

SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA CIENTÍFICA

SYNTHESIS OF MAGNETIC NANOPARTICLES: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE SCIENTIFIC LITERATURE

Thaynara Marjô Zanette Schäfer¹

Eveline Favero²

Cristiane Cláudia Meinerz³

Reinaldo Aparecido Bariccatti⁴

Resumo: As nanopartículas magnéticas são porções da matéria com propriedades magnéticas que se encontram à escala nanométrica da ordem 10^{-9} metro que podem ser utilizadas como materiais em diferentes áreas e que possuem maior área superficial. O estudo teve como objetivo apresentar uma revisão sistemática da literatura (RSL) científica nacional em síntese de nanopartículas magnéticas. A RSL foi realizada nas bases de dados eletrônicas: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Science Direct e EBSCOhost e a busca dos artigos foi efetuada com os descritores e combinações: “nanopartículas”, “nanopartículas magnéticas” e “síntese de nanopartículas”. Analisou-se que a produção científica sobre a síntese de nanopartículas magnéticas no Brasil tem sido crescente em vista dos benefícios e aplicações, porém, mesmo considerando os avanços das pesquisas científicas sobre o tema no Brasil, são necessários maiores investimentos nessas pesquisas envolvendo profissionais de outras áreas.

Palavras-chave: nanopartículas magnéticas; síntese; revisão sistemática.

¹ Pós-graduada em Neuropsicopedagogia pela Faculdade Dom Bosco e formada em Química Licenciatura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) – Toledo – PR – Brasil.

² Pós-doutora e Doutora em Psicologia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Extensão Rural pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Graduada em Psicologia pelo Centro Universitário Franciscano.

³ Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Mestre em Agronomia - Produção Vegetal, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Especialista em Impactos Ambientais e Resíduos Sólidos, Universidade Paranaense, Especialista em Higiene e Processamento de Produtos de Origem Animal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Graduada em Ciências Biológicas com ênfase em Biotecnologia pela Universidade Paranaense.

⁴ Doutor, Mestre e Graduado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Abstract: Magnetic nanoparticles are portions of matter with magnetic properties that are on the nanometer scale of the order of 10^{-9} meters that can be used as materials in different areas and have a larger surface area. The aim of this study was to present a systematic review of the national scientific literature (RSL) in magnetic nanoparticle synthesis. The RSL was performed in the electronic databases: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Science Direct and EBSCOhost, and the search for the articles was carried out with the descriptors and combinations: "nanoparticles", "magnetic nanoparticles" and "nanoparticle synthesis". It was analyzed that the scientific production on the synthesis of magnetic nanoparticles in Brazil has been increasing in view of the benefits and applications, however, even considering the advances of the scientific research on the subject in Brazil, it is necessary to invest more in these surveys involving professionals from other areas.

Keywords: magnetic nanoparticles; synthesis; systematic review.

1 INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é um novo campo de pesquisa, investigação e elaboração de materiais industriais com base na criação de estruturas moleculares que mostram avanços que prometem afetar muitas áreas da ciência e da tecnologia (MOLINS, 2008).

O termo nanotecnologia, de acordo com Marques (2014), pode ser descrito como a capacidade para criar dispositivos funcionais e materiais com base no manejo controlado de matéria à grandeza nanométrica para aplicações tecnológicas, explorando a essa grandeza fenômenos químicos, biológicos e físicos.

As nanopartículas (também chamadas de partículas ultrafinas) magnéticas são porções da matéria com propriedades magnéticas que se encontram à escala nanométrica da ordem 10^{-9} metro (LIMA, 2005). Essas nanopartículas podem ser utilizadas como materiais em diferentes áreas, por exemplo, médicas, produção de energia limpa, purificação, entre outras (SCHETTINO, 2009).

As propriedades químicas, elétricas, estruturais e magnéticas entendem as nanopartículas e derivam de sua proporção entre volume e área superficial (CERDA et al, 2003) melhorando a sua eficácia nas aplicações vinculadas à sítios superficiais, assim como ocorre na catálise.

Uma das vantagens de utilizar nanopartículas é devido possuírem grande área superficial, proporcionando maior quantidade de sítios ativos na superfície e assim intensificando a adsorção (TOMA, 2004).

Segundo Rodrigues (2012), as nanopartículas apresentam aplicações revolucionárias no campo da exploração ambiental, em especial aquelas feitas de magnetita, material, que na forma nanométrica apresentam propriedades de um “super ímã”.

Dados históricos apontam que os Maias usavam argilas de silicatos de magnésio e alumínio contidos por nanoporos preenchidos por água (MARQUES, 2014), já os Romanos no século IV utilizavam nanopartículas metálicas como ouro e prata para fabricar vidros coloridos. Em meados do século XVIII surge a fotografia baseada na produção de nanopartículas de prata sensíveis a luz (ROZ et al., 2015).

O termo nanotecnologia foi utilizado pela primeira vez numa conferência de engenharia em 1974, pelo professor Norio Taniguchi, que expôs seu trabalho sobre semicondutores por uso de práticas de deposição de filmes e feixes de energia com controle nanométrico das dimensões (MARQUES, 2014).

Recentemente, tem sido frequente as pesquisas centradas no emprego de nanopartículas magnéticas como solução de problemas ambientais. Essas nanopartículas podem atuar como adsorventes, (adesão de moléculas) com contaminantes gasosos ou aquosos que, após fixação, são separadas por processo magnético (SCHETTINO, 2009).

O presente artigo teve como objetivo apresentar uma revisão sistemática da literatura, ou também chamada revisão especial em síntese de nanopartículas magnéticas. A revisão sistemática de literatura é importante para adquirir informações desejadas quando se tem um volume crescente de resultados publicados, algumas vezes contraditórios, outras similares (DRESH et al., 2015).

As revisões sistemáticas de literatura são estudos secundários para encontrar, avaliar criticamente, mapear, consolidar e agregar resultados de estudos primários expressivos a respeito de uma pesquisa específica, bem como identificar lacunas a serem preenchidas resultando em uma epítome e relato coerente (DRESH et al., 2015).

Uma revisão sistemática, segundo Sampaio e Mancini (2007), é um método de pesquisa que emprega a literatura como fonte de dados sobre determinado tema. Esse método de investigação disponibiliza uma síntese das evidências relacionadas a uma técnica de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de pesquisa, síntese da informação selecionada e análise crítica.

Cabe ressaltar que o resultado de uma revisão sistemática não é uma relação de ciência de divisões do tempo, sucessão e ordem dos acontecimentos históricos, apresentação descritiva e linear de um assunto, pois essa revisão deve se constituir em um trabalho compreensivo e reflexivo a respeito de um tema (COSTA; ZOLTOWSKI, 2014).

2 MÉTODOS

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é realizada para identificar, avaliar e interpretar os estudos relevantes de uma temática. Apresenta dois objetivos principais: fornecer um número relevante de trabalhos relacionados para embasar futuras pesquisas e identificar lacunas existentes em uma área de pesquisa (CORREIA, 2014).

Segundo Costa e Zoltowski (2014), a revisão sistemática é um método que permite elevar o poder de busca de um determinado assunto, encontrando o maior número possível de resultados de forma organizada.

A RSL foi realizada em três bases de dados eletrônicos (Figura 1): SciELO (Scientific Electronic Library Online), Science Direct e EBSCOhost. Foram utilizados para busca dos artigos, os seguintes descritores e suas combinações: “nanopartículas”, “nanopartículas magnéticas” e “síntese de nanopartículas”.

Sem considerar os critérios de inclusão foram encontrados inicialmente (Figura 1) para o descritor “nanopartículas”: 312 publicações na base de dados SciELO, 127 na Science Direct e 38 no EBSCOhost. Para a combinação “nanopartículas magnéticas”, foram encontradas 31 publicações na base SciELO, 42 na Science Direct e 5 no EBSCOhost. Por fim, para a combinação “síntese de nanopartículas” encontrou-se 31 publicações na base SciELO, 3 na Science Direct e 4 no EBSCOhost.

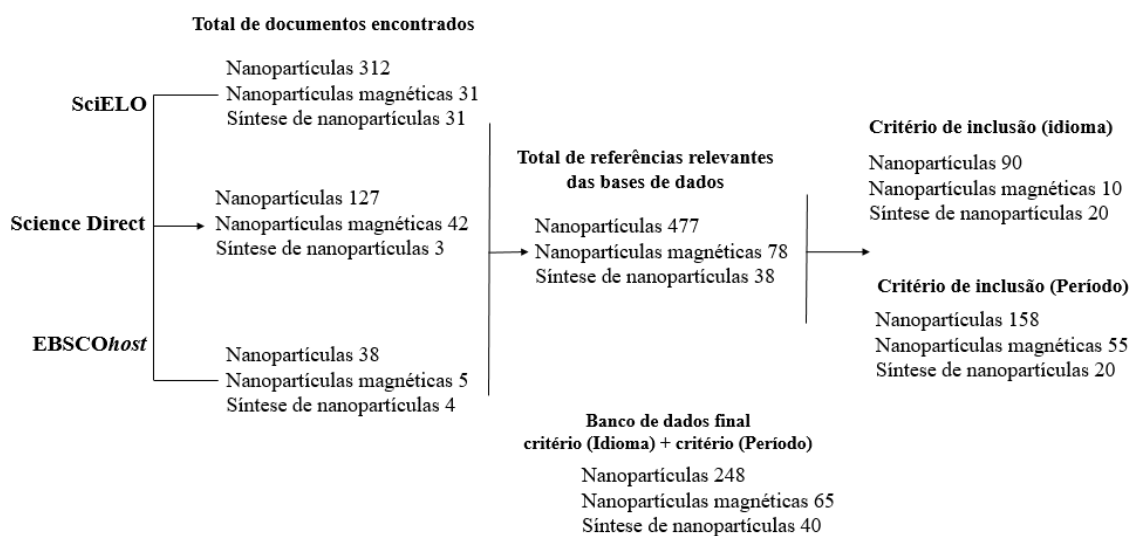


Figura 1. Resultados da busca de dados

Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos artigos nas bases de dados foram: artigos publicados no idioma português e ano da publicação de 2011 a 2016. A pesquisa foi realizada em junho de 2016.

Os critérios de exclusão foram: documentos que apresentassem outro idioma diferente do português, que não estivessem no período de cinco anos, não apresentassem o descritor no título, estivessem em duplicata na revisão ou cujo tema não contemplasse o objetivo proposto neste estudo.

Do total de publicações encontradas inicialmente nas bases de dados, considerando os critérios de inclusão, restaram 248 trabalhos com o descritor “nanopartículas”, 65 para a combinação “nanopartículas magnéticas” e 40 para “síntese de nanopartículas”.

Através de uma ficha de leitura foi realizada a análise dos dados dos documentos restantes buscando apontar os conceitos teóricos utilizados, mecanismos metodológicos e os principais seguimentos dos estudos encontrados (COSTA; ZOLTOWSKI, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa relacionada a síntese de nanopartículas magnéticas é recente no Brasil, portanto, não foi possível apresentar um resultado expressivo de artigos publicados nas bases de dados (Tabela 1), principalmente porque uma minoria está escrita no idioma português, sendo este um dos critérios de inclusão (Tabela 2).

Tabela 1. Documentos encontrados na base de dados para descritores e combinações.

Pesquisas nas bases de dados			
Total de documentos encontrados nas bases de dados	Nanopartículas	Nanopartículas Magnéticas	Síntese de Nanopartículas
SciELO	312	31	31
Science Direct	127	42	3
EBSCOhost	38	5	4

Das três bases de dados consultadas – SciELO, Science Direct e EBSCOhost – é possível observar no Gráfico 1 que, a maior parte dos estudos referente ao descritor “nanopartículas” e a combinação “síntese de nanopartículas” foram encontrados na base de dados SciELO. Sobre a combinação “nanopartículas magnéticas” o maior número de trabalhos foi encontrado na base de dados Science Direct.

Tabela 2. Informações referentes aos critérios de inclusão.

Critérios de inclusão		
Artigos publicados nas bases de dados	Português	Nos últimos cinco anos
SciELO (Nanopartículas)	60	37
Science Direct (Nanopartículas)	7	87
EBSCOhost (Nanopartículas)	23	34
SciELO (Nanopartículas magnéticas)	5	9
Science Direct (Nanopartículas magnéticas)	1	42
EBSCOhost (Nanopartículas magnéticas)	4	4
SciELO (Síntese de nanopartículas)	14	13
Science Direct (Síntese de nanopartículas)	3	3
EBSCOhost (Síntese de nanopartículas)	3	4

Com respeito ao critério de inclusão idioma, foi possível observar que (Gráfico 2) a maioria dos estudos referentes ao descritor “nanopartículas” e a combinação “síntese de nanopartículas” foram encontrados na base de dados SciELO. Contudo,

a combinação “nanopartículas magnéticas” apresentou-se com um número muito próximo de trabalhos publicados na base de dados SciELO e EBSCOhost.

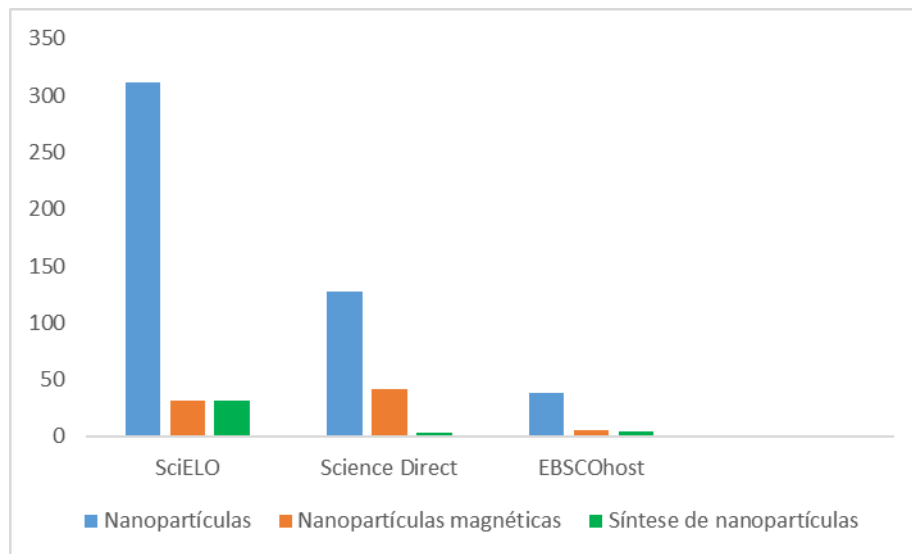


Gráfico 1. Comparação dos resultados das bases de dados

Relativo ao segundo critério de inclusão - ano de publicação - foi possível observar que (Gráfico 3) a maioria dos artigos publicados alusivo ao descritor “nanopartículas” e a combinação “nanopartículas magnéticas” foi encontrado na base de dados Science Direct. A combinação “síntese de nanopartículas” apresentou maior número de publicações nos últimos cinco anos na base de dados SciELO.

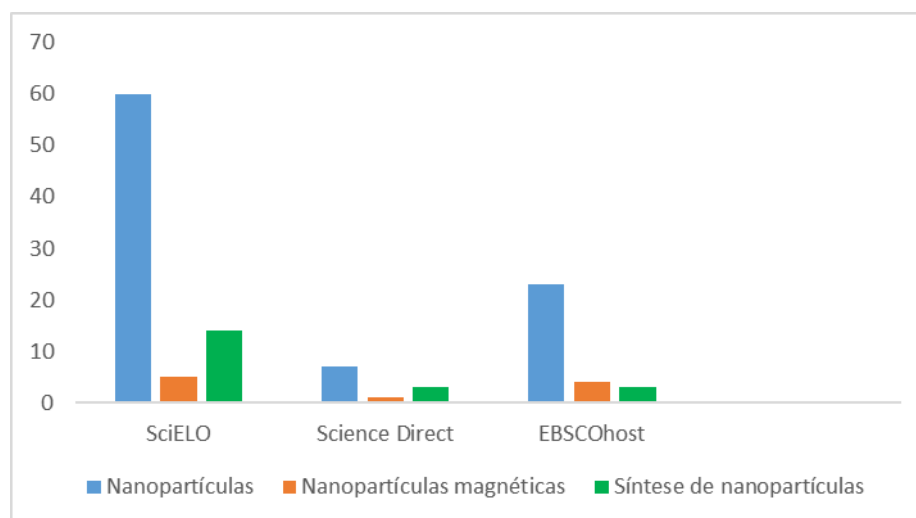


Gráfico 2. Comparação dos resultados alusivo ao critério de inclusão idioma.

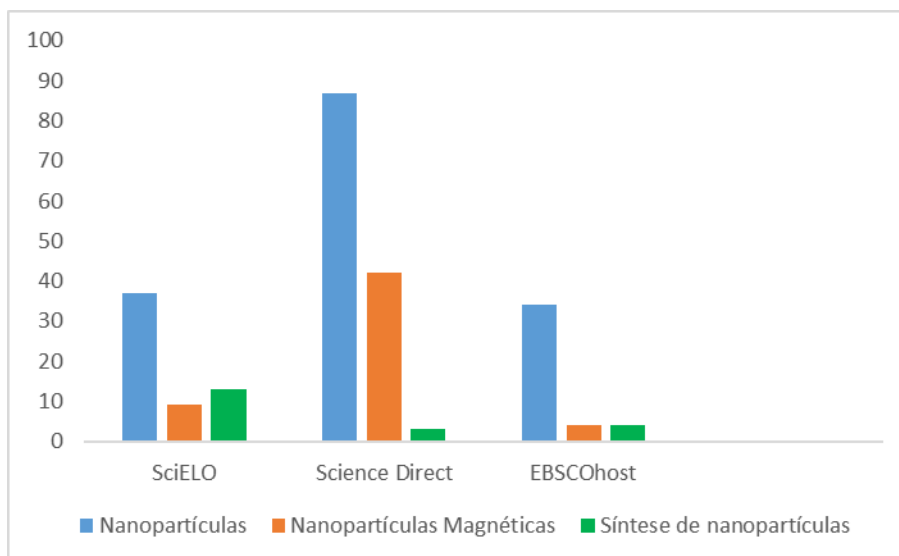


Gráfico 3. Comparação dos resultados referente ao critério de inclusão ano de publicação.

A descrição individual aleatória de alguns estudos referentes às consultas das bases de dados foi apresentada na Tabela 3, seguindo a ordem cronológica de publicações.

O estudo de Melo et al. publicado em 2012 e selecionado na base de dados SciELO apresentou o preparo e caracterização de nanopartículas de prata e ouro como método para introdução da nanociência em laboratório de ensino.

O preparo e caracterização das nanopartículas se deu a partir da redução dos íons Ag^+ e Au^{3+} em meio aquoso, desenvolvidas em uma aula experimental de 6 horas em laboratório de ensino de Química Inorgânica para a Graduação, em 2010.

A instrumentação utilizada no estudo foi um espectrofotômetro para obter os espectros eletrônicos das soluções coloidais e um microscópio eletrônico de transmissão, para examinar as nanopartículas. Verificou-se a diversidade de cores das nanopartículas metálicas em função do tamanho explicada pelo efeito de confinamento quântico e ressonância de plasmon de superfície.

A produção de nanopartículas de Al_2O_3 utilizando água de coco maduro (coco seco) foi apresentado por Soares et al., 2013 na base de dados SciELO. No trabalho foi proposto uma nova rota sol-gel proteico utilizando água de coco maduro como fluido precursor molecular para produção de nanopartículas para aplicação em indústria de cerâmica.

As nanopartículas foram sintetizadas a partir da dissolução de $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ na água de coco a uma concentração de $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$. As soluções foram mantidas sob agitação por 10 minutos e em seguida foram levadas à estufa para secar a temperatura de 100°C por 24 horas. Após seco, o material foi calcinado a temperatura de 500°C por 5 horas para ocorrer a decomposição térmica do polímero e obter o aerogel.

Os instrumentos utilizados para as análises das nanopartículas de Al_2O_3 foram difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura, termogravimétrica-térmica diferencial e microscopia de força atômica. A utilização da água de coco maduro apresentou benefícios econômicos, além da consciência ambiental, devido a possibilidade de aproveitamento de resíduos da indústria e produção de nanopartículas de Al_2O_3 de elevado valor agregado.

Na pesquisa de Fontanive *et al.*, 2014 publicado na Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada apresentada na base de dados EBSCOhost, foi descrito um novo método de síntese e caracterização de nanopartículas de óxidos magnéticos usados em aplicações biomédicas.

A síntese foi baseada na decomposição térmica de uma solução de etilenoglicol e nitratos dos íons de interesse. Para isso, foram misturadas sob agitação magnética, quantidades de etilenoglicol e nitrato. O produto obtido foi calcinado, resfriado naturalmente e pulverizado para desaglomeração e realização de testes físicos e biológicos.

As aplicações das nanopartículas no âmbito desenvolvimento de novas formas de tratamentos demonstraram importantes resultados, tais como: desempenho terapêutico superior em relação a fármacos veiculados; onde a eficiência é elevada através de concentrações locais, impossibilitando os efeitos secundários gerais.

Caldas *et al.*, 2015 estudaram o efeito de óxidos de níquel na sintetização de nanopartículas de óxido de cério dopado com samário (SDC) para aplicação em pilhas a combustível, publicada na revista Matéria e levantada na base de dados SciELO.

Tabela 3. Breve análise dos artigos inclusos.

Referência	Revista	Nanopartículas	Instrumentos	Base de dado
MELO et al., 2012	Química Nova	Prata e ouro	Espectrofotômetro e microscópio eletrônico	SciELO
SOARES et al., 2013	Cerâmica	Óxido de alumínio	Difração raios X, microscopia de varredura, microscopia de força atômica e termogravimétrica-térmica diferencial	SciELO
FONTANIVE et al., 2014	Ciências Farmacêuticas Básica e aplicadas	Óxido magnético	Não foi apresentada a instrumentação utilizada para caracterizar a nanopartícula	EBSCOhost
CALDAS et al., 2015	Matéria	Óxido de cério	Espectroscopia (IV), Espectroscopia Raman, Difração de Raios X, Análise Térmica e Microscopia Eletrônica de Transmissão	SciELO
MAIA et al., 2016	Cerâmica	Óxido de zinco	Espectroscopia Raman, espalhamento de luz, difração raios X, microscopia eletrônica de varredura, célula solar com polímero e fotocronoamperometria.	SciELO

A síntese se deu através do método do precursor, de nanopartículas de óxido de cério dopado com 20% mol de SDC. O efeito do óxido de níquel e do óxido de níquel dopado com 10% de cobalto na sinterização de pastilhas de SDC, a

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Curitiba, PR, v.1, n.2, 16, jul./dez. 2016.

1200°C foi analisado, visando obter percentuais superiores a 90% de sinterização. Os materiais foram caracterizados por Espectroscopia do Infravermelho (IV), Espectroscopia Raman, Difração de Raios X (DRX), Análise Térmica (TG/DTA) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET).

O aperfeiçoamento da produção de partículas de óxido de zinco para aplicação em células solares foi pesquisado por Maia et al., 2016, publicado na revista Cerâmica e encontrado na base de dados SciELO.

A pesquisa apresentou a influência das variáveis da síntese das nanopartículas de ZnO, visando a aplicabilidade em células solares. Um delineamento fatorial incompleto foi aplicado de acordo com o método de coprecipitação, de três variáveis: a temperatura do meio reacional (°C), concentração de Zn (NO₃)₂ (mol. L⁻¹), e o tempo de reação (h).

As nanopartículas em estudo foram caracterizadas por espectroscopia Raman, espalhamento de luz, difração de raios X, microscopia eletrônica de varredura (MEV), aplicação do óxido de zinco em célula solar com polímero (poli-3-hexiltiofeno - P3HT) e fotocronoamperometria.

A limitação na produção deste estudo foi selecionar artigos conforme os critérios de inclusão - período e idioma - devido ao fato de que a maioria dos trabalhos encontrados nas bases de dados estavam no idioma inglês e não se encontravam no período de busca estipulado.

CONCLUSÃO

Em sinopse, pode-se afirmar que a produção científica sobre a síntese de nanopartículas magnéticas no Brasil tem sido crescente em vista dos benefícios e aplicações.

Através da revisão sistemática da literatura observa-se a multiplicidade de métodos de sínteses, características dos produtos obtidos e o crescente interesse nas aplicações das nanopartículas magnéticas.

A aplicação de nanopartículas magnéticas no desenvolvimento de novas formas de tratamentos demonstram importantes resultados. Estes apresentam algumas vantagens que justificam a sua utilização nas áreas da ciência e tecnologia.

Apesar da utilização de fluidos magnéticos ser ainda experimental, com exceção da aplicação na ressonância magnética, a busca por novas tecnologias de síntese e principalmente funcionalização, tornam as nanopartículas magnéticas promissoras sistemas para aplicações biomédicas.

Contudo, mesmo considerando os avanços das pesquisas científicas sobre o tema no Brasil, são necessários maiores investimentos nessas pesquisas envolvendo profissionais de outras áreas.

REFERÊNCIAS

CALDAS, F. R. R; GUIMARÃES, J. O; MEDEIROS, M. E; GARRIDO, F. M. S. Efeito de óxidos de níquel na sintetização de nanopartículas de óxido de cério dopado com samário (SDC) para aplicação em pilhas a combustível. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2. Abr./ jun. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151770762015000200491&lang=pt>. Acesso em: 11. jun. 2016.

CERDA, G; HERRERA, E. M; CHACÓN, B. G; GONZÁLEZ, O. M. **Método de Sol-Gel para la Síntesis de Nanopartículas Magnéticas**. Informacion Tecnologica. La Serena/ Chile: Valderrama. v. 14, n.1. 2003.

CORREIA, A. M; MESQUITA, A. **Mestrados e Doutoramentos - Estratégias para a elaboração de trabalhos científicos: o desafio da excelência**. 2. ed. Porto: VidaEconómica, 2014.

COSTA, A. B; ZOLTOWSKI, A. P. C. **Como escrever um artigo de revisão sistemática**. p. 55-70. KOLLER, S; COUTO, M; HOHENDORFF, J. Manual de produção científica. Porto Alegre: Penso, 2014.

DRESH, A; LACERDA. D; JÚNIOR; J. **Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

FONTANIVE, V. C. P; KHALIL, N. M; COTICA, L. F; MAINARDES, R. M. Aspectos físicos e biológicos de nanopartículas de ferritas magnéticas. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicadas**. v. 35, n. 4. out. 2014. Disponível em: <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=30f8a3aa-1cde-46a1-8b4e-0b648c90d715%40sessionmgr105&vid=16&hid=124>>. Acesso em: 09 jun. 2016.

MAIA, G. A. R; LARSSON, L. F. G; VIOMAR, A; MAIA, E. C. R; SANTANA; H, RODRIGUES, P. R. P. Aperfeiçoamento da produção de partículas de óxido de

zinco para aplicação em células solares. **Revista Cerâmica**. São Paulo, v.62, n. 361, jan./ mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132016000100014&lang=pt>. Acesso em: 11 jun. 2016.

MARQUES, E. F. Da nanociência à tecnologia: A realidade do futuro. **Revista de Ciência Elementar**, Porto, v. 2, n. 3, jul./ set. 2014. Disponível em: <http://rce.casadasciencias.org/vol_2_num_3_opiniao7.html>. Acesso em: 09 de jun. 2016.

MELO, M. A. J; SANTOS, L. S. S; GONÇALVES, M. C; NOGUEIRA, A. F. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 9, jul./ ago. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000900030&lang=pt>. Acesso em: 09 jun. 2016.

MOLINS, R. **Opportunities and Threats from Nanotechnology in Health, Food, Agriculture and the Environment**. Comunicca. Costa rica, IICA, Fourth year; Second phase, jan, 2008.

LIMA, E. G. **Dicionário de termos e nomenclaturas em nanotecnologia, biotecnologia e novas ciências**. São Paulo: Estudos acadêmicos, 2005.

RODRIGUES, Diego. **Laboratório de IQ concretiza promessas das nanopartículas**, 2012. Disponível em: <<http://www5.usp.br/6046/laboratorio-do-iq-concretiza-promessas-das-nanopartículas>>. Acesso em: 08 de jun. 2016.

RÓZ, A. L; LEITE, F. L; FERREIRA, M. OLIVEIRA, O. N. **Nanoestruturas: princípios e aplicações**. 1. ed. Vol 1. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SAMPAIO, R. F; MANCINI, M. C. Estudo de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./ fev. 2007. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbfis/v11n1/12.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2016.

SCHETTINO, M. A. J. Obtenção e caracterização de nanopartículas magnéticas inseridas em materiais carbonosos porosos a partir da decomposição do pentacarbonil ferro. 2009. 162 f. **Tese (Doutorado em Física)** – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ Espírito Santo. 2009.

SOARES, V. K. S; GOMES, M. de A; SILVA, R. S. da; MACEDO; HAYASI, C. H. Produção de nanopartículas de Al₂O₃ utilizando água de coco maduro (coco seco). **Revista Cerâmica**, São Paulo, v. 59, n. 349, jan./ mar. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132013000100019&lang=pt>. Acesso em: 09 jun. 2016.

TOMA, H. E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

Enviado em: 17 jun. 2016

Aceito em: 05 dez. 2016

Editor responsável: Alysso Ramos Artuso