensão, e geralmente menores que 100 nm) tem sido extensivamente explorado, porque esses materiais na escala nanométrica apresentam propriedades físicas e químicas completamente distintas das apresentadas pelos sólidos macroscópicos. A investigação destas novas propriedades (nanociência) e das aplicações associadas (nanotecnologia) constitui uma das áreas de pesquisa mais promissoras da atualidade (DÚZGÜN et al., 2011; SILVA et al., 2006; PICCIANI, 2008; MACIEL et al., 2003; TRISTÃO, 2010).

Os materiais nanoestruturados podem ser divididos em três classes (MACIEL et al., 2003):

- a) Materiais com dimensões reduzidas e/ou dimensões na forma de nanopartículas, fios, fitas ou filmes finos;
- b) Materiais em que a estrutura é limitada por uma região superficial fina (nanométrica) do volume do material;
- c) Materiais sólidos volumétricos com estrutura na escala de nanômetros.

Existem vários tipos de materiais nanoestruturados e os que têm tido uma atenção especial são aqueles materiais formados por componentes orgânicos e inorgânicos, principalmente quando o componente orgânico é um polímero. Os materiais híbridos, como são conhecidos, são capazes de combinar propriedades que não são encontradas nos materiais convencionais, favorecendo com isso, a produção de materiais multifuncionais. As características polivalentes desses materiais são consequências dos efeitos sinérgicos provocados pela interação dos componentes orgânicos e inorgânicos combinados. Além disso, como um dos componentes se encontra na escala nanométrica verifica-se uma intensificação dos efeitos sinérgicos em virtude de uma série de fatores como, por exemplo, o aumento da área de contato entre eles garantindo uma melhor interação (JOSÉ, 2005).

Os materiais nanoestruturados híbridos são de grande interesse em aplicações comerciais, devido às suas propriedades mecânicas, óptica, térmicas, magnéticas, elétricas e reatividade superficial. E é também devido a esse grande interesse, que houve um avanço no desenvolvimento de metodologias para a preparação destes materiais (JOSÉ, 2005; CUNHA et al., 2010a).

Como exemplos materiais nanoestruturados contendo polímeros orgânicos podem ser citados nanomateriais formados pela imobilização de nanopartículas em oligômeros, nanocompósitos de óxidos de metal de transição/polímero condutor (CUNHA et al., 2010a), biomateriais (fibras, DNA) nanocompósitos (PEREIRA et al., 1999; RIEGER, 2001), nanopartículas metálicas modificadas (MACIEL et al., 2003; JOSÉ, 2005; LUDUEÑA et al., 2011; SOARES, 2007), materiais fluorescentes, e complexos modificados (SILVA et al., 2006).

Então, o objetivo desta prospecção é o de apresentar o panorama do tema discutido em termos de patentes depositadas e, ao mesmo tempo sinalizar para a necessidade de se pesquisar tais materiais em virtude da abrangência comercial e científica dos mesmos.

DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA

Os materiais envolvidos na presente investigação, de um modo geral, são caracterizados por terem na sua constituição polímeros orgânicos que interagem com outro tipo de material formando um híbrido nanoestruturado. As propriedades físicas e químicas obtidas, após a interação dos

precursores, tornam os materiais sintetizados multifuncionais, sendo empregados nas mais variadas áreas do conhecimento, como por exemplo, na física, na química, na biologia, na medicina e agricultura (JOSÉ, 2005). Na medicina, por exemplo, alguns nanocompósitos híbridos como, nanotubos de carbono, nanopartículas de ouro modificadas e compostos de intercalação, são utilizados em sistemas para liberação de drogas controladas (CUNHA, 2010b).

METODOLOGIA OU ESCOPO

A prospecção foi realizada no Banco Europeu de Patentes, o Espacent em maio de 2012. Inicialmente foi utilizada a palavra chave polymer* gerando resposta superior a 100 000 patentes. Combinando esta palavra com o código internacional B82Y30, referente à nanotecnologia de materiais ou ciência de superfície, que era o foco deste trabalho, foram encontradas 1281 patentes sendo consideradas as patentes depositadas entre os anos de 2000 a 2012. Depois de uma análise detalhada, foram selecionadas 255 patentes que se enquadrava no objetivo da prospecção para estudo estatístico aqui apresentado.

Tabela 1: Pesquisa por palavra-chave e código

Polymer*	B82Y30	TOTAL
X		100.000
	X	60.500
X	X	1.281

Fonte: Aatoria própria, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da evolução anual do número de depósitos de patentes é um importante sinalizador de como as patentes de uma determinada tecnologia se desenvolvem. A Figura 1 mostra o número de depósitos de patentes entre os anos de 2000 a 2012. Nela é possível verificar que o número de depósitos de patentes cresceu a partir de 2000 e que o maior número de patentes foi depositado no ano de 2005.

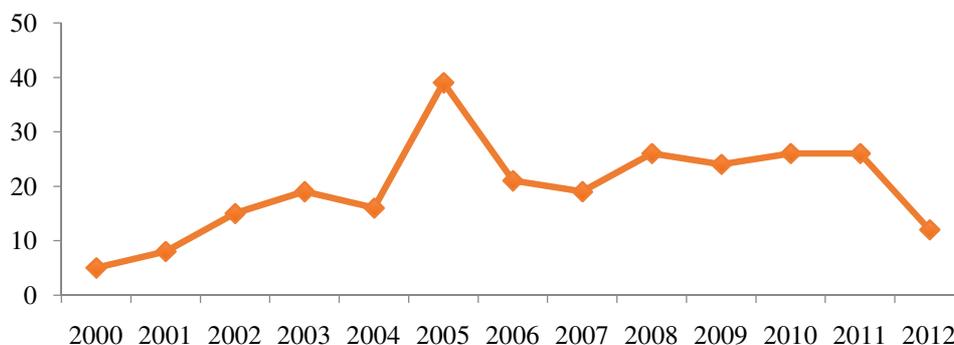


Figura 1: Gráfico da evolução anual de depósitos. Fonte: Aatoria própria, 2012.

Com o auxílio da Figura 2, um gráfico acumulativo dos dados selecionados, é possível constatar que entre os anos 2000 a 2006 houve um grande aumento no número de depósitos de patentes. Isso pode estar associado com a produção de materiais que apresentavam propriedades físicas e químicas com potenciais aplicações comerciais, o que demandou maiores investimentos nessa área de pesquisa.

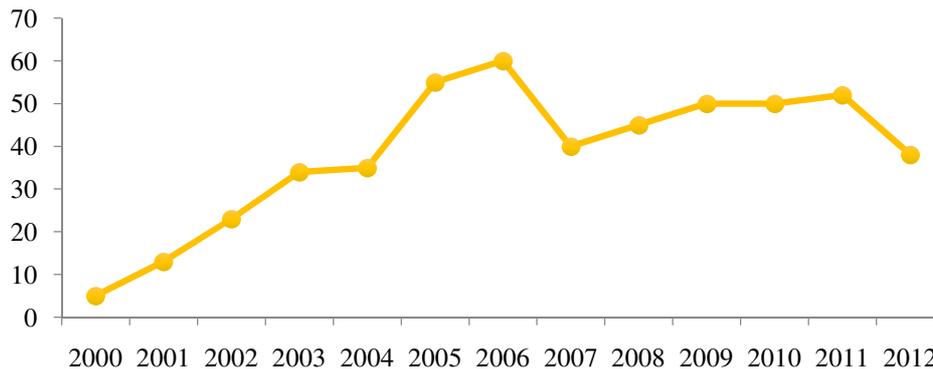


Figura 2: Gráfico acumulativo dos depósitos feitos entre 2000 e 2012. Fonte: Autoria própria, 2012.

A partir de 2006, observa-se uma queda do número de depósitos, seguida de uma tendência de estabilização. O que pode estar relacionado com um estudo mais detalhado das propriedades descobertas e testes experimentais de produtos comerciais. Mas no geral observa-se um crescimento contínuo do número de depósito de patentes, característico de uma tecnologia em desenvolvimento.

Analisando a Figura 3 que se refere ao depósito de patentes realizado pelos países, é possível comprovar que os ESTADOS UNIDOS são o país com o maior número de patentes depositadas, 141 patentes, o que representa cerca de 55,29% de todo o depósito, seguido pela ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE PATENTES com 67 patentes, ou seja, 26,27% dos depósitos. Isso pode ser devido ao fato desses países investirem na área tecnológica com mais facilidade do que os outros.

Considerando a distribuição por depositante a Figura 4 destaca a atuação das EMPRESAS como as maiores depositantes de patentes, contribuindo com 52% das patentes depositadas, seguidas pelas pessoas INDEPENDENTES com 29% do depósitos realizados. O número de patentes depositadas pela ACADEMIA correspondeu a 19% do total. Esse número aparentemente baixo, se comparados com os outros, se deve ao fato de que a maioria das patentes depositadas pela academia era depositada em conjunto, ou seja, academia e empresa, academia e independente e até mesmo academia, empresa e independente.

Analisado as empresa que mais depositaram patentes é possível verificar, de acordo com a Figura 5, que a AFFYMETRY INC, dos Estados Unidos, foi a empresa com o maior número patentes depositadas, sendo responsável por 16 patentes, o que significa 13% de toda as patentes, seguida da DU PONT também dos Estados Unidos com 8 patentes (6,5%) e BASF SE, da Alemanha, ambas com 3 patentes, ou seja, 3,2% do total de patentes. As empresas que depositaram menos que 3 patentes foram enquadrados no termo os OUTROS.

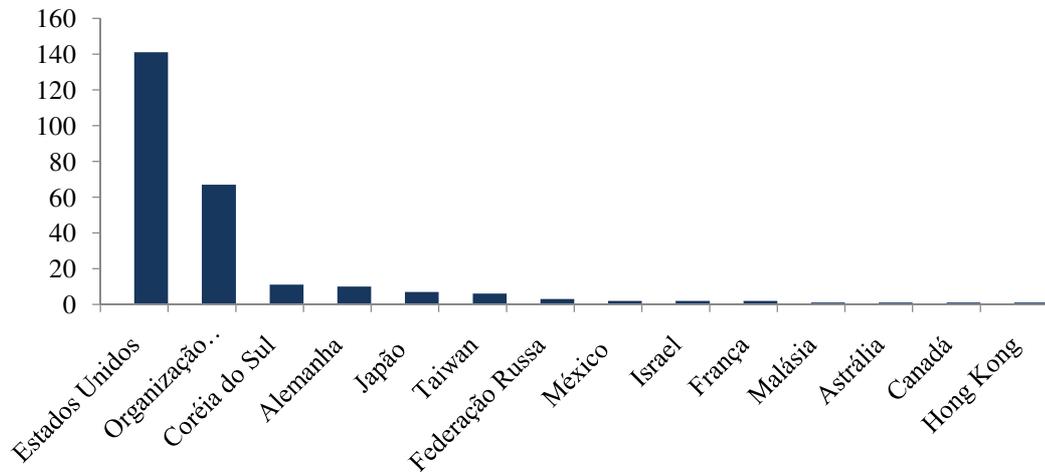


Figura 3: Gráfico do número de depósitos realizado nos países. Fonte: Autoria própria, 2012.

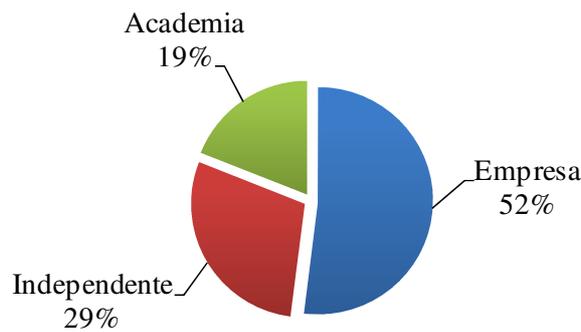


Figura 4: Gráfico de distribuição por depositante. Fonte: Autoria própria, 2012.

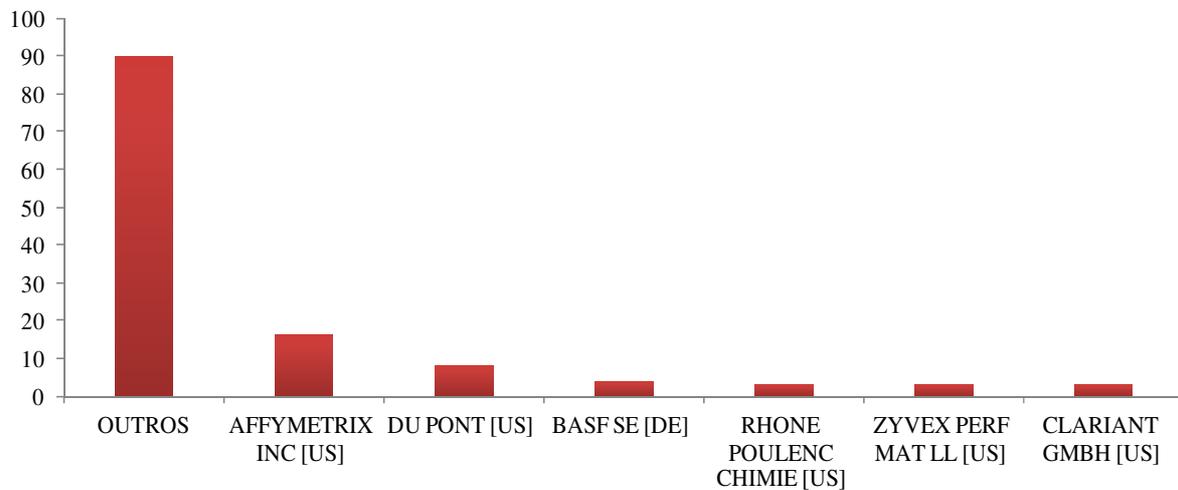


Figura 5: Depósitos efetuados por diferentes empresas. Fonte: Autoria própria, 2012.

A Figura 6 mostra os países nos quais as empresas analisadas são encontradas. É possível, notar que os Estados Unidos contribuem com 52% de todas as patentes depositadas, seguida da Alemanha com 18% e do Japão com 12%. Isso se deve ao fato desses países priorizarem seus investimentos em pesquisas na área de tecnologia, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento dos mesmos.

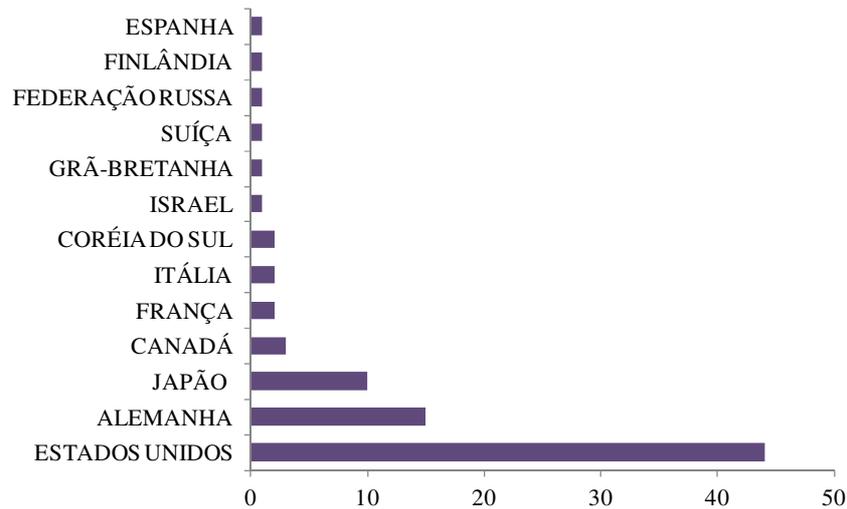


Figura 6: Distribuição da nacionalidade das empresas depositantes de patentes. Fonte: Autoria própria, 2012.

O estudo do número de patentes depositadas pelas universidades registrado na Figura 7, constata que a universidade que mais depositou foi a RICE WILLIAM M, dos Estados Unidos com 10 patentes, cerca de 14% dos depósitos, seguida da UNIV. CALIFORNIA e da THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA, ambas dos Estados Unidos, contribuindo com 4 patentes ou 5,5% dos depósitos realizados.

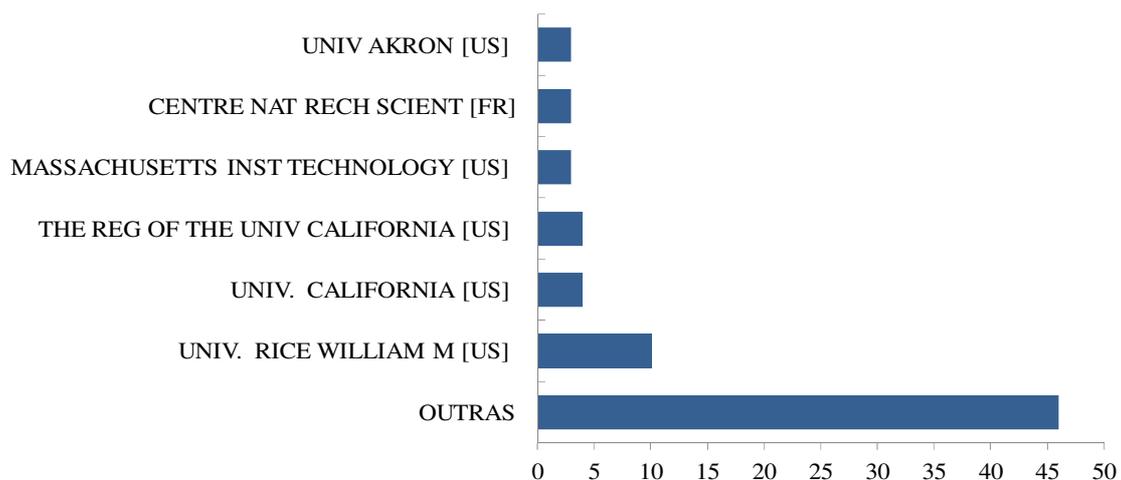


Figura 7: Relação das universidades que mais depositaram patentes. Fonte: Autoria própria, 2012.

Vale ressaltar que muitas universidades depositaram menos de 3 patentes e, por isso, elas foram agrupadas na categoria OUTRAS.

A Figura 8 mostra a origem das universidades que compõem a figura acima. É possível, notar que os Estados Unidos contribuem com cerca de 61,0% de todas as patentes depositadas, seguida da Alemanha com 7% das patentes. Nesses países a economia se encontra bem estabelecida e, além disso, como os mesmos são países desenvolvidos, existem programas de financiamento garantem bons investimentos em pesquisas na área de nanotecnologia e nanociência. Para se ter uma ideia, no ano de 2007 o governo dos Estados Unidos investiu aproximadamente US\$ 1,5 bilhões na área de nanotecnologia (PASCHOALINO et al., 2010).

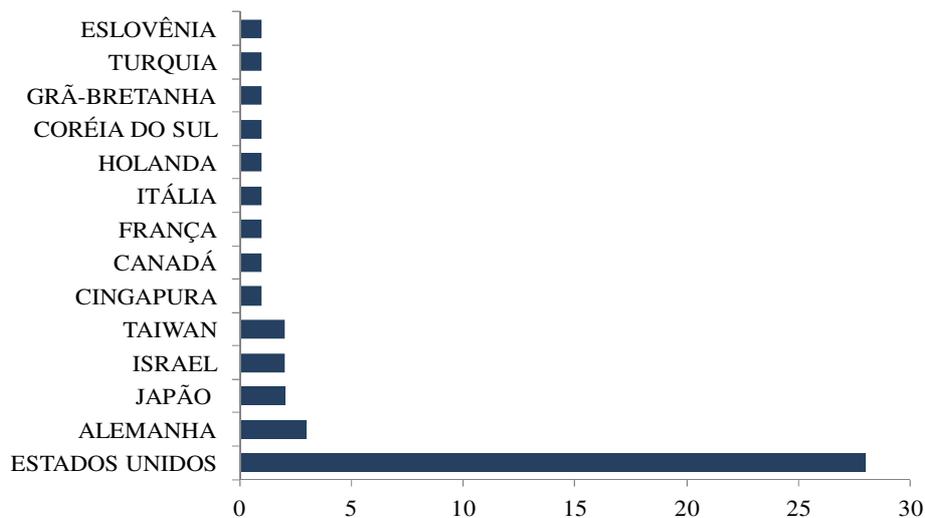


Figura 8: Distribuição da naturalidade das universidades depositantes de patentes. Fonte: Autoria própria, 2012.

Analisando as parcerias entre Universidade, Empresa e Independente, a Figura 9 indica que aquela que apresentou um maior número de depósitos foi a da Empresa-Pessoa Independente com 41% das patentes depositadas, seguida pela parceria Empresa-Universidade com 15%. Nota-se também que a parceria entre Universidade-Empresa-Independente contribuiu com 3% das patentes depositadas.

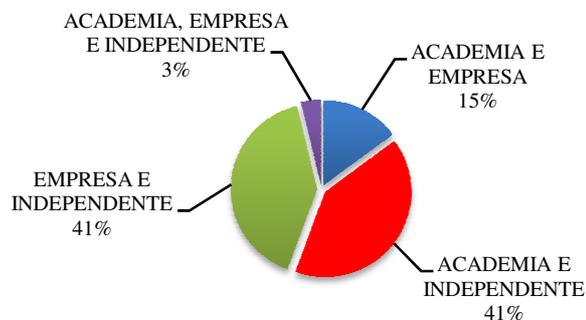


Figura 9: Parcerias efetuadas pela academia, empresa e pessoa independente. Fonte: Autoria própria, 2012.

Esse resultado reflete, principalmente quando se fala de países desenvolvidos, o papel do empreendedorismo estimulado nos países e abraçado por grandes empresas.

A Figura 10 mostra os códigos atribuídos a cada patente. Os códigos no gráfico indicado como outros são aqueles que apresentaram valores menos de 1% das patentes depositadas e por isso, não foram mostrados. O código que mais se repetiu na prospecção foi o B82Y30 com 55%, que corresponde a “nanotecnologia de materiais ou ciência de superfície” de acordo com a Classificação de Patente Internacional (IPC). Esse código foi retirado do gráfico, pois já era esperado o seu grande valor e virtude da sua escolha para a pesquisa realizada no presente trabalho. Dessa forma, pode-se observar que os código A01N25, que se refere à assuntos relacionados a “biocidas” e o código B01J19, relacionados à processos químicos e físicos, apresentam 15 e 7% dos total de códigos. Esses resultados indicam que houve uma maior tendência no empregado dos nanomateriais nas duas áreas destacadas, uma vez que, essas área necessitam de intervenções, principalmente, quando se trata de pragas, permitindo com isso, a expansão dos do estudos desses materiais nos referentes domínios. O significado dos códigos apresentados na Figura 10 encontra-se na Tabela 2.

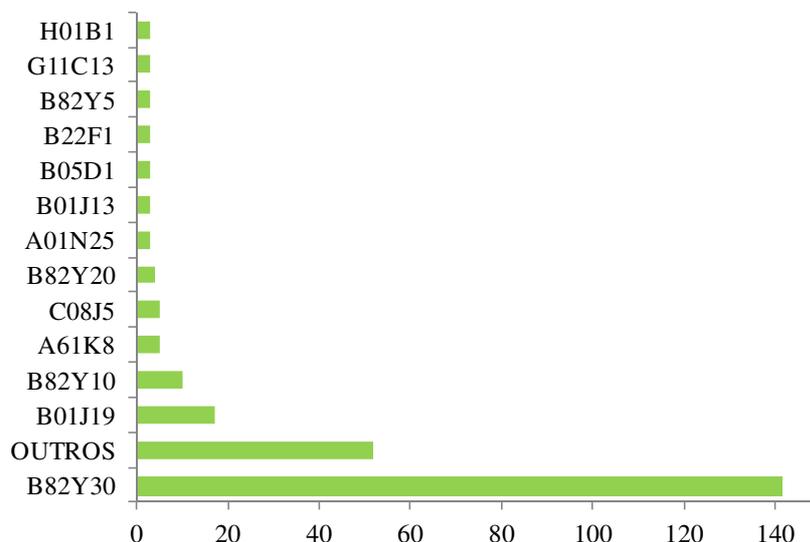


Figura 10: Distribuição dos códigos nas patentes. Fonte: Autoria própria, 2012.

Tabela 2: Significado dos códigos de maior incidência.

Código	Área do Código
A01N25	Biocidas; repelentes de pragas ou atrativos de reguladores de crescimento de plantas
A61K8	Cosméticos ou produtos de higiene similares
B01J13	Química coloidal
B01J19	Química, física ou processos físico-químicos em geral
B05D1	Tratamento especial de pó metálico
A01N25	Biocidas; repelentes de pragas ou atrativos de reguladores de crescimento de plantas
B22F1	Tratamento especial de pó metálico

Tabela 2: Significado dos códigos de maior incidência.

Código	Área do Código
B82Y10	Nanotecnologia para armazenamento de informações, processamento ou transmissão
B82Y20	Nano-ópticos
B82Y30	Nanotecnologia de materiais ou ciência da superfície
C08J5	Fabricação de artigos ou formas de materiais que contenham substâncias macromoleculares
H01B1	Condutores ou corpos condutores caracterizados pelos materiais condutores
H01L51	Dispositivos de estado sólido usando materiais orgânicos como parte ativa

Fonte: Autoria própria, 2012.

CONCLUSÃO

A prospecção sobre materiais nanoestruturados contendo polímeros orgânicos mostrou que houve um crescimento do número de depósitos de patentes a partir de 2000 concentrada no banco de dados do Espacenet. Além disso, pôde-se observar que os Estados Unidos e suas empresas são os maiores depositantes. Outro resultado relevante é que o tópico pesquisado vive recentemente um bom momento, pois apresenta uma média de 20 patentes depositadas nos últimos 4 anos.

A utilização dos materiais nanoestruturados contendo polímeros é bastante diversificada, desde a utilização como componentes de dispositivos eletrônicos até como medicamento no tratamento de diversas patologias através de sistemas de liberação de drogas controladas. Vale ressaltar que as empresas são as que detêm o maior número de patentes depositadas, com 52% de todas elas. Esse número é compreendido quando se verifica que esses materiais encontram várias aplicações comerciais, garantido, dessa forma, facilidade de investimentos nessa área.

PERSPECTIVAS

Os materiais nanoestruturados contendo polímeros é um tema recente e, isso pode ser verificado a partir da análise das patentes que apresentam depósitos significativos a partir de 2005. Esse tema é multidisciplinar com aplicações em química, física, biologia.

Na literatura verificam-se muitos trabalhos com polímeros orgânicos na formação de materiais nanoestruturado. Esses podem ser formados por matrizes poliméricas reforçadas com nanopartículas inorgânicas que apresentam melhorias nas propriedades mecânicas e térmicas, e por serem muito leves os mesmos possuem aplicações como diodos emissores de luz, dispositivos optoeletrônicos, redes de memória magnéticas, dispositivos de superfície plasmônica, sensores bioquímicos/biológicos e também na área militar e aeroespaciais (ABEYSINGHE et al., 2009; ABDELLAH et al., 2009). Outros materiais formados por blendas poliméricas são utilizados na indústria de cosméticos, em agricultura, biotecnologia e tratamento de recuperação de petróleo entre outras aplicações a serem descobertas (ABEYSINGHE et al., 2009). Polímeros contendo nanopartículas inorgânicas também são usados como armazenadores de informação através da mudança de forma obtida através de diferentes estímulos, tais como, luz, calor ou variação do

campo magnético (AGARWAL et al., 2011). A adição de diferentes nanopartículas nesses polímeros amplia a faixa de temperatura de transição. Além disso, os polímeros biodegradáveis podem encapsular nanopartículas metálicas, sendo empregada como contrastante em imagens de ressonância magnética (HONG et al., 2007), em sistemas de liberação de drogas controladas (BUTOESCU et al., 2009; CHEOW et al., 2011).

Alguns materiais são formados por nanotubos de carbono modificados por polímeros condutores, os quais possuem propriedades elétricas, mecânicas e térmicas dependentes do polímero condutor e da quantidade utilizada. São aplicados em dispositivos fotovoltaicos, dispositivos nanoeletrônicos, capacitores eletroquímicos, eletrodos com uma melhor resposta elétrica e em circuitos elétricos (ABALYAEVA et al., 2008; AHIR et al., 2008; TANG et al., 2003; VALENTNIA et al., 2003). Outros materiais nanoestruturados são formados por polímeros biodegradáveis modificados por óxidos inorgânicos (ABDOLMALEKI et al., 2012). Muitos desses materiais são opticamente ativos.

É possível produzir biomateriais nanocompósitos combinando polímeros e componentes inorgânicos (ALLO et al., 2012). Esses materiais possuem aplicações em engenharia de tecido ósseo na formação de andaimes sintéticos (ARMENTANO et al., 2010; NAIRA, 2007) utilizados como substrato para o crescimento celular, proliferação e suporte para a formação de novos tecidos (ALLO et al., 2012; ARMENTANO et al., 2010; NAIRA, 2007).

Conclui-se, então, que as combinações que se estabelecem entre os polímeros orgânicos e outros materiais são infinitas. Cada aplicação demanda materiais com propriedades físicas, químicas, biológicas, biomecânicas e de degradação para fornecer eficiência desejada. Existe uma ampla gama de polímeros naturais e sintéticos que podem ser utilizados para tais finalidades. Portanto, a área de pesquisa de materiais nanoestruturado contendo polímeros é vasta e só tende a crescer, já que os materiais obtidos apresentam multifuncionalidade com atraentes aplicações comerciais.

REFERÊNCIAS

- ABALYAEVA, V. V.; NIKOLAEVA, G. V.; EFIMOV, O. N. Preparation and Study of Polyaniline and Multiwall-Carbon-Nanotube-based Composite Materials. **Russian Journal of Electrochemistry**, v. 44, n. 7, p. 828–834, 2008.
- ABDOLMALEKI, A.; MALLAKPOUR, S.; BORANDEH, S. Effect of silane-modified ZnO on morphology and properties of bionanocomposites based on poly(ester-amide) containing tyrosine linkages. **Polym. Bull.**, n. 69, p. 15–28, 2012.
- ABDELLAH, A.; BAIERL, D.; FABEL, B.; LUGLI, P.; SCARPA, G. Exploring Spray Technology for the Fabrication of organic devices based on Poly(3-hexylthiophene). Conference on Nanotechnology, 9., 2009. IEEE. 2009.
- ABEYSINGHE, D. C.; CHEN, W.; ZHAN, Q.; NELSON, R. E. Polymer underlayer assisted dewetting of a top metal nanofilm. **Nanotechnology**, n. 20, p. 9, 2009.
- AGARWAL, P.; CHOPRA, M.; ARCHER, L. A. Nanoparticle Netpoints for Shape-Memory Polymers. **Angew. Chem. Int. Ed.**, n. 50, p. 8670–8673, 2011.
- AHIR, S.; HUANG, Y.; TERENTJEV, E. Polymers with aligned carbon nanotubes: Active composite materials. **Polymer**, n. 49, p. 3841–3854, 2008.

ALLO, B. A.; RIZKALLA, A. S.; MEQUANINT, K. Hydroxyapatite Formation on Sol–Gel Derived Poly(ϵ -Caprolactone)/Bioactive Glass Hybrid Biomaterials. **ACS Appl. Mater. Interfaces**, n. 4, p. 3148–3156, 2012.

ARMENTANO, I.; DOTTORI, M.; FORTUNATI, E.; MATTIOLI, S.; KENNY, J. M. Biodegradable polymer matrix nanocomposites for tissue engineering: A review. **Polymer Degradation and Stability**, n. 95, p. 2126–2146, 2010.

BUTOESCU, N.; JORDAN, O.; BUDERT, P.; STADELMANN, P.; PETRI-FINK, A.; HOFMANN, H. et al. Dexamethasone-containing biodegradable superparamagnetic microparticles for intra-articular administration: Physicochemical and magnetic properties, in vitro and in vivo drug release. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, n. 72, p. 529–538, 2009.

CHEOW, W. S.; HADINOTTO, K. Factors affecting drug encapsulation and stability of lipid–polymer hybrid nanoparticles. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, n. 85, p. 214–220, 2011.

CUNHA, V. R. R.; FERREIRA, A. M. C.; CONSTANTINO, V. R. L.; TRONTO, J.; VALIM, J. B. Hidróxidos duplos lamelares: nanopartículas inorgânicas para armazenamento e liberação de espécies de interesse biológico e terapêutico. **Quím. Nova**, v. 33, n. 1, p. 159–171, 2010a.

CUNHA, V. R. Hidróxidos duplos lamelares: nanopartículas inorgânicas para armazenamento e liberação de espécies de interesse biológico e terapêutico. **Quím. Nova**, v. 33, n. 1, p. 159–171, 2010b.

DÜZGÜN, A. *et al.* Nanostructured materials in potentiometry. **Anal Bioanal Chem**, n. 399, p. 171–181, 2011.

HONG, J.; XU, D.; YU, J.; GONG, P.; MA, H.; YAO, S. Facile synthesis of polymer-enveloped ultrasmall superparamagnetic iron oxide for magnetic resonance imaging. **Nanotechnology**, n.18, 2007.

JOSÉ, N. M.; PRADO, L. A. S. A. Materiais híbridos orgânico-inorgânicos: preparação e algumas aplicações. **Quím. Nova**, v. 28, n. 2, p. 281–288, 2005.

LUDUEÑA, L. N.; KENNY, J. M.; VAZQUEZ, A.; ALVAREZ, V. A. Effect of clay organic modifier on the final performance of PCL/clay nanocomposites. **Materials Science and Engineering**, v. 529, p. 215–223, 2011.

MACIEL, A. P.; LONGO, E.; LEITE, E. R. Dióxido de estanho nanoestruturado: síntese e crescimento de nanocristais e nanofitas. **Quím. Nova**, v. 26, n. 6, p. 855–862, 2003.

NAIRA, L. S.; LAURENCIN, C. T. Biodegradable polymers as biomaterials. **Prog. Polym. Sci.** n. 32, p. 762–798, 2007.

PASCHOALINO, M. P.; MARCONE, G. P. S.; JARDIM, W. F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Quím. Nova**, v. 33, n. 2, p. 421–430, 2010.

PEREIRA, A. P. V.; VASCONCELOS, W. L.; ORÉFICE, R. L. Novos Biomateriais: Híbridos Orgânico-Inorgânicos Bioativos. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 104–109, 1999.

PICCIANI, P. H. S. **Desenvolvimento de materiais nanoestruturados a base de polímeros condutores para aplicação em sensores**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia

de Polímeros). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – IMA, Rio de Janeiro, 2008.

RIEGER, J.; HORN, D. Organic Nanoparticles in the Aqueous Phase. **Angew. Chem. Int. Ed.** v. 40, p. 4330–4361, 2001.

SILVA, D. S. *et al.* Caracterização de materiais nanoestruturados modificados com os copolímeros P123/F127. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 17., 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** Foz do Iguaçu: UFC, p. 5479-5488, 2006.

SOARES, J. F. **Síntese, Caracterização e Propriedades de Materiais Híbridos formados entre Polianilina e Óxidos de Vanádio obtidos pelo Processo Sol-Gel.** 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Paraná, 2007.

TANG, W.; SANTARE, M. H.; ADVANI, S. G. M elt processing and mechanical property characterization of multi-walled carbon nanotube/ high density polyethylene (MWNT/HDPE) composite films. **Carbon**, n. 41, p. 2779–2785, 2003.

TRISTÃO, J. C. **Materiais Nanoestruturados Magnéticos à Base de Ferro Recobertos por Carbono: Síntese, Caracterização e Aplicações.** 2010. 153 f. Tese (doutorado em Química) – Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Química, Minas Gerais, 2010.

VALENTNIA, L.; ARMENTANO, I.; SANTILLIB, P.; KENNYA, J.; LOZZIC, L.; SANTUCCIC, S. Electrical transport properties of conjugated polymer onto self-assembled aligned carbon nanotubes. **Diamond and Related Materials**, n. 12, p. 1524–1531, 2003.