



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

(21) BR 102014003744-6 A2

(22) Data do Depósito: 18/02/2014

(43) Data da Publicação: 08/12/2015

(RPI 2344)



* B R 1 0 2 0 1 4 0 0 3 7 4 4 A

(54) **Título:** PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO

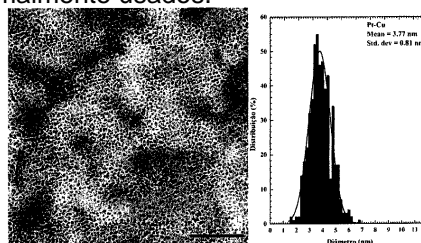
(51) **Int. Cl.:** B01J 35/02; B01J 37/00; B01J 13/00

(52) **CPC:** B01J 35/023; B01J 37/0072; B01J 13/00

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

(72) **Inventor(es):** JONDER MORAIS, JOCENIR BOITA, MARIA DO CARMO MARTINS ALVES

(57) **Resumo:** PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO. A presente invenção descreve um processo de fabricação de catalisadores suportados contendo nanopartículas monometálicas e bimetálicas de cobre, platina, prata e paládio (metais de transição em geral). O processo dispensa etapas de agregação e emprego de material-suporte, uma vez que o produto final já consiste de um catalisador suportado pronto para uso. Trata-se de um método de baixo custo, simples, eficiente, reproduzível em larga escala e ecologicamente amigável. O catalisador descrito nesse invento pode ser usado em várias reações, tais como: Hidrogenação, Desidrogenação, Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja, em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes metais são normalmente usados.



PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO
NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO

Campo da Invenção

5 A presente invenção descreve um processo de fabricação de catalisadores suportados contendo nanopartículas monometálicas e bimetálicas de cobre, platina, prata e paládio (e metais de transição em geral). O processo dispensa etapas de agregação e emprego de material-suporte, uma vez que o produto final já consiste de um catalisador suportado pronto
10 para uso. O catalisador proposto nesse invento pode ser usado em várias reações, tais como: Hidrogenação, Desidrogenação, Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja, em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes metais são normalmente usados.

15

Antecedentes da Invenção

A pesquisa dedicada à produção de nanopartículas (mono e bimetálicas) é extensa, e com aplicações em diversas áreas da ciência. Em catálise é típico o uso de nanopartículas metálicas (ou seus óxidos) dispersas em materiais
20 denominados de suporte, tais como: Al_2O_3 , TiO_2 , CeO_2 , ZrO_2 , ZnO , Zeólitas ou carvão. No entanto, o método de preparação de tais catalisadores tipicamente envolve a impregnação do suporte com soluções complexas contendo metais de transição (organometálicos, por exemplo), e posterior redução do metal utilizando aquecimento em altas temperaturas, geralmente sob atmosfera
25 redutora (contendo hidrogênio).

Catalisadores suportados, contendo nanopartículas monometálicas ou bimetálicas de Cu, Pt, Ag ou Pd (pode ser expandido para os demais metais de transição), cujo suporte é advindo da própria síntese, possui um grande potencial de aplicação em catálise heterogênea.

No método aqui proposto, o suporte para as nanopartículas advém da própria reação, realizada a baixas temperaturas (~ 50 °C), na forma de um material, extremamente resistente a altas temperaturas. Trata-se de um método de baixo custo, simples, eficiente, reprodutível em larga escala e ecologicamente amigável. A produção de resíduos é diminuída consideravelmente, pois não necessita de se adicionar um material-suporte para ancorar as nanopartículas. As nanopartículas em solução coloidal assim produzidas são altamente estáveis, pois mantêm o tamanho na escala nanométrica (1 a 3 nm), sem a oxidação das mesmas, por longo período de tempo. O catalisador descrito nesse invento pode ser usado em várias reações, tais como: Hidrogenação, Desidrogenação, Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja, em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes metais são normalmente usados.

No âmbito patentário foram encontrados alguns documentos que relatam a fabricação de catalisadores e catalisadores suportados, e que são descritos a seguir.

(US 2006/0052239 A1) A patente citada consiste em proporcionar um catalisador para a hidrogenação de compostos carbonílicos, em especial, ácidos dicarboxílicos, tais como ácido maleico e / ou ácido succínico ou os seus anidridos ou poliésteres. Nesta patente eles usam o material adquirido junto de metais como (Ru, Rh, Pd, Pt, Os, Ir, Cu, Ag e Co), para que ocorra a hidrogenação. O método aqui proposto dispensa etapas de agregação e emprego de material-suporte, uma vez que o produto final já consiste de um catalisador suportado pronto para uso, e sem o uso dos compostos não metálicos citados pela patente acima.

(US 2008/0206562 A1) Esta outra patente realiza métodos de geração de nanocatalisadores suportados e suas composições, e utiliza material-suporte do tipo óxidos, tais como: ZrO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , CeO_2 , Nb_2O_5 , e MnO_2 , e outros do tipo, carvão ativado, grafite e magnésia. A proposta de patente requerida aqui, não requer o emprego de pré - ou pós-tratamentos térmicos com uso de

atmosferas redutoras, para que se obtenha nanopartículas no estado metálico. Além disso, no final do processo, as nanopartículas são produzidas de forma dispersa sobre um suporte, o qual também advém da própria síntese, gerando poucos resíduos químicos.

5 **(TH80530 A 20061019 [TH-80530])** Nesta patente são produzidos catalisadores para a oxidação de gás de Fort Thomas, em baixa concentração em condições normais de temperatura. É feito pela mistura de um metal, o qual é suportado em um óxido metálico. Os materiais suporte utilizados são: Dióxido de cério, Dióxido de zircônia, dióxido de titânia, trióxido de alumínio ou trióxido
10 de lantânio. No método aqui proposto não são inseridos materiais-suporte para os catalisadores, e também os catalisadores não são usados para a oxidação de gás de Fort Thomas.

(CN101692494 A 20100407 [CN101692494]) Esta patente consiste na produção de um eletrodo de catalisador suportado em poli (5-nitroindol) para
15 célula combustível, que compreende uma camada de matriz e uma camada de catalisador. O material usado como matriz pode ser cobre, ferro, níquel e materiais a base de carbono e a camada de catalisador é uma matriz de poli (5-nitroindol), contendo Pt, Rh, Pd, Os, Ir, Ru, Au ou Ag.

O método aqui proposto se diferencia da patente CN101692494 por não
20 usar o poli (5-nitroindol) para suportar os catalisadores. O método de preparo dos catalisadores nesta intenção de patente baseia-se na redução de precursores metálicos em solução formando nanopartículas em suspensão (monometálicas ou bimetálicas), com dimensões de 1 a 3 nm. Ao final do processo resulta em nanopartículas dispersas em um suporte sólido (pó fino).

25 **(WO2007023162 A1 20070301 [WO200723162])** A invenção desta patente desenvolve um catalisador para reações em fase gasosa, com o uso de metais ativos como catalisadores, tais como: Ru, e Cu suportados em um material-suporte de óxido de alumínio. Também fazem o uso de metais como Pt, Pd, Os, Ir, Ag e Re suportados em Al_2O_3 empregados na oxidação do cloreto de
30 hidrogênio. Diferentemente desta invenção, o método de preparo dos

catalisadores nesta intenção de patente não inclui o uso de material-suporte para os metais nobres.

(US7381683 B1 20080603 [US7381683]) Nesta patente, são produzidos catalisadores suportados com tamanho nanométrico, partículas compostas de diferentes metais dispersos por todo o material de suporte do catalisador. Estes catalisadores suportados reduzem substancialmente ou completamente a quantidade de platina, sem sacrificar o desempenho catalítico. Em lugar de catalisadores de platina suportada, empregam o uso de prata ou cobre, os quais custam significativamente menos do que a platina. O suporte usado para estes catalisadores são: alumina, sílica, óxido de vanádio, óxido de titânio, óxidos de zircônia, óxidos de ferro, óxidos de céria, carbono, zeólitas e peneiras moleculares. A diferença em relação à proposta de patente requerida aqui, é que o material suporte advém da própria reação, sem haver a adição de qualquer material suporte na solução.

(ITRM20020087 A1 20020521 [IT2002RM0087]) Aqui são produzidos catalisadores suportados de metal nobre como Pt, Pd, Au, Ru, Rh, Os, Ag, Ir, Ni, Cu, etc, sobre carvão ativado do tipo "Carbon Black". A diferença em relação à proposta de patente requerida aqui é que o material suporte advém da própria reação, e desta forma não é utilizado o "Carbon Black".

(DE10009817 A1 20010906 [DE10009817]) A invenção refere-se a um método para a produção de hidrogenação de álcoois de compostos carbonílicos em um catalisador contendo rênio em carvão ativado. No método aqui proposto, o suporte para as nanopartículas advém da própria reação, realizada a baixas temperaturas (~ 50 °C), na forma de um material com alta área superficial, extremamente resistente a altas temperaturas. Trata-se de um método mais barato, simples, eficiente, reproduzível em larga escala. A produção de resíduos é diminuída consideravelmente, pois não necessita de se adicionar um material-suporte para ancorar as nanopartículas. O catalisador assim produzido (compósito) possui ainda a propriedade de ser altamente estável, pois as nanopartículas metálicas mantêm o tamanho na escala nanométrica (1 a 3 nm) e evita a oxidação das mesmas por longo período de tempo.

Sumário da Invenção

É um objeto da presente invenção o processo de fabricação de catalisadores suportados contendo nanopartículas (**NPs**) monometálicas e bimetálicas de metais de transição. Por possuir um suporte produzido pela
5 própria síntese, este processo dispensa a necessidade de uma etapa de inserção de um material suporte, tais como: Al_2O_3 , TiO_2 , CeO_2 , ZrO_2 , ZnO , Zeólitas ou carvão, comumente usados na indústria de produção de catalisadores. Além disso, a própria síntese das nanopartículas é simples, de baixo custo e ecologicamente amigável.

10

Descrição das Figuras

Figura 1 - Imagem de TEM representativa de NPs bimetálicas de Pt-Cu obtidas pelo método aqui descrito, e histograma da distribuição de tamanho das NPs observadas

15 **Figura 2** - Imagem de TEM de NPs de Pt-Cu após 9 meses de armazenamento, enquanto solução coloidal, e seu histograma de distribuição de tamanho

Figura 3 - Padrão de difração de raios X do catalisador Pt-Cu. As linhas verticais indicam as posições dos picos de difração do cobre (Cu) e da platina
20 (Pt) metálicos, de acordo com a base de dados Crystallographica Search-Match (versão 2.1.1.1)

Figura 4 - Curva de análise termogravimétrica, a qual mostra que desde a temperatura ambiente até ≈ 190 °C houve uma perda de massa correspondente a $\approx 14,8\%$. Analogamente, de 198 °C a 500 °C tem-se perda
25 de $\approx 27,1\%$, e de 500 °C a 800 °C uma perda aproximada de 24,4 %. A rampa utilizada foi de 20 °C/min

Figura 5: Imagem de TEM do catalisador após tratamento térmico a 500 °C

Figura 6: Mapa composicional por elemento químico para o catalisador de Pt-Cu, mostrando a distribuição espacial de Pt, Cu e C, todos com escala de 10
30 μm . A figura indicada com a sigla "Pt-Cu", corresponde a uma imagem de

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da região em que foram gerados os mapas.

Descrição Detalhada da Invenção

O processo de preparação dos catalisadores suportados consiste basicamente de duas etapas, simples e independentes:

- a) síntese de solução coloidal contendo nanopartículas de metais de transição "A" e/ou "B" (sendo "A" e/ou "B", por exemplo, platina, cobre, prata, paládio, etc.)
- b) tratamento térmico da solução coloidal

A primeira etapa (a) de preparação do colóide contendo as NPs se baseia na redução química de soluções dos sais metálicos A (0,02 - 0,1 mmol) e B (0,08 - 0,8 mmol) em etilenoglicol (EG), na presença do agente estabilizante $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$ (citrato de sódio) ou polivinilpirrolidona (PVP) (0,2 - 1,2 mmol), do agente encapsulador $(C_6H_9NO)_n$ (PVP), álcool polivinílico (PVA) e poliácridamida (PAM) (0,8 - 5,5 mmol) e do agente redutor $C_6H_8O_6$ (ácido ascórbico), citrato de sódio, hidrazina, etilenoglicol ou boridreto de sódio (2,4 - 8,7 mmol). Primeiramente todos os reagentes são diluídos em EG separadamente, sob agitação magnética e temperatura de 40 a 100 °C. Após esse processo é feita a mistura das soluções em ordem: primeiramente de A em citrato de sódio, seguida da adição das soluções de PVP, e por último a de ácido ascórbico. A solução final é deixada sob agitação por 5 a 15 minutos e em seguida é aquecida de 40 a 100 °C sob agitação por 5 a 15 min, e deixada em repouso de 3h a 3h 20 minutos, resultando na solução coloidal de A monometálico. No caso de preparação de um colóide de NPs de A, esta etapa do processo terminaria aqui. No caso de NPs bimetálicas A-B, após este tempo é preparada uma nova solução de B que é adicionada em uma nova solução em citrato de sódio, seguida da adição de nova solução de PVP. Esta mistura de soluções é adicionada ao colóide de A monometálico recém-formado, ao mesmo tempo em que se adiciona uma nova solução de ácido ascórbico. A solução final é deixada sob agitação por 5 a 15 minutos e em seguida é aquecida de 40 a 100 °C sob agitação por 5 a 15 min, e deixada em repouso

por mais um intervalo de 3h a 3h 20 minutos, formando o colóide bimetálico A-B.

Após o preparo do colóide contendo NPs de A-B, é realizada a 2ª etapa do processo, os tratamentos térmicos. Acetona é adicionada a solução coloidal (logo após a sua preparação) numa faixa de de 3:1 a 5:1 acetona:colóide, para que as NPs precipitem. Após 15 a 30 min, o sobrenadante é retirado, e as NPs precipitadas são coletadas ainda com resquícios do solvente e levadas até um forno a vácuo. O precipitado de NPs é então tratado termicamente à vácuo (0,01 a 1,1 mbar), entre 200 a 270 °C por 3 a 4 horas. Após esta etapa, o catalisador em forma de pó está gerado e pronto para uso.

Submetemos o catalisador A-B a um tratamento térmico de 400 a 500 °C sob atmosfera de N₂. O catalisador tratado termicamente a temperaturas altas (500 a 800 °C) também pode ser usado após este segundo tratamento térmico, como por exemplo: Hidrogenação, Dessidrogenação, Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja, em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes, e nos demais metais de transição, possam ser empregados.

O catalisador suportado, contendo nanopartículas monometálicas ou bimetálicas de Cu, Pt, Ag ou Pd (pode ser expandido para os demais metais de transição), e sintetizado por redução metálica, cujo suporte advém da própria síntese, possui um grande potencial de aplicação em catálise heterogênea.

Para melhor compreensão da invenção aqui proposta, é descrito um exemplo não limitante da obtenção de NPs bimetálicas.

Exemplo: Preparação do catalisador suportado com NPs bimetálicas de Pt-Cu.

A primeira etapa (a) de preparação do colóide contendo as NPs se baseia na redução química de soluções dos sais metálicos K₂PtCl₆ (0,1 mmol) e CuCl₂.2H₂O (0,8 mmol) em etilenoglicol (EG), na presença do agente estabilizante C₆H₅O₇Na₃.2H₂O (citrato de sódio) (1,2 mmol), do agente encapsulador (C₆H₉NO)_n (PVP) (5,5 mmol) e do agente redutor C₆H₈O₆ (ácido

ascórbico) (8,7 mmol). Primeiramente todos os reagentes são diluídos em EG separadamente (cada um em um béquer) sob agitação magnética e temperatura de $\approx 50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após esse processo é feita a mistura das soluções em ordem: primeiramente de $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em citrato de sódio, seguida da adição das soluções de PVP, e por último a de ácido ascórbico. A solução final é deixada sob agitação por 10 minutos e em seguida é aquecida a $\approx 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ sob agitação por 10 min, e deixada em repouso por 3h 20 minutos, resultando na solução coloidal de cobre monometálico. No caso de preparação de um colóide de NPs de cobre, esta etapa do processo terminaria aqui. No caso de NPs bimetálicas Pt-Cu, após este tempo é preparada uma nova solução de K_2PtCl_6 que é adicionada em uma nova solução em citrato de sódio, seguida da adição de nova solução de PVP. Esta mistura de soluções é adicionada ao colóide de cobre monometálico recém-formado, ao mesmo tempo que se adiciona uma nova solução de ácido ascórbico. A solução final é deixada sob agitação por 10 minutos e em seguida é aquecida a $\approx 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ sob agitação por 10 min, e deixada em repouso por mais 3h 20 minutos, formando o colóide bimetálico Pt-Cu. Este método se aplica também na preparação de outros colóides monometálicos e bimetálicos, simplesmente substituindo os sais empregados por outros sais de metais de transição.

A figura 1 mostra uma imagem representativa de Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM) das NPs de Pt-Cu, e o histograma da distribuição de tamanho.

A solução coloidal contendo as NPs metálicas possui uma estabilidade muito grande ao longo do tempo. Após 9 meses não foram observadas grandes alterações se comparadas com a análise do colóide recém preparado (figura 1). O tamanho médio das NPs se mantém praticamente inalterado, apresentando uma distribuição de tamanhos mais larga após nove meses (figura 2).

Após o preparo do colóide contendo NPs de Pt-Cu, é realizada a 2ª etapa do processo, os tratamentos térmicos. Acetona é adicionada a solução coloidal (logo após a sua preparação) numa proporção de 3:1, acetona:colóide, para

que as NPs precipitem. Após 15 min, o sobrenadante é retirado, e as NPs precipitadas são coletadas ainda com resquícios do solvente e levadas até um forno a vácuo. O precipitado de NPs é então tratado termicamente à vácuo ($\approx 1,1$ mbar) em $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 3 horas. Após esta etapa, o catalisador em forma de pó está gerado e pronto para uso.

A figura 3 mostra o padrão de difração de raios X do catalisador de Pt-Cu obtido, segundo o método descrito. É possível verificar a presença dos picos característicos dos metais Cu e Pt ($2\theta = 40,3^{\circ}$, $46,8^{\circ}$, $68,4^{\circ}$, $82,4^{\circ}$ e $86,9^{\circ}$ para a Pt e $43,3^{\circ}$, $50,4^{\circ}$, $74,1$ e $89,9^{\circ}$ para o Cu), presentes no catalisador. A posição dos picos garante que as NPs estão no estado metálico, ou seja, não estão oxidadas após passar pelo processo do forno à vácuo. Estes picos aparecem juntamente com um pico largo em $2\theta \approx 23^{\circ}$, característico da contribuição de uma parte amorfa, neste caso o que denominamos suporte. Note que na preparação do catalisador não foi adicionada nenhuma espécie de suporte, que aparece espontaneamente ao final do tratamento em vácuo.

Este catalisador suportado foi submetido a análise termogravimétrica (TGA) alcançando temperaturas de até $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. O resultado é mostrado na figura 4. Primeiramente temos o processo de eliminação de água adsorvida na superfície, que ocorre entre a temperatura ambiente até aproximadamente $190\text{ }^{\circ}\text{C}$. Isso corresponde a $\approx 14,8\%$ de perda da massa inicial ($16,95$ mg). Após uma breve estabilização ocorre uma perda de $\approx 27\%$ da massa até $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Entre 500 e $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ nova redução de $\approx 24\%$, e neste ponto o catalisador possui um pouco mais de 34% da sua massa inicial.

Submetemos o catalisador Pt-Cu a um tratamento térmico a $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ sob atmosfera de N_2 , e o material resultante foi analisado por TEM. Como mostra a figura 5, é possível verificar que as NPs estão suportadas. O catalisador tratado termicamente a temperaturas altas (até $800\text{ }^{\circ}\text{C}$) também pode ser usado após este segundo tratamento térmico, como por exemplo: Hidrogenação, Dessidrogenação, Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja,

em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes, e nos demais metais de transição, possam ser empregados.

O catalisador também foi analisado através de mapas composicionais, obtidos via mapeamento por EDS (Energy-dispersive X-ray spectroscopy), que 5 mostram por contraste de cor a distribuição de Pt e Cu no suporte. Na figura 6 é possível perceber que as regiões que contém Cu coincidem com as da Pt, indicando que temos as NPs contendo os dois metais, as quais são distribuídas por todo o suporte, representado pelo mapa de distribuição do carbono (C).

O catalisador suportado, contendo nanopartículas monometálicas ou 10 bimetálicas de Cu, Pt, Ag ou Pd (pode ser expandido para os demais metais de transição), e sintetizado por redução metálica, cujo suporte advém da própria síntese, possui um grande potencial de aplicação em catálise heterogênea. Ele poderá ser usado em várias reações catalíticas, tais como: Hidrogenação, Dessidrogenação, 15 Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja, em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes metais são normalmente usados.

Reivindicações

1) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO, **caracterizado por** consistir basicamente de duas etapas, simples e independentes:

- a) síntese de solução coloidal contendo nanopartículas de metais de transição;
- b) tratamento térmico da solução coloidal.

2) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a etapa (a) da reivindicação 1, **caracterizado por** consistir na preparação do colóide contendo as nanopartículas se baseando na redução química de soluções dos sais metálicos em etilenoglicol, na presença do agente estabilizante, do agente encapsulador e do agente redutor.

3) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelos** sais metálicos compreenderem sais de platina, cobre, prata, paládio utilizados puros ou misturas destes em quaisquer proporções, bem como sais de quaisquer metais de transição da tabela periódica.

4) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo** agente estabilizante compreender citrato de sódio, polivinilpirrolidona (PVP).

5) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo** agente encapsulador compreender polivinilpirrolidona (PVP), álcool polivinílico (PVA) e poliacrilamida (PAM).

6) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo** agente redutor

compreenderem ácido ascórbico, citrato de sódio, hidrazina, etilenoglicol, boridreto de sódio.

7) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a etapa (a) da reivindicação 1, **caracterizado pelos** reagentes serem diluídos em etilenoglicol separadamente, sob agitação magnética e temperatura de 40 a 100 °C; após esse processo é feita a mistura das soluções na ordem: primeiramente solução do sal metálico em agente estabilizante, seguida da adição das soluções de agente encapsulante e por último a do agente redutor; a solução final é deixada sob agitação por tempo necessário e em seguida é aquecida entre 40 a 100 °C sob agitação por tempo necessário depois deixada em repouso por 3h a 3h 20 minutos.

8) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pela** preparação de nanopartículas bimetálicas consistir na preparação de uma nova solução de sal metálico que é adicionada em uma nova solução de agente estabilizante e agente encapsulante; esta mistura de soluções é adicionada ao coloide do outro sal monometálico recém-formado, ao mesmo tempo em que se adiciona uma nova solução de ácido ascórbico; a solução final é deixada sob agitação por 5 a 15 minutos e em seguida é aquecida na ordem de 40 a 100 °C sob agitação por 5 a 15 min, e deixada em repouso por mais um intervalo de 3h a 3h 20 minutos.

9) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO de acordo com a etapa (b) da reivindicação 1, **caracterizado por** adicionar acetona a solução coloidal numa proporção de 3:1 a 5:1, acetona:colóide; após 15 a 30 min, o sobrenadante é retirado e as nanopartículas precipitadas são coletadas e levadas até um forno a vácuo; o precipitado é então tratado termicamente à vácuo (0,01 a 1,1 mbar), entre 200 a 270 °C por 3 a 4 horas.

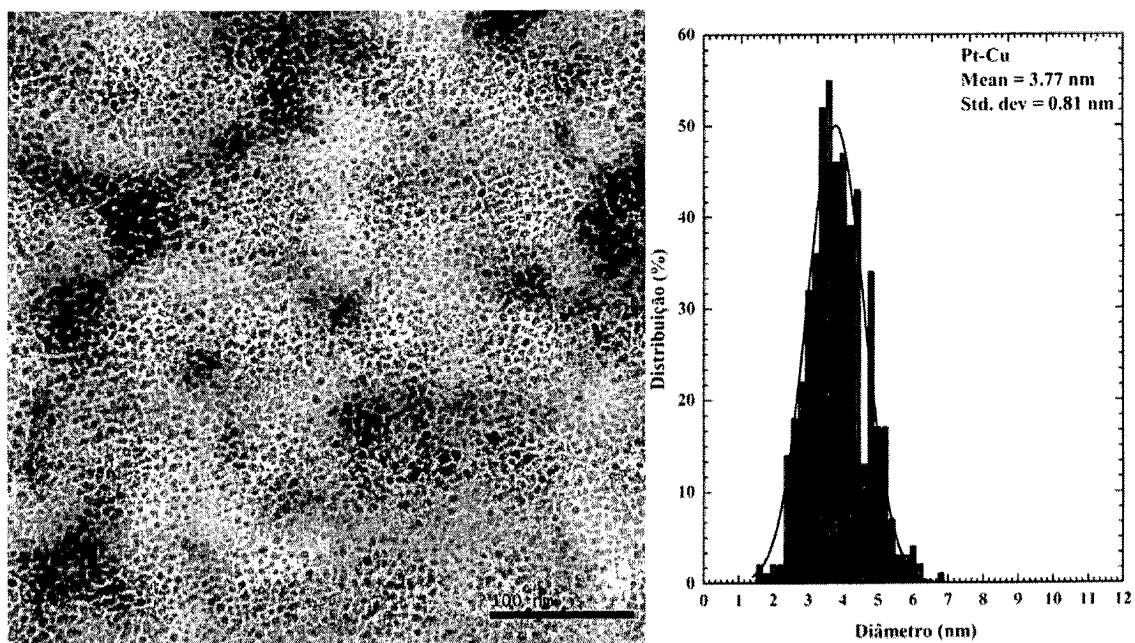
Figuras

Figura 1

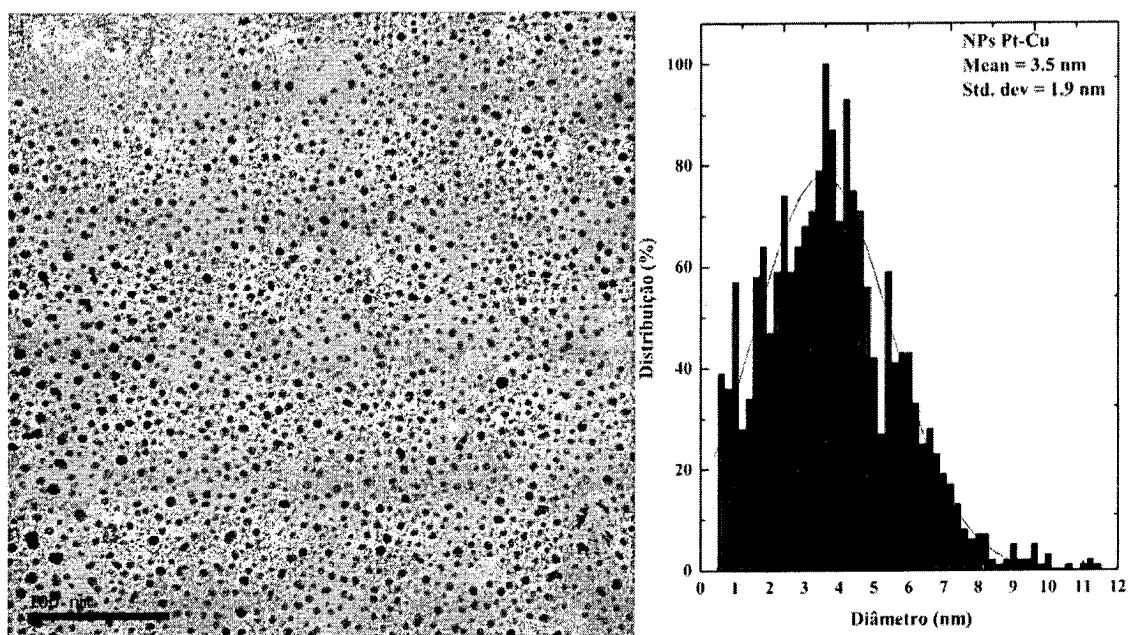


Figura 2

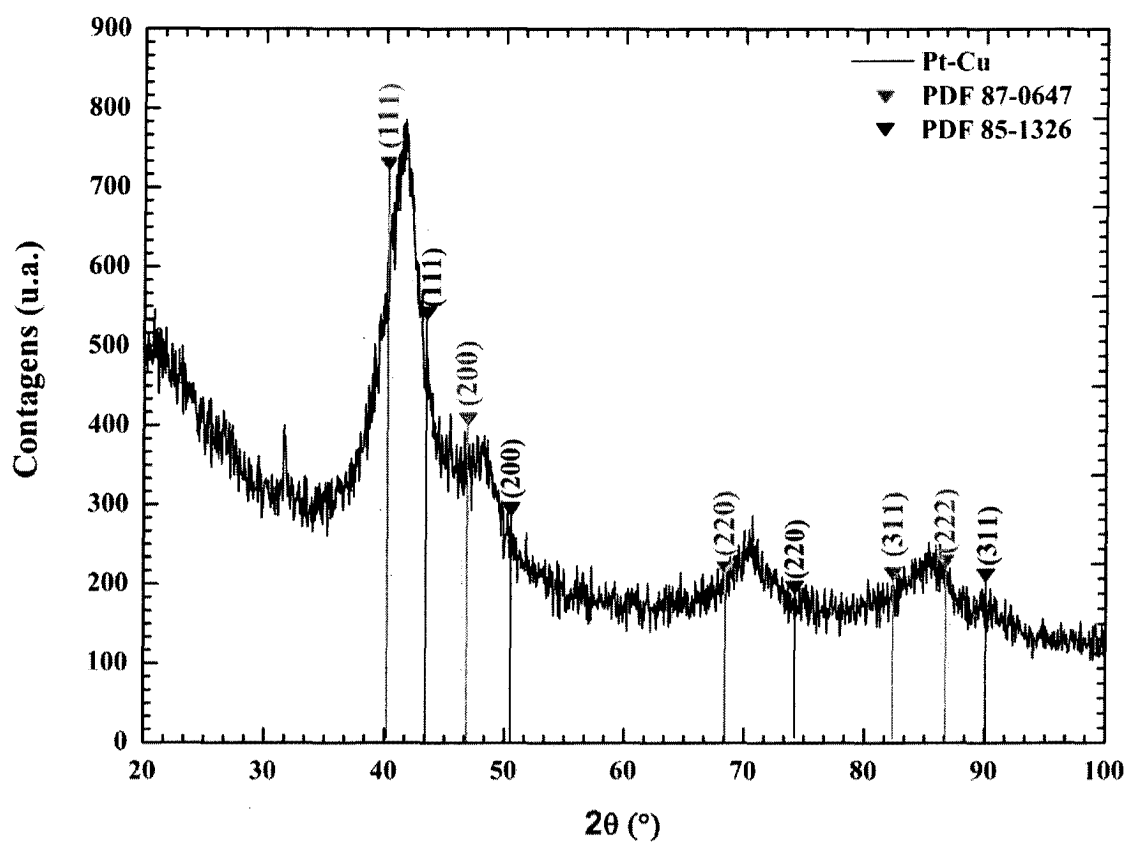


Figura 3

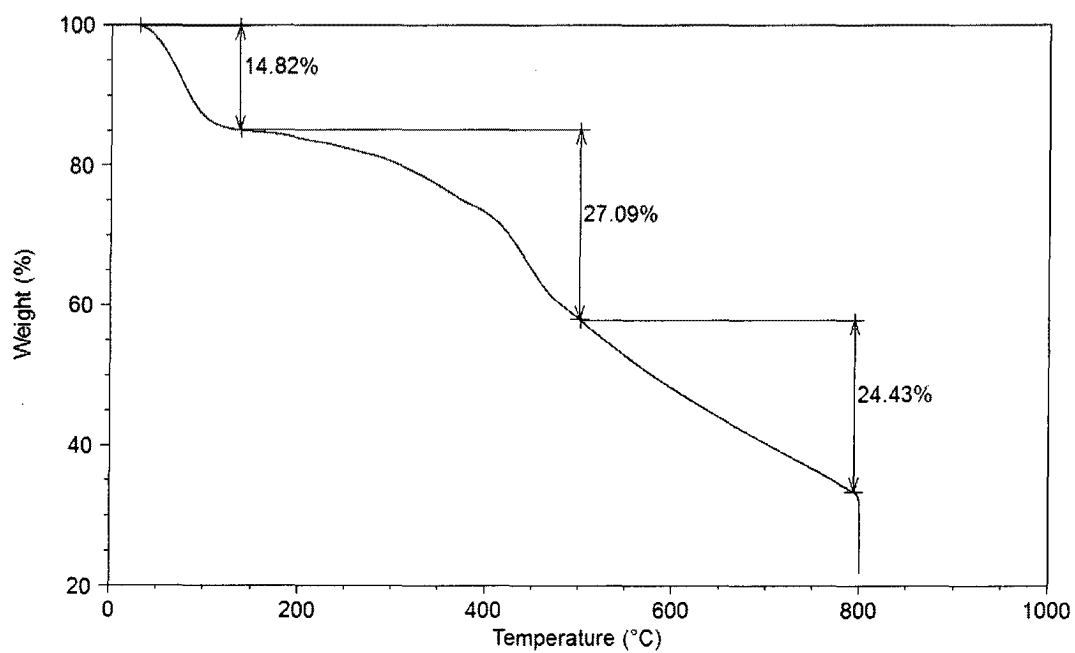


Figura 4

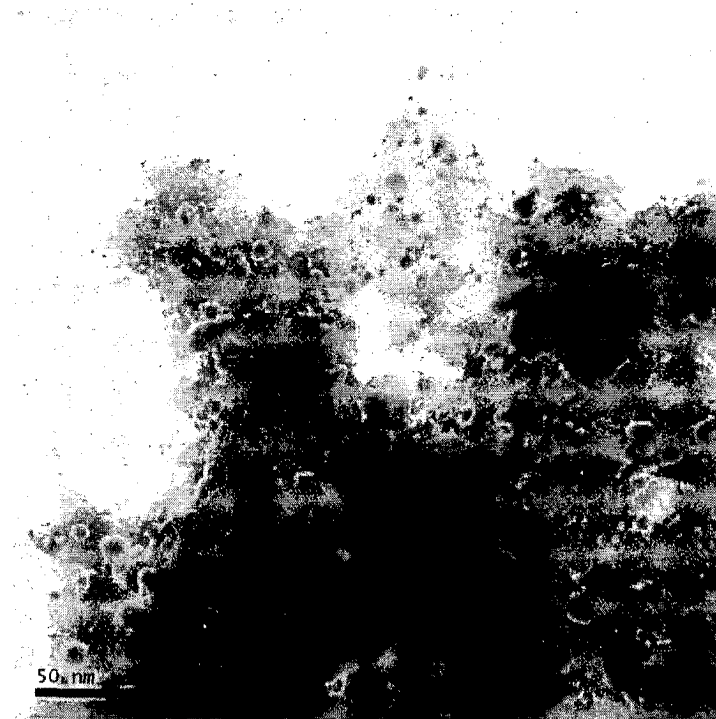


Figura 5

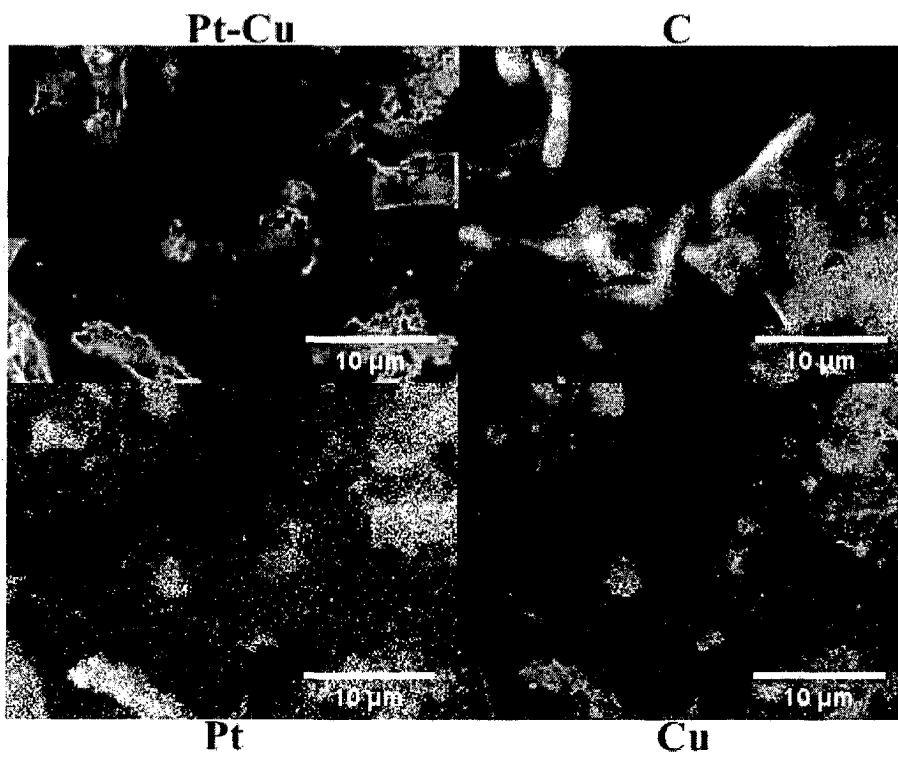


Figura 6

Resumo

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CATALISADORES SUPORTADOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS MONOMETÁLICAS E BIMETÁLICAS DE METAIS DE TRANSIÇÃO

A presente invenção descreve um processo de fabricação de catalisadores suportados contendo nanopartículas monometálicas e bimetalicas de cobre, platina, prata e paládio (metais de transição em geral). O processo dispensa etapas de agregação e emprego de material-suporte, uma vez que o produto final já consiste de um catalisador suportado pronto para uso. Trata-se de um método de baixo custo, simples, eficiente, reproduzível em larga escala e ecologicamente amigável. O catalisador descrito nesse invento pode ser usado em várias reações, tais como: Hidrogenação, Desidrogenação, Hidrogenólise, Oxidação, Dessulfurização, Hidrodessulfurização, Desidratação e Hidrotratamento, entre outras. Ou seja, em quaisquer reações em que catalisadores heterogêneos baseados nestes metais são normalmente usados.