

ANÁLISE DO POTENCIAL MERCADOLÓGICO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA DE ORIGEM BIOLÓGICA POR MAPEAMENTO DE TECNOLOGIAS E PRODUTOS EM DOCUMENTOS DE PATENTES

Ana Paula Gomes Braga de Azevedo¹; Fabiana Mitiko Adati¹; Gabriel da Silva Santos¹; Giovanna Chinait de Carvalho¹; Paulo Nicola Venturelli¹; Rodnei Fagundes Dias¹; Celso Barbosa de Sant'Anna Filho²

¹Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, INMETRO; Diretoria de Inovação e Tecnologia (DITEC); Divisão de Estudos Prospectivos e Avaliação de Impacto (DIEST).

²Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, INMETRO; Diretoria de Metrologia Aplicada às Ciências da Vida (DIMAV).

Rec.: 10.05.2015. Ace.: 25.09.2015

RESUMO

As nanopartículas de prata (AgNPs) têm aplicações em diversos setores industriais, as quais dependem de características como forma, tamanho, dispersão e presença de resíduos de síntese. O presente estudo teve como objetivo mapear os principais setores e tecnologias que utilizam AgNPs no Brasil e no mundo, a partir de 2008, e avaliar o potencial mercadológico de AgNPs biológicas. Como resultado, o estudo demonstrou que os depósitos de pedidos de patentes no Brasil e no mundo são crescentes, embora no cenário nacional ele ainda seja baixo. Dentre os depósitos nacionais a classificação com maior relevância é a A61, correspondente à área de higiene e saúde. O estudo mercadológico demonstrou que, em produtos quimicamente sintetizados, a ausência de resíduos pode encarecer o produto significativamente e que a síntese biológica pode ser uma opção econômica e ecologicamente mais viável. Então, que há uma grande potencialidade no mercado para AgNPs biológicas.

Palavras chave: Nanopartículas. Prata. Patentes. Biossíntese. Mapeamento Tecnológico.

ABSTRACT

Silver nanoparticles (AgNPs) have been used in wide range of industrial sectors, which is dependent on their characteristics such as shape, size, dispersion and residues synthesis. The aim of this study was to map the main sectors and technologies (since 2008) that use AgNPs in Brazil and in the world, and evaluate the potential market of biological AgNPs. It was found that patent applications filed in Brazil and in the world are increasing, even though the number of applications is low in Brazil. Among the national applications the classification with greater relevance is A61, corresponding to the area of hygiene and health. The market research showed that in chemical synthesis of AgNPs, the absence of residues can endear the product significantly and biological synthesis appears to be a promising economical and eco-friendly alternative. We conclude that there is a great potential in the market for the biologically synthesized AgNPs.

Keywords: Nanoparticles; Silver; Patents; Biosynthesis; Technological Mapping.

Áreas tecnológicas: Desenvolvimento; Mapeamento; Tecnologia

INTRODUÇÃO

Devido às suas propriedades ópticas, elétricas e, principalmente, antimicrobianas, as nanopartículas de prata (AgNPs) têm sido utilizadas em diferentes setores da economia, seja em produtos de consumo como em processos industriais. Aplicações já conhecidas ocorrem nos setores de produtos têxteis, cosméticos, farmacêuticos, tintas, agricultura, embalagens para alimentos, higiene, limpeza e eletroeletrônicos (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008; ENERO, 2013).

Tais propriedades parecem depender do tamanho, formato, da substância que envolvem as nanopartículas, presença de resíduos de síntese e do padrão de aglomeração em que as AgNPs se organizam. Diversos estudos têm sido realizados em todo mundo no intuito de elucidar o quanto esses aspectos são relevantes a cada uma das aplicações (WEI et al., 2014).

A síntese de nanopartículas pode ocorrer por 3 métodos distintos: químicos, físicos ou biológicos. Os métodos químicos e físicos, apesar de serem rápidos e permitirem um controle maior da homogeneidade do tamanho e formato das nanopartículas, geram material residual tóxico ao meio ambiente e, por vezes, demandam um alto consumo energético.

Em contrapartida, a síntese biológica, também chamada de “síntese verde”, é considerada ecologicamente correta, pois os resíduos gerados não são moléculas tóxicas e podem ser produzidas por organismos como fungos, bactérias, algas, leveduras e até mesmo plantas. Atualmente, diversos microrganismos vêm sendo estudados com esse propósito, uma vez que algumas de suas proteínas atuam como agentes de proteção e estabilização das AgNPs biossintetizadas (RAI et al., 2009; WEI et al., 2014).

Desta forma, a biossíntese de AgNPs, sem geração de resíduos tóxicos ao meio ambiente, considerada como “síntese verde”, passa a ter um diferencial de grande importância, pois é cada vez mais desejável a utilização de processos que tenham menor impacto ao meio ambiente.

Soma-se a isso o fato de que em determinadas aplicações, como no caso de medicamentos e cosméticos, a existência de resíduos químicos pode ser considerada um contrassenso, uma vez que AgNPs são empregadas no intuito de se diminuir a quantidade de prata, tendo mesma atividade ou melhor, reduzindo assim a toxicidade do produto administrado (BENNET, 2014).

Esta diferença de externalidades entre a rota biológica e os demais métodos de síntese representa algo considerável que poderia justificar a ênfase atual nas pesquisas no método biológico (ENERO, 2013). Outra questão a se considerar é a perspectiva de que esses novos métodos possam gerar ou ancorar novos desenvolvimentos tecnológicos e novos mercados (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008).

O presente estudo teve como objetivo mapear os principais setores e tecnologias que utilizam AgNPs por meio da análise de documentos de patentes publicados no Brasil e no mundo a partir de 2008, e avaliar a potencialidade mercadológica de AgNPs de origem biológica frente às de origem química.

METODOLOGIA

Para avaliação do perfil patentário das aplicações de nanopartículas de prata foi realizada uma busca em 4 de maio de 2015 utilizando a base de dados Derwent Innovations IndexSM/Web of Science da Thomson Reuters®, disponibilizada via Portal CAPES. Essa ferramenta congrega informações de documentos de patentes de 40 escritórios oficiais no mundo a partir de 1963, utilizando na pesquisa o Derwent World Patent Index® (DERWENT, 2015).

Os documentos foram recuperados a partir da pesquisa dos termos “nanopart* AND silver” no campo Tópico (TS) de busca.

A avaliação temporal considerou os pedidos de patente publicados a partir de 2008, e foram feitas análises quanto ao país de prioridade, depositantes e áreas do conhecimento com maior interesse de proteção da tecnologia no Brasil e no mundo.

Durante o estudo também foi realizada a avaliação do potencial mercadológico de nanopartículas de prata sintetizadas por via biológica.

Para tal foi realizada pesquisa de mercado entre os meses de setembro de 2014 e março de 2015 por consulta por *e-mail* e visita às páginas eletrônicas de diversos fornecedores, onde foram obtidos valores por peso, considerando como variáveis a forma, o tamanho, grau de homogeneidade e pureza das nanopartículas. Foram consultadas também as áreas para as possíveis aplicações das AgNPs, segundo suas características.

Após extensa pesquisa, foram selecionados para este estudo apenas 2 fornecedores que prestaram informações completas sobre as características das nanopartículas. Ambos são fornecedores com sede nos EUA e reconhecidos na área de pesquisa, bem como na indústria. As nanopartículas de prata de ambos são comercializadas no Brasil mediante importação e sintetizadas por processos não biológicos.

Para comparação com os valores informados pelos fornecedores foram calculados os custos de matéria prima a partir de biossínteses realizadas nos laboratórios do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, utilizando cepas de leveduras *C. lusitaniae* como microorganismos de escolha, de acordo com o método publicado por Lakshimi et al.(2014) modificado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É imperioso salientar que a publicação dos pedidos ocorre em um prazo mínimo de 18 meses do depósito (período de sigilo) e as validações em fases nacionais no PCT podem ocorrer em até 30 meses após o depósito prioritário. Assim, os dados referentes aos anos de 2013 a 2015 podem não refletir a totalidade dos depósitos.

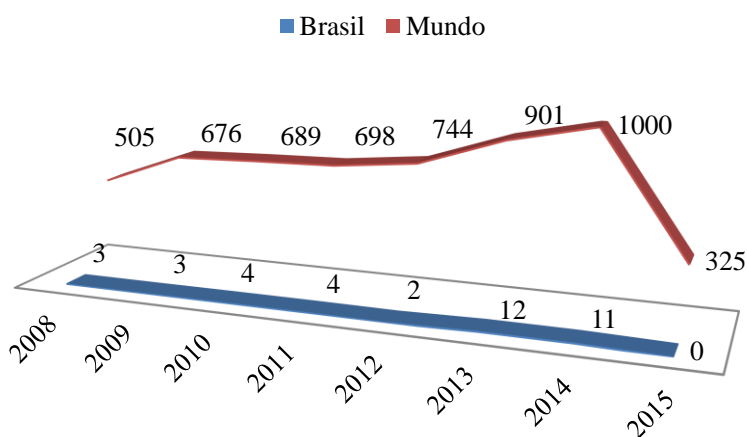
Optou-se por analisar documentos de patentes publicados a partir de 2008 no intuito de se analisar o impacto das políticas industriais nacionais com foco em nanotecnologia existentes a partir de 2005 com a implantação do Programa Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia e o investimento de mais de R\$ 140 milhões ocorrido entre 2004-2007 (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008; PASCHOALINO et al., 2010).

Na busca foram recuperados 5.538 documentos de patentes publicados em todo mundo entre 2008 e 2015, dos quais 39 documentos foram publicados no Brasil, sendo 24 com prioridade brasileira e, destes, 10 depositados no exterior. Dos documentos com prioridade brasileira, 18 foram depositados por instituições públicas. A maioria deles (15) são de universidades públicas, sendo as mais representativas a Universidade de Campinas (UNICAMP) com 5 depósitos e a Universidade de São Paulo (USP) com 4 depósitos.

A Figura 1 mostra que é crescente o número de depósitos no mundo e, mesmo que ainda seja baixo o número de tecnologias protegidas envolvendo AgNPs no Brasil, os dados de 2013 e 2014, ainda não definitivos, indicam significativo aumento no número de depósitos quando comparados aos anos anteriores. Tais dados podem estar relacionados à atual Política Industrial “Plano Brasil Maior”, onde a nanotecnologia é considerada área de fronteira estratégica, e refletem o crescimento mundial no número de publicações sobre AgNPs, que chegou ao acumulado de quase 19.000 no ano de 2012 (MCTI, 2012; TRAN et al., 2013)

Os dados analisados também indicam que a maioria dos depósitos nacionais são feitos por universidades públicas, sem parceiros comerciais, o que sugere que as pesquisas de tecnologias envolvendo AgNPs no Brasil estão sendo custeadas por meio de financiamento público e, por esta razão, é possível que necessitem de maior desenvolvimento para chegarem à sociedade como produtos.

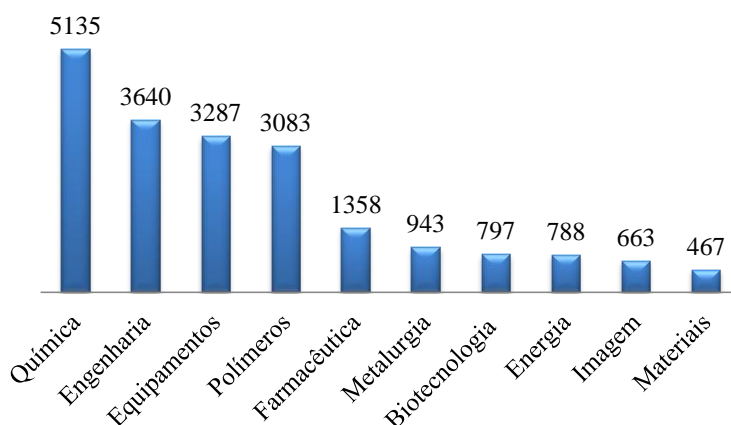
Figura 1 - Pedidos de patente publicados no mundo e no Brasil a partir de 2008



Fonte: Autoria própria, 2015.

A análise realizada pela base Derwent, dos documentos recuperados na busca, mostrou que as 10 principais áreas de conhecimento são, em ordem de volume de pedidos de patente mundiais: química, engenharia, equipamentos, polímeros, farmacêutica, metalurgia, biotecnologia, energia, fotografia/imagem e ciência de materiais (Figura 2). Tais dados sugerem tecnologias relacionadas à síntese (química) e às mais diversas aplicações da AgNPs, com destaque para engenharia, polímeros (revestimentos e tintas) e indústria farmacêutica. Dentre os principais depositantes mundiais estão a Samsung, a Ocean's King Lighting (OKTech) e a Xerox, empresas de eletroeletrônicos energia e fotografia/imagem, respectivamente.

Figura 2 - Pedidos de patente a partir de 2008 por área de conhecimento



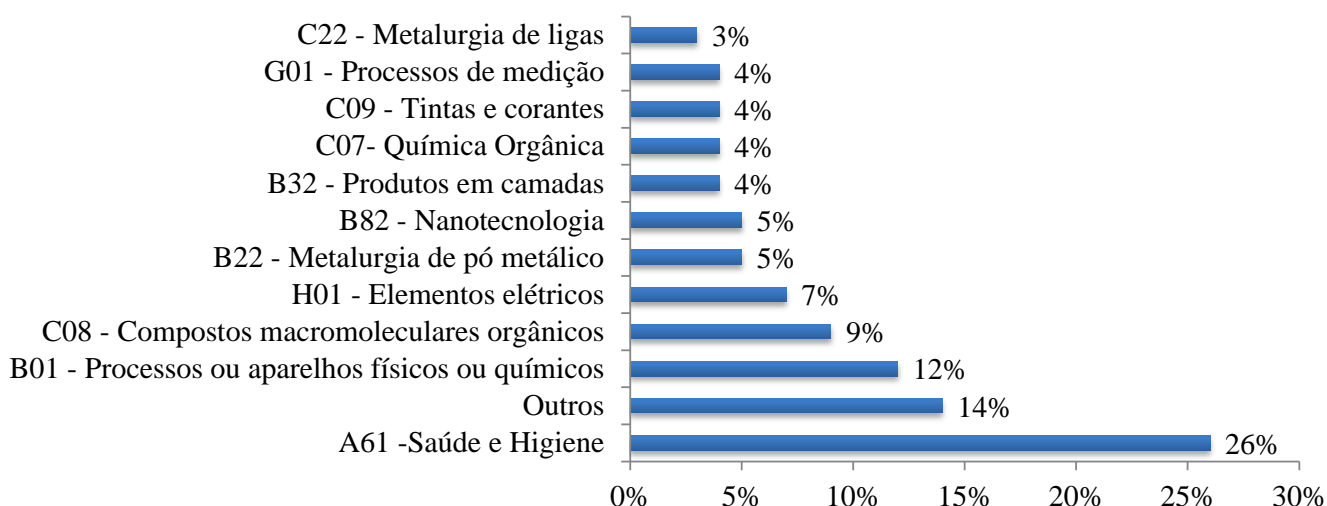
Fonte: Autoria própria, 2015.

A análise dos depósitos realizados no Brasil, considerando a Classificação Internacional de Patentes (International Patent Classification – IPC), mostrou que na totalidade de depósitos foram utilizadas 32 classes de classificações, dentre as quais a de Saúde e Higiene (A61) foi a que agregou maior número de documentos (Figura 3). Nela estão representadas, em maioria, as subclasses A61K, A61P e A61L, que correspondem a fármacos, cosméticos e métodos ou equipamentos para desinfecção/esterilização. Tais dados corroboram com os encontrados por Sant’Anna *et al.* (2013).

Em sequência, estão os depósitos relacionados à classificação B01, indicando o interesse em se proteger processos e equipamentos que provavelmente estão relacionados à síntese de AgNPs. Merecem ainda destaque tecnologias relacionadas à revestimentos (B32), tintas e corantes (C09) e aplicações na área de elétrica (H01).

As demais classificações não constantes na Figura 3, com menor representatividade, estão agrupadas como “outros” e, em conjunto, correspondem a 14% das classificações dos depósitos. Entre as mesmas, as de menor representatividade são as D06 (0,7%) e E04 (0,2%) que correspondem, respectivamente, às tecnologias aplicadas às áreas de tratamento de têxteis e materiais para edificações.

Figura 3 – Classificação dos depósitos realizados no Brasil



Fonte: Autoria própria, 2015.

O elevado percentual de depósitos (26%) nas áreas de Saúde e Higiene provavelmente se relaciona ao interesse de aplicação das AgNPs devido às propriedades antimicrobianas da prata. Diversos estudos têm evidenciado a eficácia da nanopartícula de prata no combate e eliminação de ampla faixa de microrganismos como bactérias, fungos e vírus, além de aplicações em terapias de combate ao câncer (RAI *et al.*, 2009; TRAN *et al.*, 2013; WEI *et al.*, 2014).

Algumas pesquisas desenvolvidas no Brasil sugerem que a nanopartícula de prata biológica pode ser até 300 vezes mais eficiente em tratamentos antifúngicos do que os métodos terapêuticos tradicionais, e três vezes mais eficiente do que a nanopartícula de prata obtida pelo método químico (ENERO, 2013).

Ao se discutir o mercado de nanopartículas, é necessário conceituar a cadeia de valor dessa área, em seus diversos estágios. Isso porque não existe um mercado de nanotecnologia, e sim uma cadeia de valor (ABDI, 2010).

A cadeia de valor da nanotecnologia é composta por três elos. Fazem parte do primeiro elo as empresas produtoras de nanomateriais, como materiais compósitos, nanopartículas e nanotubos. No segundo, estão os fabricantes de produtos intermediários, tais como revestimentos, tecidos, componentes ópticos, materiais ortopédicos, fios condutores, entre outros. No último elo temos as empresas que fabricam produtos acabados incorporando a nanotecnologia, como as indústrias de cosméticos, roupas, recipientes de alimentos, plásticos e outros produtos (ABDI, 2010; FIRJAN, 2011).

No que se refere à nanopartícula de prata, há evidências de que esta substituirá a prata nas aplicações novas e tradicionais, tendo em vista que as tecnologias com uso de nanopartículas vêm se mostrando superiores às tradicionais.

Ao exigir uma menor quantidade de metal em formulações do que no uso convencional, por apresentar uma maior atividade quando comparada à prata metálica, a expansão do emprego de nanopartículas não seria um fator a pressionar a demanda de prata, não induzindo, portanto, seu aumento. No entanto, há evidências de que seus preços ainda permaneçam relativamente elevados, o que dificulta sua penetração no mercado. Parte disso pode estar relacionada aos custos para eliminação de resíduos de síntese e tratamento de detritos pós-produção.

Provavelmente, o que dificulta a expansão do mercado de nanocompostos depende dos resultados, ainda inconclusivos, dos impactos sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente no uso intensivo da nanotecnologia em produtos industriais e de consumo (Paschoalino, 2010). Além disso, a comercialização de produtos deve obedecer às exigências de legislações quanto aos aspectos de segurança em relação à saúde pública e ao meio ambiente. Essas legislações ainda não estão estabelecidas em nosso país, apesar da imensa gama de produtos que já está no mercado ou em vias de entrar (ANVISA, 2014).

É importante salientar que ainda não existe produção em grande escala de AgNPs no Brasil, o que faz com que os preços internos do produto ao consumidor nacional sejam acrescidos de custos do processo de importação, tornando-os altos. Contudo, em todo mundo uma grande variedade de produtos de consumo já contém nanoprata. Em 2013 haviam mais de 1300 fabricantes e mais de 300 produtos no mercado contendo nanoelementos, representando um faturamento estimado em cerca de US\$ 2,5 trilhões para 2015, com crescimento anual de aproximadamente 25%, onde o Brasil é responsável por 1% do total (FERNANDES; FILGUEIRAS, 2008; TRAN *et al.*, 2013; MCTI, 2012).

A nanopartícula de prata é apresentada ao mercado em diferentes formas: em suspensão, orgânica, seca, revestida, recobrimo outros metais, entre outras.

Neste estudo diversos fabricantes e fornecedores foram consultados, tanto sediados no Brasil como no exterior. Foram selecionados dados de apenas 2 fornecedores, ambos com sede nos EUA, que forneceram informações completas relacionadas à caracterização das AgNPs (forma, tamanho, homogeneidade e presença ou não de resíduos), principais aplicações, preços por tamanho, linha de produto, meio em suspensão e concentração. Todos fornecedores consultados realizavam síntese de AgNPs por processos não biológicos.

Na Tabela 1 está representada as variações de preço encontradas entre fornecedores, considerando as características das AgNPs.

A análise da Tabela 1 revela que a ausência de residual químico é o fator determinante para agregação de valor às AgNPs, principalmente quando associado à ausência de endotoxinas. Ao se comparar os fornecedores, a caracterização (tamanho e forma) também é valorada significativamente.

Tabela 1 – Valores de comercialização de AgNPs químicas segundo caracterização

Fornecedor	Produto	Suspensão	Tamanho e forma	Quantidade	Preço	Aplicações
1	Nanopartícula de prata (não purificada) 1mg/mL	5% Etilenoglicol 95% AgNPs (comercializada com AgNPs seca)	Forma não informada e Diâmetro Variável < 100nm	25mg	US\$ 0,90	Roupas, tintas, curativos, aparelhos, cosméticos e plásticos, onde não haja restrição à presença de resíduos
2	Nanopartícula de prata (não purificada) 5mg/mL	Em citrato, ácido tânico, PEG, Ácido Lipóico, BPEI ou PVP	Diâmetro definido, forma esférica	125mg	US\$ 125	Roupas, tintas, curativos, aparelhos, cosméticos e plásticos, onde não haja restrição à presença de resíduos
2	Nanopartícula de prata (não purificada) 0,02mg/mL	Em citrato, ácido tânico, PEG, Ácido Lipóico, BPEI ou PVP	Diâmetro definido, forma esférica	20mg	US\$ 800	Necessidade de baixa presença de resíduos e nanopartículas em baixas concentrações
2	Nanopartícula de prata (livre de resíduos, níveis de endotoxinas <2,5EU/mL e esterilizadas) 1mg/mL	Em citrato, ácido tânico, PEG, Ácido Lipóico, BPEI ou PVP	Altamente caracterizadas com diâmetro definido, forma esférica, monodispersas	25mg	US\$ 2495	Ensaio de nanotoxicologia, estudos ambientais, ensaios de fluxo lateral e situações onde não sejam permitidos resíduos

Fonte: Autoria própria, 2015.

Estudos realizados no Inmetro utilizando 2 diferentes cepas de *Candida lusitanae* (aqui nomeadas como *C. lusitanae* #1 e *C. lusitanae* #2) tiveram como resultado AgNPs biossintetizadas livres de resíduos, porém com diâmetro variável (de 2 a 22 nm, com média de 5,15 nm para a cepa *C. lusitanae* #1, e diâmetro variável de 3 a 82 nm, com média de 10,7nm para a cepa *C. lusitanae* #2). Tais diâmetros habilitariam as nanopartículas biológicas para diversas aplicações, incluindo algumas na área farmacêutica e cosmética.

Tais nanopartículas ainda apresentam competitividade econômica, uma vez que para a biossíntese de 25 mg de AgNPs utilizando leveduras de *C. lusitanae*, o custo médio de material foi em torno de US\$ 4,70. Outros custos, como, por exemplo, equipamentos (em torno de R\$ 133 mil/maio de

2015), mão de obra e infraestrutura, ainda precisariam ser contabilizados, mas se diluiriam em um processo fabril de maior escala.

Ao se comparar os custos da síntese química com a biológica, outros pontos também devem ser considerados. Na síntese química, para que haja um menor impacto ambiental, há a necessidade de tratamento dos dejetos de síntese, o que pode ter custos elevados. Esses custos são inexistentes na síntese biológica, onde ainda é possível o aproveitamento, como fonte de energia, de material orgânico normalmente descartado em outros processos industriais, reduzindo assim os custos com matéria prima e o impacto sobre o meio ambiente.

Desta forma, mesmo considerando os custos de mão de obra e infraestrutura ainda não incluídos, fica claro que a síntese biológica pode ser econômica e ambientalmente vantajosa em relação à síntese química, sobretudo naquelas situações em que o residual químico não é desejável. Isso pode ser interessante em indústrias onde a variação do tamanho da partícula é aceitável, mas a existência de resíduo químico não é, como, por exemplo, em boa parte das aplicações relacionadas a produtos voltados à saúde.

CONCLUSÃO

Embora o número de depósitos de pedidos de patente envolvendo tecnologias com nanopartículas de prata (AgNPs) seja baixo no Brasil em comparação ao mundo, nos últimos anos houve um expressivo aumento no interesse de proteção desse tipo de tecnologia no país, realizada em maioria por universidades públicas e seus grupos de pesquisa.

A área de saúde e higiene foi a que mais se destacou, provavelmente em razão da expansão do conhecimento das novas aplicações para as AgNPs nos tratamentos do câncer, doenças infecciosas, entre outras, e a utilização em processos de esterilização de água e produção de cosméticos e insumos farmacêuticos.

No presente estudo se conclui que a síntese de AgNPs por processos biológicos se mostra como uma opção economicamente viável à produção química, uma vez que possui custos reduzidos de produção. A utilização desse tipo de partícula pode ser possível em uma extensa lista de produtos e processos, uma vez que as AgNPs de origem biológica apresentam diâmetro compatível à maioria das aplicações conhecidas, com a vantagem de não apresentar resíduos de síntese química, contribuindo desta forma, também, para um menor impacto ambiental.

PERSPECTIVAS

A área de nanotecnologia é vista como área de fronteira para o desenvolvimento estratégico do Brasil dentro da atual Política Industrial. Ela constitui uma área transversal que afeta diversos setores da economia e, por essa razão, torna desejável o desenvolvimento de técnicas de produção mais competitivas tanto sob o aspecto econômico como ambiental. Dentro desse contexto, e com a crescente conhecimento das variadas aplicações da nanopartícula, a síntese biológica surge como alternativa competitiva às sínteses químicas e físicas de nanopartículas de prata.

REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Série Cadernos da Indústria ABDI v. XIX, 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2015.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Diagnóstico Institucional de Nanotecnologia. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/fb117d80436c3cacb1b5b72a042b41f5/Diagn%C3%B3stico+Institucional+de+Nanotecnologia+-+CIN+2014+-+Dicol.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

BENNET, D.; KIM, S. Polymer Nanoparticles for Smart Drug Delivery in: *Application of Nanotechnology in Drug Delivery*, 2014, PhD. Ali Demir Sezer (Ed.), ISBN: 978-953-51-1628-8, InTech, DOI: 10.5772/58422. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/application-of-nanotechnology-in-drug-delivery/polymer-nanoparticles-for-smart-drug-delivery>>. Acesso em: 08 mai. 2015.

DERWENT - World Patents Index[®]. Portal CAPES[®], 2015. Disponível em: <<http://thomsonreuters.com/en/products-services/intellectual-property/patent-research-and-analysis/derwent-world-patents-index.html>>. Acesso em: 08 mai. 2015.

ENERO, D. Prata biológica - Nanopartículas feitas a partir de fungos são testadas com sucesso em tecidos antibacterianos e em ferimentos. Pesquisa FAPESP nº 206, 2013. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/04/12/prata-biologica/>>. Acesso em: 26 nov. 2014.

FERNANDES, M. F.; FILGUEIRAS, C. A. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro desafios). **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2205-2213, 2008.

FIRJAN. Nanotecnologia e a competitividade da indústria brasileira. Observatório Tecnológico – SENAI-RJ. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE921D61B940121E3EC6FB6353F.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2014.

LAKSHMI V. D.; THOMAS, R.; VARGHESE, R. T.; SONIYA, E. V.; MATHEW, J.; RADHAKRISHNAN, E. K. Extracellular synthesis of silver nanoparticles by the Bacillus strain CS 11 isolated from industrialized area. **3 Biotech**, v. 4, p. 121-126, 2013.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015. Balanço das Atividades Estruturantes – 2011. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2015.

PASCHOALINO, M. P.; MARCONE, G.; JARDIM, W. F. Os nanomateriais e a questão ambiental. **Química Nova**, v. 33, n. 2, São Paulo, 2010.

RAI, M; GADE, A.; YADAV, A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. **Biotechnology. Advance**, v. 27, n. 1, p. 76-82, 2009.

SANT'ANNA, L. S.; ALENCAR, M. S. M.; FERREIRA, A. P. Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: Desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química Nova**, v. 36, n.2, p 348-53, 2013.

SIGMA-ALDRICH. Especificações do produto. Disponível em: <http://www.sigmaaldrich.com/Graphics/COFAInfo/SigmaSAPQM/SPEC/73/736503/736503-BULK_____ALDRICH_.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2014.

Ana Paula Gomes Braga de AZEVEDO, et al. Análise do potencial mercadológico de nanopartículas de prata de origem biológica por mapeamento de tecnologias e produtos em documentos de patentes

SIGMA-ALDRICH. Nanopartículas de prata: Propriedades e Aplicações. Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/materials-science/nanomaterials/silver-nanoparticles.html>>. Acesso em: 27 nov. 2014.

TRAN, Q. H.; NGUYEN, V. Q.; LE, A. Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. **Adventure. Nature Science Nanotechnology**, v. 4, n. 3, p. 1-20, 2013.

WEI, L.; LU, J.; XU, H.; PATEL, A.; CHEN, Z.; CHEN, G. Silver nanoparticles: synthesis, properties and therapeutic applications. **Drug Discovery Today**, v. 20, n. 5, 2014.