

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1003417-0 A2**

(22) Data de Depósito: 03/09/2010
(43) Data da Publicação: 02/01/2013
(RPI 2191)



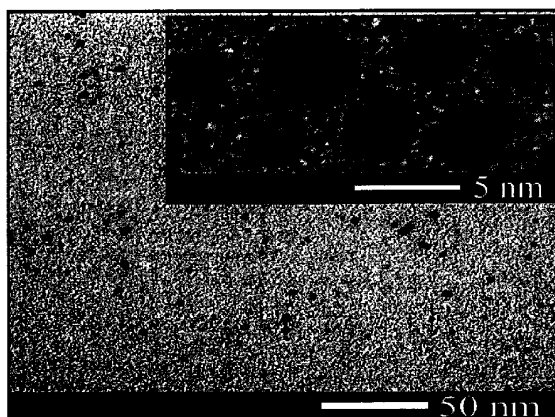
(51) *Int.Cl.:*
B82Y 30/00
B22F 9/02
C23C 14/00
C23C 16/00

(54) Título: PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS E PRODUTO OBTIDO

(73) Titular(es): Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(72) Inventor(es): Adriano Friedrich Feil, Heberton Wender Luiz dos Santos, Jairton Dupont, Pedro Migowski da Silva, Sérgio Ribeiro Teixeira

(57) Resumo: PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS E PRODUTO OBTIDO E descrito um processo de síntese de nanopartículas por deposição física de um material-alvo em óleos e derivados, sem adição de agentes redutores ou estabilizantes, permitindo controlar o diâmetro, a distribuição e a concentração das nanopartículas. De forma adicional, a presente patente descreve nanopartículas metálicas, magnéticas, semicondutoras e isolantes, para aplicações médicas, biológicas, cosméticas, físicas e químicas.



PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS E PRODUTO OBTIDO

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção diz respeito a um processo de síntese de nanopartículas por deposição física em óleos e derivados e produto obtido. Mais especificamente compreende um processo de síntese de nanopartículas pela deposição de um material alvo em óleos, que permite controlar o diâmetro e/ou distribuição das nanopartículas,
10 provendo um produto para aplicações médicas, biológicas, cosméticas, físicas e químicas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Nanopartículas metálicas na faixa de tamanho de 1-10 nm possuem propriedades distintas quando comparadas com materiais
15 macroscópios. Essas propriedades emergem da sua grande área superficial por unidade de volume e dos efeitos de tunelamento quânticos (Gunter Schmid, Chem. Rev. 92, 1709-1727, 1992). Devido a essas novas e promissoras propriedades, diversos esforços foram realizados em termos da descoberta de métodos de síntese para
20 preparar tais materiais (J. P. Wilcoxon and B. L. Abrams, Chemical Society Reviews 35, 1162-94, 2006).

Como um exemplo, nanopartículas de ouro (AuNP) em solução têm sido intensamente investigadas nos últimos anos devido à sua grande possibilidade de aplicações, tais como catálise, marcadores
25 biológicos, fluidos magnéticos e dispositivos ópticos eletrônicos (M. Daniel and D. Astruc, Chem. Rev. 104, 293-346, 2004).

Para aplicações biológicas e/ou biomédicas (Nathaniel L. Rosi and Chad A. Mirkin, Chemical Reviews 105, 1547-62, 2005), é

condição extremamente necessária que as nanopartículas metálicas sejam sintetizadas em líquidos não tóxicos e biocompatíveis. Na maioria dos casos, as soluções coloidais contendo nanopartículas metálicas são obtidas por processos químicos que normalmente envolvem agentes redutores externos e solventes orgânicos tóxicos, representando sérios riscos ambientais e biológicos, contaminando as nanopartículas metálicas durante a síntese (Ashavani Kumar, Praveen K. Vemula, Pulickel M. Ajayan, and George John, *Nature Materials* 7, 236-41, 2008).

10 À exceção de poucos relatos, são raros os métodos totalmente ecológicos para a síntese de nanopartículas metálicas.

Paralelamente, métodos de deposição física têm sido recentemente utilizados para sintetizar nanopartículas metálicas sobre substratos líquidos, com pressão de vapor baixa o suficiente para serem manipulados em condições de alto e ultra-alto vácuo, onde pode ser citado o *sputtering* de nanopartículas metálicas em óleo de silicone e alguns líquidos iônicos (Heberton Wender, Luciane F. de Oliveira, Pedro Migowski, Eliseo Lissner, Adriano F. Feil, Sérgio R. Teixeira e Jairton Dupont, *The Journal of Physical Chemistry C*, 114, 27, 11764-11768, 2010).

25 A técnica DC Magnetron Sputtering (DC-MS) tem sido aplicada para sintetizar nanopartículas de ouro (Au), platina (Pt) e de prata (Ag) em líquidos iônicos sem o uso de qualquer agente redutor externo ou estabilizante (Toshimasa Suzuki, Ken-ichi Okazaki, Tomonori Kiyama, Susumu Kuwabata, and Tsukasa Torimoto, *Electrochemistry* 77, 636, 2009). Os autores mostraram que estas soluções coloidais contêm nanopartículas metálicas altamente dispersas, cujo tamanho depende do tipo de líquido iônico utilizado e das condições empregadas

durante o processo de deposição. Este método possibilita a síntese de nanopartículas metálicas em meios líquidos de baixa pressão de vapor, livres de contaminantes que, no estado da técnica, são muito difíceis ou talvez impossíveis de serem obtidas por rotas químicas.

5 Adicionalmente, os líquidos iônicos têm se mostrado materiais de propriedades físico-químicas muito atraentes, como alta condutividade iônica, estabilidade térmica, baixa pressão de vapor e capacidade de dissolver diferentes tipos de substâncias. Além disso, uma das características mais promissoras do líquido iônico é que tanto os
10 componentes catiônicos quanto os aniônicos podem ser variados, permitindo que os líquidos iônicos tenham suas propriedades adaptadas para aplicações específicas.

Atualmente, os líquidos iônicos constituem uma alternativa para a geração de nanoestruturas com uma infinidade de tamanho e forma
15 controlados, como silicatos, substâncias inorgânicas e híbridas, materiais nanoporosos e nanotubulares, e nanopartículas. No entanto, a baixa solubilidade ou incompatibilidade química comum com os precursores metálicos ou agentes redutores, assim como dificuldades para remover subprodutos de redução química dos líquidos iônicos,
20 limitam a sua utilização na síntese de alguns materiais.

Na síntese de soluções coloidais contendo nanopartículas por processos físicos, tais como o *sputtering*, os líquidos iônicos e o óleo de silicone que estão atualmente sendo empregados como substratos líquidos, não são biocompatíveis, o que diminui as possibilidades de
25 aplicação dos materiais obtidos, como por exemplo, na biologia e na medicina. Em contrapartida, os líquidos iônicos podem ser um meio altamente promissor para a síntese de nanopartículas magnéticas para a confecção de fluidos magnéticos especiais devido à sua

extrema estabilidade térmica e baixa pressão de vapor.

O óleo de mamona, uma mistura de triglicerídios derivado predominantemente de um ácido graxo insaturado e hidroxilado, chamado ácido ricinoléico, é uma matéria-prima de baixo custo, abundante e biocompatível e vem sendo utilizado em aplicações biológicas, como a síntese *in situ* de nanopartículas de prata (AgNP) e AuNP a partir da formação de radicais livres. Nesse caso, não é necessária a adição de qualquer agente redutor externo que possa fornecer riscos ou danos biológicos e/ou ecológicos (Ashavani Kumar, Praveen K. Vemula, Pulickel M. Ajayan, and George John, Nature Materials 7, 236-41, 2008). Porém, este método apresenta dois problemas significativos: (1) demanda de longos períodos de tempo para síntese das nanopartículas metálicas e (2) contaminação dos produtos finais com íons Cl⁻.

Pode ser citado outro trabalho com a síntese de nanopartículas de ouro em óleo de mamona, sintetizadas por rota química usando NaBH₄ e citrato como agente redutor e também na convencional presença de KOH (E.C. da Silva, M.G.A. da Silva, S.M.P. Meneghetti, G. Machado, M.A.R.C. Alencar, J.M. Hickmann, and M.R. Meneghetti, Journal of Nanoparticle Research 10, 201-208, 2008). Porém, este método claramente não é aplicável nos campos da biologia e/ou da medicina.

O óleo de rícino, subproduto do óleo de mamona, tem se mostrado um importante recurso renovável, com inúmeras aplicações industriais tais como: fabricação de sabões, lubrificantes, fluidos hidráulicos e freios, tintas, corantes, revestimentos, plásticos resistentes ao frio, ceras e polidores, nylon, produtos farmacêuticos, perfumes e carregadores de drogas (Namdev B. Shelke, Malladi

Sairam, Shivaraj B. Halligudi, and Tejraj M. Aminabhavi, *Journal Of Applied Polymer Science* 103, 779-788, 2007).

O ácido ricinoléico é o principal componente do óleo de mamona e apresenta efeitos anti-inflamatórios. Os produtos derivados do óleo de mamona são adicionados a muitas drogas modernas, como exemplo, a administração em agentes antifungicidas (Robert A. Fromtling, *Clinical Microbiology. Reviews* 1, 187-217, 1988) e no inibidor do vírus da imunodeficiência humana (HIV) (K. E. Zhang, E. Wu, A. K. Patick, et al, *Antimicrobial Agents And Chemotherapy* 45, 1086-93, 2001).

A busca na literatura patentária apontou algumas anterioridades técnicas relevantes, tal como o documento BRPI0312631 que descreve um processo para a preparação de uma dispersão de partículas nanocristalinas em um meio aquoso. No entanto, o objeto da presente invenção, de forma diversa, apresenta um processo de síntese de nanopartículas através de deposição física e/ou química de átomos em óleos como substratos líquidos de baixa pressão de vapor sem adição de agentes redutores ou estabilizantes.

O documento JP2007231306 descreve um método de produzir nanopartículas via processos químicos, ao contrário da presente invenção que apresenta um processo de síntese de nanopartículas através de deposição física e/ou química de átomos em óleos como substratos líquidos de baixa pressão de vapor sem adição de agentes redutores ou estabilizantes.

O documento CA2610404 descreve um método para a preparação de nanopartículas, o que implica a dissolução e/ou suspensão de uma combinação de (a) um ou mais materiais de substrato de resina e (b) uma ou mais substâncias magnéticas

nanoparticuladas, em um meio feito a partir de um ou mais líquidos iônicos, para fornecer uma mistura, e recuperando o nanomaterial sólido, combinando a mistura com um não-solvente (solvente para os líquidos iônicos, mas não para os outros componentes), ao mesmo tempo aplicando um campo eletromagnético à mistura durante a etapa de recuperação para alinhar as nanopartículas magnéticas da substância, para uso dos nanomateriais resultantes em armazenamento único de informações, especialmente na forma de chapas ou filmes. Ao contrário, a presente invenção descreve um processo de síntese de nanopartículas através de deposição física e/ou química de átomos em óleos como substratos líquidos de baixa pressão de vapor sem adição de agentes redutores ou estabilizantes.

O documento US200816918 descreve um aparelho e método para a produção de nanopartículas em um meio fluido denso. O método é baseado na formação de nanopartículas a partir de um precursor em um meio fluido denso no qual uma descarga de plasma é criada entre dois eletrodos submersos no meio líquido. A presente invenção difere totalmente deste documento ao descrever um processo de síntese de nanopartículas através de deposição física e/ou química de átomos em óleos como substratos líquidos de baixa pressão de vapor pela descarga de plasma no material sólido a servir como alvo para ejeção do material a ser inserido no líquido na forma de nanopartículas.

Os documentos WO2007084558 e US20090306394 descrevem métodos de síntese de nanopartículas por deposição física de vapor em líquidos iônicos, ao contrário da presente invenção que apresenta um processo de síntese de nanopartículas através de deposição física e/ou química em óleos como substratos líquidos de baixa pressão de

vapor, e não líquidos iônicos, como citado nos respectivos documentos.

Dessa forma, o estado da técnica não descreve nem sugere um processo de síntese de nanopartículas através de deposição física e/ou química em óleos como substratos líquidos de baixa pressão de vapor sem adição de agentes redutores ou estabilizantes.

Portanto, é objeto da presente invenção um método de síntese de materiais em escala nanométrica para aplicações médicas, biológicas, cosméticas, físicas e químicas através da síntese de nanopartículas metálicas por deposição física em óleos, tais como óleos vegetais, minerais e animais, sem a necessidade de adição de agentes redutores e estabilizantes em geral.

SUMÁRIO

A presente invenção compreende um processo de síntese de nanopartículas por deposição física de um material-alvo em óleos que permite controlar o diâmetro e a distribuição das nanopartículas, sem a necessidade de adição de agentes redutores e estabilizantes.

A presente invenção provê um processo de produção de nanopartículas por deposição em óleos que permite a deposição de materiais em atmosferas livres de gases reativos, evitando a oxidação do material nanoparticulado.

A presente invenção provê um processo de produção de nanopartículas por deposição em óleos que proporciona uma síntese limpa, rápida e de baixo custo para produção de nanomateriais puros, sem a necessidade de adição de agentes redutores e estabilizantes.

A presente invenção provê um processo de produção de nanopartículas por deposição em óleos que não produz nenhum tipo de resíduo.

A presente invenção provê um processo de produção de nanopartículas por deposição de materiais isolantes, cerâmicos, metálicos ou semicondutores, em óleos.

A presente invenção provê um processo de produção de nanopartículas por deposição em óleos que permite o controle da forma, distribuição e tamanho das nanopartículas.

A presente invenção provê nanopartículas biocompatíveis para aplicações médicas, biológicas, cosméticas, físicas e químicas.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

10 A Figura 1 contém dados referentes às nanopartículas de Au depositadas em óleo de mamona a 330 V (13 W) durante 300 s, sendo que a figura 1A apresenta as imagens de microscopia eletrônica de alta resolução (HRTEM) das nanopartículas de ouro (Au); a figura 1B apresenta um histograma obtido pela contagem de
15 aproximadamente 500 partículas e a figura 1C apresenta o espectro de energia dispersiva de raios-X (EDS), onde a linha do cobre observada é referente à tela utilizada para suportar as nanopartículas durante a microscopia;

A Figura 2 apresenta dados das amostras de óleo de mamona
20 após a deposição de Au durante 300 s com diferentes tensões de descarga, onde a figura 2A apresenta os dados da espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) , a figura 2B mostra as curvas de espalhamento de raios-X a baixos ângulos (SAXS) das nanopartículas de ouro e a figura 2C mostra a comparação da
25 evolução do diâmetro das nanopartículas de ouro obtidas por TEM (D_{TEM}), pela aproximação de Porod (D_P) com o raio de giro (R_g) para as nanopartículas obtidas após *sputtering* em diferentes tensões de descarga

A Figura 3 apresenta histogramas das amostras sintetizadas por *sputtering* de Au em óleo de mamona como substrato líquido com um potencial de descarga de 330 V, onde a figura 3A apresenta os histogramas após 300 s e a figura 3B os histogramas após 600 s de deposição.

A Figura 4 apresenta um fluxograma das etapas do processo de síntese de nanopartículas por deposição física em óleos.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Para os fins da presente invenção, o termo “material-alvo” compreende todo o material a ser usado como precursor para a síntese das nanopartículas, podendo ser apresentado sob a forma sólida, líquida ou gasosa, como no caso da deposição química de vapor (CVD).

O processo de síntese de nanopartículas por deposição física em óleos e derivados, objeto da presente invenção, compreende as seguintes etapas, conforme apresentado no fluxograma da figura 4:

- a) escolha do material-alvo (A) para a deposição a partir de elementos químicos isolantes, cerâmicos, metálicos ou semicondutores;
- b) seleção do substrato líquido (A1) entre óleo puro ou a combinação de diferentes óleos para suportar as nanopartículas;
- c) escolha do processo de deposição ou crescimento das nanopartículas (B) no substrato líquido escolhido;
- d) escolha da atmosfera de deposição (C) a partir de gases ionizáveis, tal como argônio (Ar), nitrogênio (N₂), hélio (He), oxigênio (O₂), xenônio (Xe), criptônio (Kr), isoladamente ou em associação. No caso de ser escolhido o processo de deposição por laser pulsado, pode-se ainda utilizar atmosfera ambiente.

e) determinação e pré-ajuste dos parâmetros físicos da deposição (D), tal como:

e1) potência de deposição;

e2) taxa de deposição, podendo variar de 0,001 até 1000 nm/s;

e3) tempo de deposição, podendo variar de segundos até dias dependendo da concentração desejada de nanopartículas;

e4) pressão de trabalho, podendo variar de 10^{-9} até 10^3 Pa, relacionado com a técnica e com o material-alvo;

e5) temperatura do substrato, podendo variar de 0°C até 500°C;

f) coleta dos produtos obtidos e armazenamento para uso e análises em geral.

A deposição ou crescimento das nanopartículas sobre o substrato líquido pode ser realizada por processos de PVD (*Physical Vapour Deposition*), CDV (*Chemical Vapor Deposition*), LA (*Laser Ablation*) ou ALD (*Atomic Layer Deposition*) e suas combinações, a partir de elementos químicos isolantes, cerâmicos, metálicos ou semicondutores, selecionados como material-alvo, tais como: Titânio (Ti), Zircônio (Zr), Vanádio (V), Nióbio (Nb), Tântalo (Ta), Háfnio (Hf), Cromo (Cr), Molibdênio (Mo), Tungstênio (W), Ferro (Fe), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Prata (Ag), Alumínio (Al), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Rutênio (Ru), Ródio (Rh), Paládio (Pd), Cádmio (Cd), Índio (In), Estanho (Sn), Antimônio (Sb), Rênio (Re), Iridio (Ir), Platina (Pt), Ouro (Au), Gálio (Ga), Germânio (Ge), Arsênio (As), Selênio (Se), Silício (Si), Telúrio (Te), Boro (B), Carbono (C), isolados ou em associação, podendo esta associação ser homogênea ou

heterogênea em quaisquer proporções.

A co-deposição de diferentes materiais-alvo pode ser feita em um único processo de deposição ou mediante vários processos seguidos, controlando as taxas de evaporação desejada do material-alvo e, assim, a proporção da concentração do produto final.

A deposição ou crescimento de nanopartículas sobre o substrato líquido pode ser realizada por *sputtering*, sendo realizada em atmosfera inerte ou na combinação de gases reativos, em caso de *sputtering* reativo.

10 Pode ser utilizada qualquer variação do método de *sputtering*, tais como, *sputtering* magnético (*magnetron sputtering*) utilizando fontes de tensão DC (corrente contínua) ou RF (rádio frequência).

15 Como substratos líquidos para o caso da síntese por *sputtering* podem ser empregados quaisquer óleos com pressão de vapor suficientemente baixa tal que o mesmo possa ser manipulado em vácuo de 10^{-9} a 10^3 Pascal.

O controle do tamanho das nanopartículas pode ser realizado sob vácuos de 10^{-9} a 10^5 Pa utilizando os gases selecionados dentre Argônio (Ar), Nitrogênio (N₂) ou oxigênio (O₂), separados ou em associação.

20 A deposição ou crescimento de nanopartículas sobre o substrato líquido pode ser realizada por ablação a laser, podendo ser utilizado, dependendo do material desejado, atmosfera ambiente ao invés de gases inertes, e pressão ambiente ao invés de alto ou ultra alto vácuo. Neste caso, o substrato líquido não necessariamente precisa apresentar baixa pressão de vapor.

Para todos os processos de deposição ou crescimento das nanopartículas sobre o substrato líquido, opcionalmente pode ser

previsto um pré-tratamento em vácuo e/ou argônio do substrato líquido para fins de desidratação e eventual purificação, anterior à etapa de deposição.

Para todos os processos de deposição ou crescimento do
5 nanopartículas sobre o substrato líquido, opcionalmente pode ser realizada a deposição dos materiais sobre o substrato líquido controlando a temperatura do dito substrato líquido a fim de pré-ajustar a tensão superficial.

Dentre os potenciais substratos líquidos podem ser utilizados
10 qualquer óleo, tal como: óleo de mamona, óleos de buriti, óleo de canola, óleos vegetais em geral, óleos animais, entre outros.

Os óleos acima citados compreendem quaisquer gorduras líquidas extraída de plantas, animais, etc. formadas por triglicerídeos ou não, tais como: óleo de mamona, óleo de arroz, óleo de soja, óleo
15 de buriti, óleo de canola, óleo de caju, óleo de linhaça, óleo de cânhamo, óleo de papoila, óleo de uva, óleo de girassol, óleo de sésamo, óleo de milho, óleo de amêndoa, óleo de azeite, óleo de palma, óleo de amendoim, óleo de rícino, óleo de cenoura, óleo de dendê, óleo de côco, óleo de castanha do Pará, óleo de gergelim, óleo
20 de germe de trigo e óleo de tungue.

De forma opcional, o processo de síntese de nanopartículas por deposição física em óleos e derivados prevê o tratamento térmico do material após a deposição, ferramenta esta muito útil para controlar o tamanho médio das nanopartículas após serem formadas.

25 De forma opcional, o processo de síntese de nanopartículas por deposição física em óleos e derivados prevê a fragmentação do material obtido por incidência de laser pulsado, possibilitando a diminuição significativa do tamanho médio das nanopartículas.

De forma opcional, as nanopartículas podem ser do meio líquido para uso em estado sólido pela diluição em solvente orgânico comum seguido de centrifugação.

Testes realizados utilizaram a técnica de PVD – *sputtering*, como
5 processo de deposição. A influência dos parâmetros durante o processo, tais como tempo, potência, pressão e corrente elétrica foi inicialmente avaliada tomando como substrato líquido o óleo de mamona. Durante a deposição foram utilizadas pressões de trabalho no intervalo de 10^{-5} a 10^3 Pa, potências de deposição variando entre 2
10 e 100 W com correntes entre 5 e 150 mA.

A figura 1 apresenta a imagem de microscopia eletrônica de transmissão (MET) e o respectivo histograma das nanopartículas de ouro obtidas por *sputtering* de um alvo de ouro (Au) sobre a superfície do óleo de mamona.

15 O tamanho médio nas nanopartículas em função da diferença de potencial de descarga é mostrado na Figuras 2C. Analisando as distribuições de tamanho das nanopartículas de ouro, é possível inferir que o aumento da potência de *sputtering* acarreta em um aumento do tamanho médio das AuNPs, e que o tempo de deposição a uma
20 potência fixa apenas aumenta a concentração de ouro na solução, sem alterar a média do tamanho das nanopartículas, conforme figura 3. Com isso, tem-se um parâmetro intrínseco para controle da concentração final de material. Os espectros UV-Vis, mostrados na
25 figura 2A, corroboram com os resultados obtidos a partir de imagens de microscopia eletrônica de transmissão. Todos os colóides de ouro mostram uma única banda de absorção centrada em cerca de 525 nm o que é devido à ressonância dos *plasmons* de superfície das nanopartículas de ouro.

No presente teste, a escolha do óleo de mamona se deu devido a suas inúmeras aplicações nas áreas biológicas, médicas e farmacêuticas.

5 Como resultado da deposição, foram formadas nanopartículas de ouro com tamanhos médios variando entre 2 e 10 nm, dependendo das condições aplicadas durante o processo de síntese. Nesse caso, o óleo de mamona foi um representante de todos os óleos que podem ser manipulados em vácuo, tal que seja possível a deposição por *sputtering*.

10 As nanopartículas acima descritas podem facilmente ser aplicadas como fluidos magnéticos, carregadores de drogas, nanosensores, no tratamento de câncer, na administração de bactérias, entre outros.

15 O produto obtido compreende nanopartículas metálicas, magnéticas, semicondutoras e isolantes, com controle do diâmetro, da distribuição e da concentração.

REIVINDICAÇÕES

1. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS caracterizado por compreender as etapas de:
 - a. escolha do material-alvo (A) para a deposição a partir de elementos químicos isolantes, cerâmicos, metálicos ou semicondutores;
 - b. seleção do substrato líquido (A1) entre óleo puro ou a combinação de diferentes óleos;
 - c. escolha do processo de deposição ou crescimento das nanopartículas (B) no substrato líquido escolhido;
 - d. escolha da atmosfera de deposição (C) a partir de gases ionizáveis, isoladamente ou em associação;
 - e. determinação e pré-ajuste dos parâmetros físicos da deposição (D), tal como: potência de deposição; taxa de deposição, podendo variar de 0,001 até 1000 nm/s; tempo de deposição dependente da concentração desejada de nanopartículas; pressão de trabalho, podendo variar de 10^{-9} até 10^3 Pa, relacionado com a técnica e com o material-alvo e temperatura do substrato, podendo variar de 0°C até 500°C.
2. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da deposição ou crescimento das nanopartículas sobre o substrato líquido ser realizada através de processos de PVD (*Physical Vapour Deposition*), CDV (*Chemical Vapor Deposition*), LA (*Laser Ablation*), ALD (*Atomic Layer Deposition*), *sputtering* ou ablação a

laser e suas combinações, a partir de elementos químicos isolantes, cerâmicos, metálicos ou semicondutores selecionados como material-alvo, isolados ou em associação, podendo esta associação ser homogênea ou heterogênea em quaisquer proporções.

5

3. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de opcionalmente ser previsto um pré-tratamento em vácuo e/ou argônio do substrato líquido (A1).

10

4. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de opcionalmente ser previsto o tratamento térmico do material após a deposição.

15

5. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de opcionalmente ser prevista a fragmentação do material obtido por incidência de laser pulsado.

20

6. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato do processo de *sputtering* ser realizado em atmosfera inerte ou em combinação de gases reativos para a deposição, com substratos líquidos empregando quaisquer óleos com pressão de vapor suficientemente baixa para ser manipulado em vácuo de 10^{-9} a 10^3 Pascal.

25

7. PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR

DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato do processo por ablação a laser ser realizado em atmosfera ambiente, dependendo do material a ser depositado, e pressão ambiente.

- 5 8. PRODUTO OBTIDO A PARTIR DO PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS caracterizado por compreender nanopartículas metálicas, magnéticas, semicondutoras e isolantes, com controle do diâmetro, da distribuição e da concentração.

FIGURAS

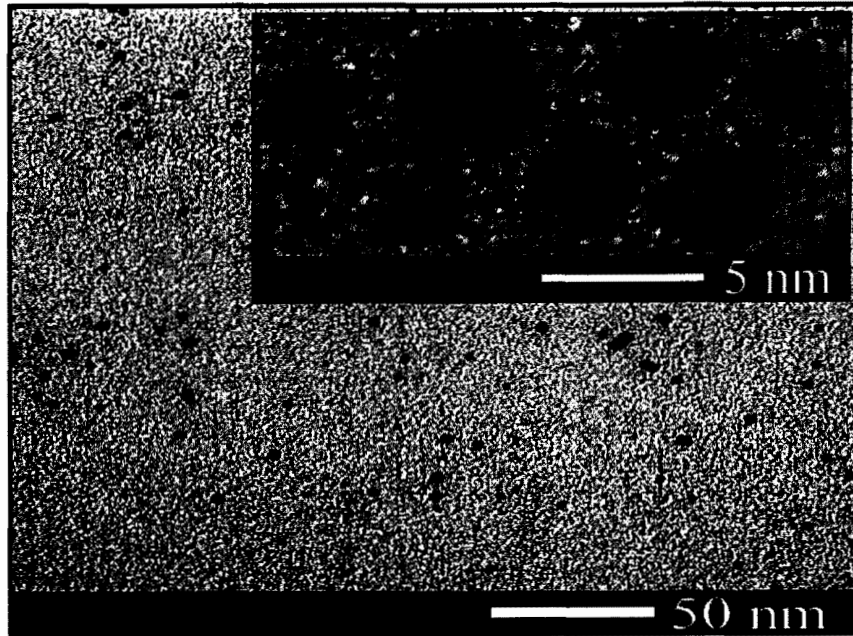


Figura 1A

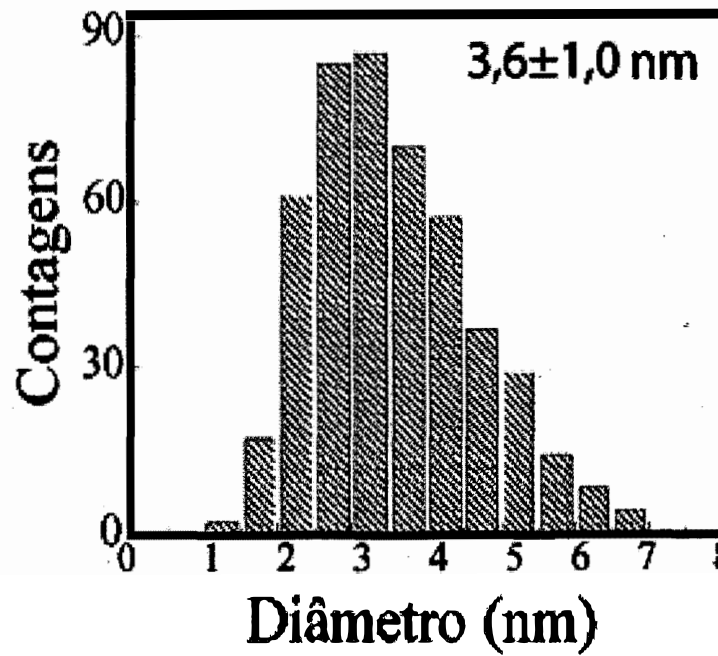


Figura 1B

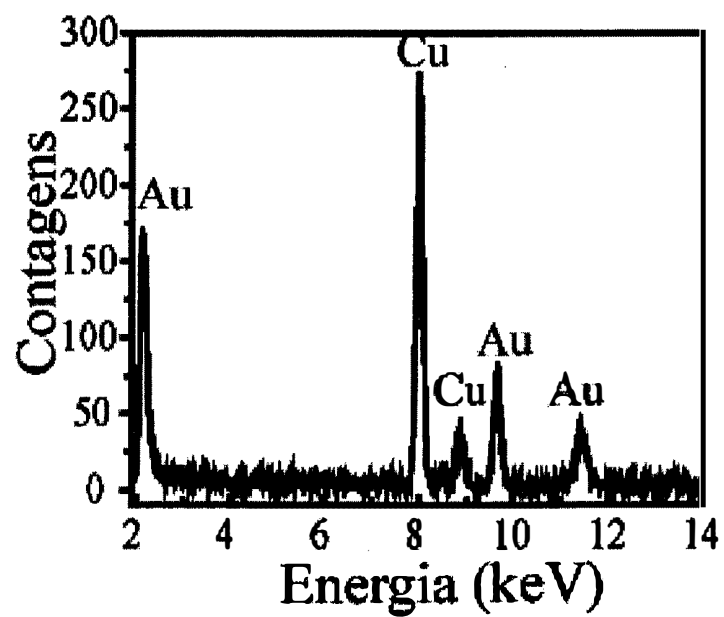


Figura 1C

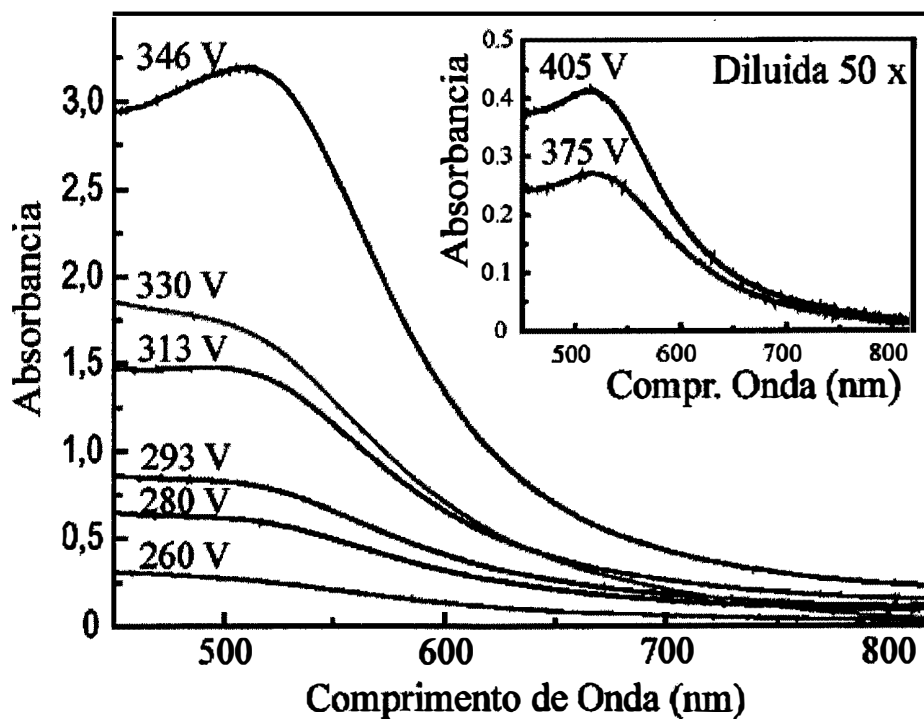


Figura 2A

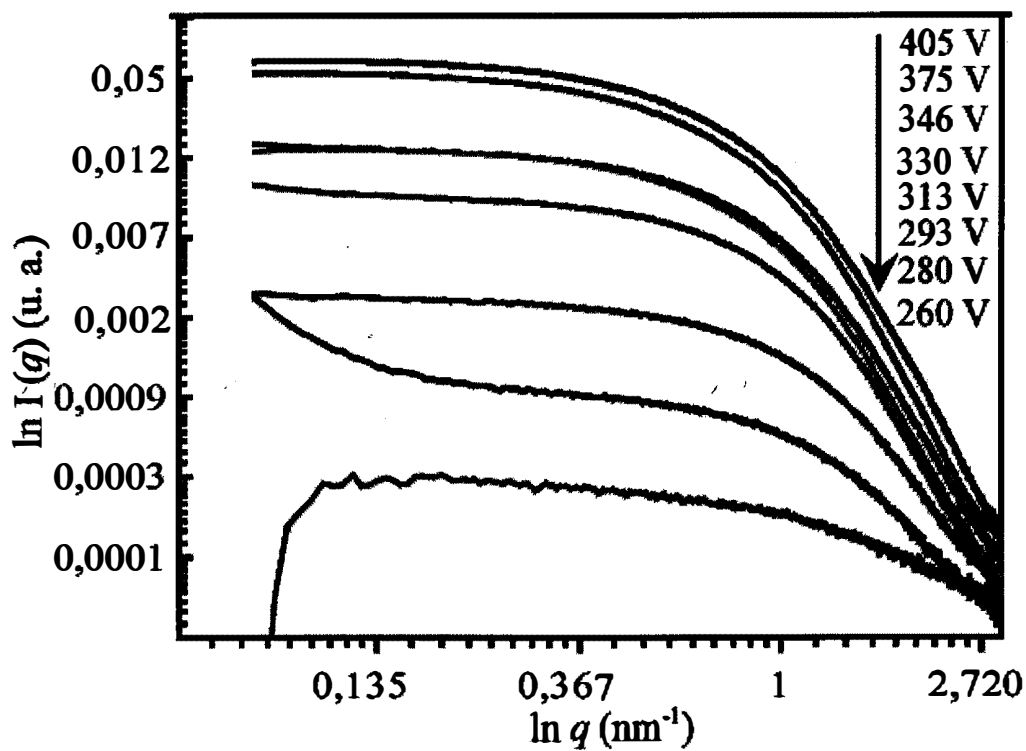


Figura 2B

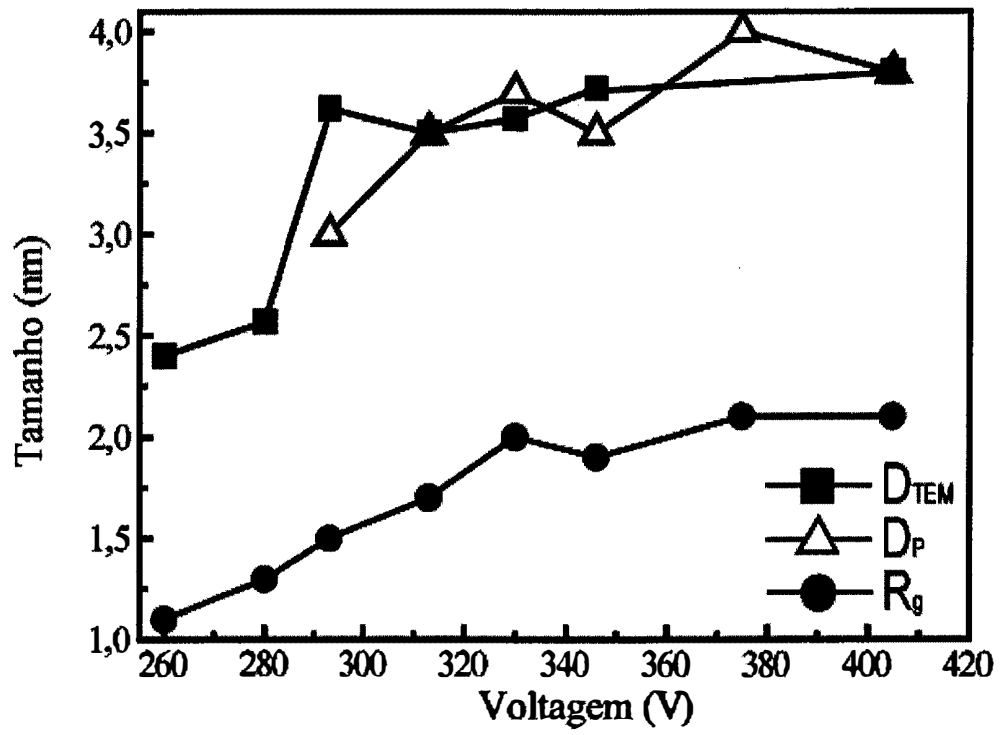


Figura 2C

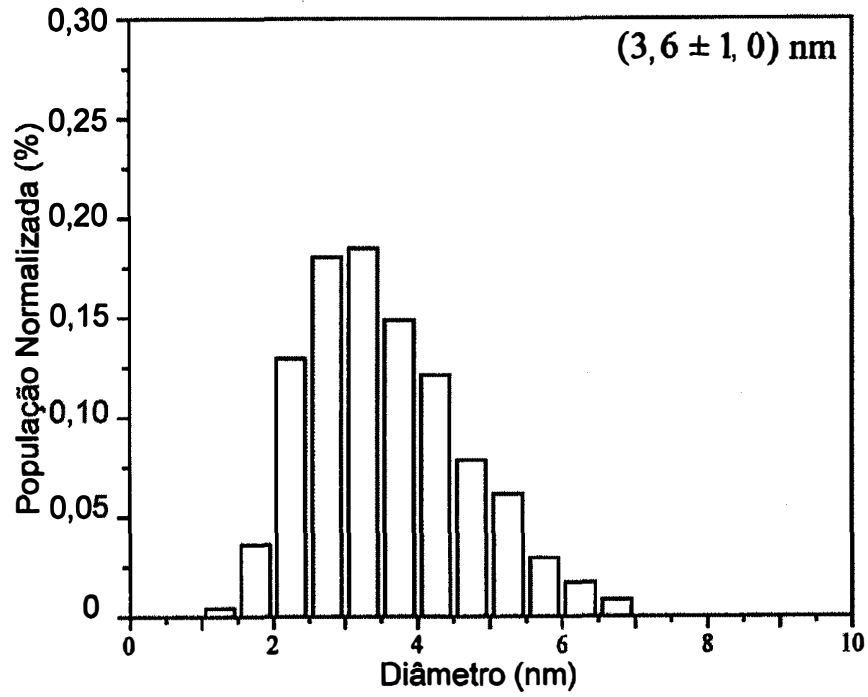


Figura 3A

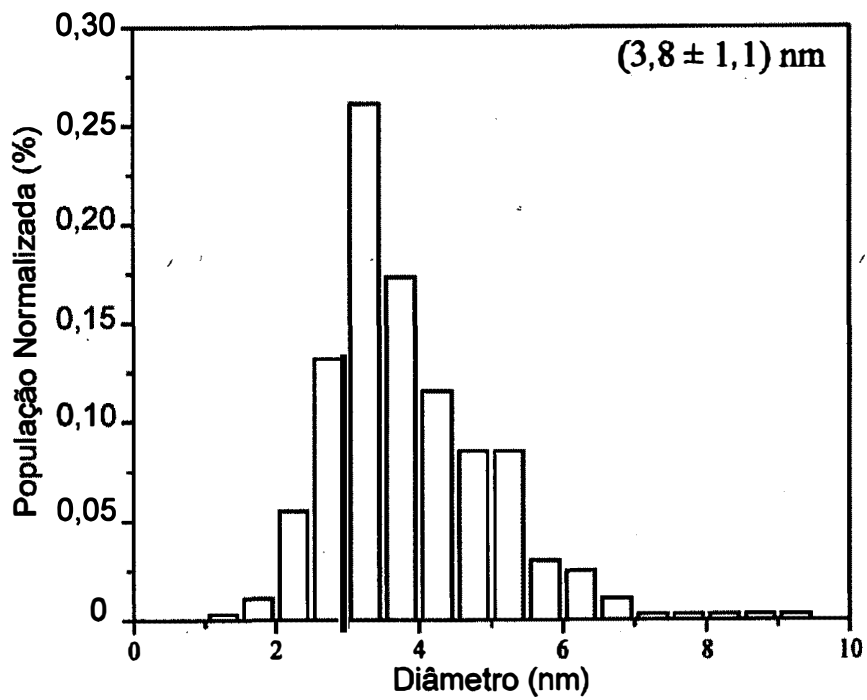


Figura 3B

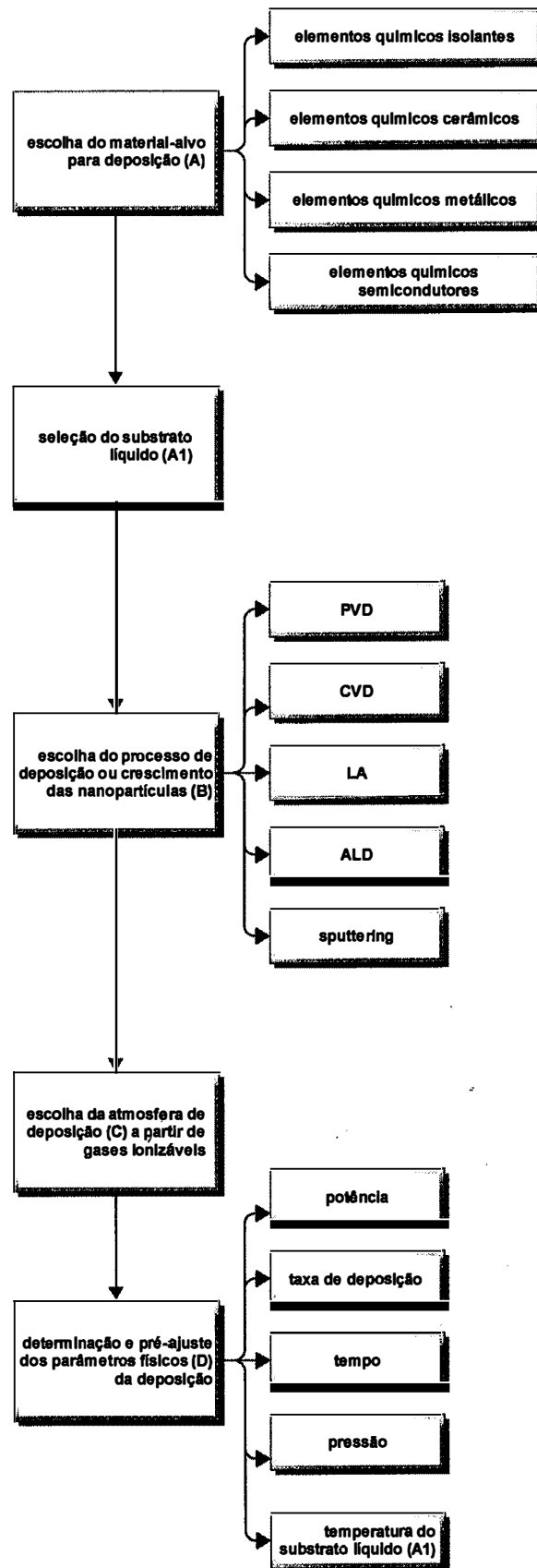


Figura 4

RESUMO**PROCESSO DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS POR
DEPOSIÇÃO FÍSICA EM ÓLEOS E DERIVADOS E PRODUTO
OBTIDO**

É descrito um processo de síntese de nanopartículas por deposição física de um material-alvo em óleos e derivados, sem adição de agentes redutores ou estabilizantes, permitindo controlar o diâmetro, a distribuição e a concentração das nanopartículas. De forma adicional, a presente patente descreve nanopartículas metálicas, magnéticas, semicondutoras e isolantes, para aplicações médicas, biológicas, cosméticas, físicas e químicas.