

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

(21) **PI0805080-5 A2**

(22) Data de Depósito: 30/06/2008
(43) Data da Publicação: 31/08/2010
(RPI 2069)



(51) *Int.Cl.:*
B01J 13/14

(54) Título: **SENSORES QUÍMICOS MODIFICADOS PELO METODO SOL-GEL E SUA APLICAÇÃO EM MATRIZES POLIMERICAS**

(73) Titular(es): Braskem S/A, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul

(72) Inventor(es): Edwin Moncada Acevedo, Gilvan Pozebon Pires, João Henrique Zimnoch dos Santos

(74) Procurador(es): Tamara Guinsburg Barlem

(57) Resumo: SENSORES QUÍMICOS MODIFICADOS PELO METODO SOL-GEL E SUA APLICAÇÃO EM MATRIZES POLIMERICAS. A presente invenção refere-se a sensores químicos, com características híbridas, estáveis térmico-mecanicamente, capazes de responderem às alterações de pH na presença de compostos amínicos, amídicos e ácido-redutores, mediante mudança de cor, bem como sua incorporação em matrizes poliméricas e o uso destas.

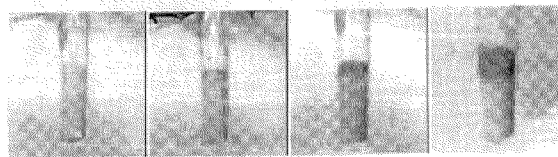


Figura 1a

Figura 1b

Figura 1c

Figura 1d

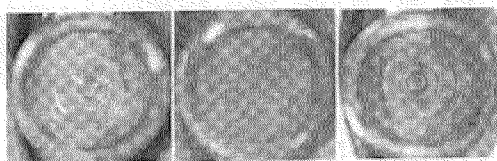


Figura 2a

Figura 2b

Figura 2c

“SENSORES QUÍMICOS MODIFICADOS PELO METODO SOL-GEL E SUA APLICAÇÃO EM MATRIZES POLIMERICAS”

Campo técnico

5 A presente invenção refere-se a sensores químicos, com características híbridas, estáveis térmica e mecanicamente, capazes de responderem às alterações de pH na presença de compostos amínicos, amídicos e óxido-redutores, mediante mudança de cor bem como sua incorporação em matrizes poliméricas e o uso destas.

Fundamentos da invenção

10 Sensores químicos podem ser definidos como dispositivos capazes de detectar a presença e/ou a concentração de um grupo de produtos químicos ou uma substância específica. Sensores em que a detecção de determinada substância se dá pela mudança na coloração, possui a vantagem de uma análise visual imediata, através de métodos colorimétricos ou análise de imagem.

15 A Publicação Internacional WO/1993/04196, relata uma estrutura vítrea porosa que contém um material biologicamente ativo encapsulado, gerando um produto sensor usado para detectar, mediante técnicas fotométricas, a presença quantitativa e qualitativa de vários compostos, orgânicos ou inorgânicos, principalmente enzimas. No entanto, o presente pedido não apresenta sensores
20 para materiais que necessitam estabilidade térmica e o composto sensor é um material biologicamente ativo. Além disto, a maneira de detecção dos compostos analitos, apresentada na arte anterior citada, não se dá mediante mudanças de cor.

25 A Patente US 2007/0161069 relata a invenção de compostos biosensores a partir de compostos complexos de Rutênio e uma enzima. O produto reivindicado nesta patente apresenta monitoramento mediante a fluorescência dos

compostos de rutênio. A fluorescência dos compostos de rutênio é que muda quando interage com o analito. A patente cita compostos analito como álcool, glucosa, sacarosa, lactosa, CO₂, vitamina B-6, vitamina B-12, peptídeos (aspartame) fenilalanina, nilalanina, piruvate, tilosina. A resposta do sensor é dada pela mudança da fluorescência do composto. A patente difere da presente invenção na resposta do sensor dada pela mudança da fluorescência do composto e não pela mudança de cor na região visível, como também mostra a publicação internacional WO/2006/086197 A2, que obtém elementos sensores a partir de "citocromo c" encapsulado em uma matriz de um monolito obtido por reação sol-gel para medir a concentração de substâncias gasosas. Nesta patente citada, o sensor encapsulado é que detecta a concentração de CO₂ e determina variáveis como concentração de proteína. Esta patente apresenta a "citocromo c" como composto sensor. Além disso, não faz referência à estabilidade térmica e mecânica do sensor obtido na presente invenção.

A Patente US 2007/0071789 apresenta materiais bio-ativos contendo auto-montagem (self-assembly) mediante a reação sol-gel cuja reivindicações baseiam-se na aplicação em drogas e implantes médicos, no que difere da presente invenção.

A Patente US 2006/0154414, por sua vez, apresenta um composto sensor que é obtido por reação química dos compostos sol-gel com compostos que mudam de cor, para aplicações em detecção e remoção de contaminantes, como são, pesticida, inseticida, no que difere da presente invenção.

A Patente US 2006/0172431 relata o encapsulamento mediante sol-gel de cluster de molibdênio hexanuclear / tungstênio com 12 ligantes aniônicos e 2 ligantes que não possuem carga com característica luminescentes para determinar o

conteúdo de oxigênio. Este sensor tem a principal função de monitorar o conteúdo de oxigênio em sistemas biológicos in-situ, pela resposta de luminescência do sensor. O presente pedido difere desta patente pelo elemento sensor e pelo uso em sistemas não vivos.

o Por fim, a patente US 2006/0257094 apresenta um sensor para dióxido de carbono (CO₂) e para a combinação de dióxido de carbono oxigênio CO₂/O₂ e a aplicação deste sensor em PET, PE e PET/PE. Nesta patente, o sensor é obtido pelo uso de um composto sensível ao CO₂, como é, em particular [Ru.sup.II-tris(4,7-difenil-1,10-fenantrolina)]Cl.sub.2, compostos baseados em rutênio com alfa diimina como ligante, complexos de metais de transição como, Ru, Os, Pt, Ir, Re ou Rh. Este sensor é destinado à detecção de CO₂/O₂, não podendo determinar mudanças no pH, como é o objetivo da presente invenção. Além disso, o composto sensor (metais complexos) difere dos compostos sensíveis utilizados nesta invenção.

15 Dentre os sensores mais utilizados destacam-se os sensores para detecção de oxigênio tanto de organismos vivos como não vivos, além de sensores sensíveis a compostos orgânicos como açúcares e aminoácidos, entre outros.

De acordo com o relatado acima, nenhum dos sensores descritos anteriormente apresenta características híbridas, estáveis térmica e mecanicamente, capazes de responderem a alterações de pH na presença de compostos amínicos, amídicos e óxido-redutores mediante mudança de cor, bem como não descrevem sua incorporação em matrizes poliméricas, tampouco o uso destas. O sensor de pH da presente invenção apresenta alteração de cor na presença de amins e amidas, assim como na presença de qualquer substância que possa mudar o pH do sensor como, por exemplo, compostos óxido-redutores. Estas substâncias, ao interagirem

com o sensor ou o sensor incorporado numa matriz polimérica, fazem com que o mesmo apresente alteração de cor.

5 A literatura constante no estado da técnica não descreve nem sugere a matéria descrita e reivindicada no presente pedido, pois não apresenta um sensor químico estável térmica e mecanicamente com características híbridas, capaz de responder às alterações de pH na presença de compostos amínicos, amídicos e óxido-redutores por mudança de cor no contato direto ou por vapores destes. O sensor pode se apresentar na forma de solução, em pó ou disperso em uma matriz, para ser aplicado nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, ambientais, 10 petroquímica e de detecção analítica.

Sumário da invenção

A presente invenção refere-se a sensores químicos, estáveis térmica e mecanicamente, com características híbridas e capazes de responderem às alterações de pH na presença de compostos amínicos, amídicos e óxido-redutores 15 mediante mudança de cor. Também consiste a presente invenção na incorporação destes sensores em matrizes poliméricas cujo material resultante poderá ser usado nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, petroquímicas e ambientais entre outros. O método de incorporação destes sensores em resinas poliméricas é realizado através de extrusão utilizando condições de processamento pré-estabelecidas.

20 A presente invenção também se refere aos produtos obtidos da incorporação dos sensores nas matrizes poliméricas.

O sensor, de acordo com a presente invenção, compreende particularmente os seguintes componentes:

25 a) Composto sensível às mudanças das características do ambiente onde está sendo utilizado, através da mudança de cor;

b) Encapsulamento do composto mediante técnicas de reação sol-gel para conferir estabilidade térmica e mecânica e características híbridas.

O sensor assim obtido é então incorporado à matriz polimérica, através de técnicas já conhecidas, para o uso desta nas mais variadas aplicações.

5 Assim, a presente invenção descreve sensores de diferentes compostos que mudam de cor em resposta ao analito. O sensor possui compostos sensíveis que alteram sua coloração segundo as faixas de pH a que forem submetidos, tais como antocianinas, Vermelho de Metila, Púrpura de Bromocresol, Vermelho de Fenol, Vermelho de Cresol, Azul de Bromotimol, Azul de Metileno, e
10 Ácido N-fenantranílico.

Os compostos sensíveis são encapsulados por material inorgânico ou híbrido gerado pela reação sol-gel. O objetivo do encapsulamento é dar aos sensores características híbridas e de estabilidade térmica e mecânica, que permitem a utilização em matrizes poliméricas, as quais suportam altas temperaturas
15 de processamento, podendo, serem os sensores assim obtidos, utilizados em indústrias alimentícias, farmacêuticas, petroquímicas e ambientais.

Descrição detalhada

Os sensores da presente invenção são obtidos através das seguintes etapas:

- 20 a) Preparar uma solução do composto sensível;
- b) Realizar a adição dos componentes da reação Sol-Gel por reação hidrolítica ou reação não-hidrolítica, estabelecendo as condições de tempo e temperatura da reação, razão alcóxidos de silício/água, tipo de catalisador, e valor de pH;
- 25 c) Obtenção dos sensores em solução ou em pó;

Enfim, após a obtenção do sensor devidamente encapsulado, a etapa final consiste na incorporação à matriz polimérica.

No decorrer do presente relatório, os termos abaixo têm a seguinte conotação:

5 - Reações sol-gel: reação hidrolítica via catálise básica ou ácida ou reação não-hidrolítica catalisada por um ácido de Lewis (FeCl_3 , AlCl_3 , etc). Ambas empregando diferentes alcóxidos de silício como precursores e reguladores das propriedades finais do material.

10 -Reação hidrolítica: reação empregando alcóxidos, água, ácido ou base, conduzida à temperatura, tempo e agitação controlados.

-Reação não-hidrolítica: reação empregando alcóxidos, tetracloreto de silício (SiCl_4), ácido de Lewis, conduzida à temperatura, tempo e agitação controlados.

15 -Estabilidade térmica: consiste na capacidade do sensor suportar temperaturas de processamento das resinas até 350°C .

-Estabilidade Mecânica: consiste na capacidade do sensor suportar esforços de cisalhamento gerados no processamento das resinas sem mudar suas características;

-Híbrido – composto com características orgânicas-inorgânicas.

20 O preparo da solução do composto sensível é obtido através da dissolução de determinada quantidade deste composto em determinada quantidade de solvente. As quantidades do composto sensível variam de 0,01gramas a 5 gramas dissolvidas numa faixa de 100ml a 100 litros, em temperatura ambiente, obtendo-se amplas faixas de concentração.

25 Obtida a solução, são adicionados os compostos da reação sol-gel.

Inicialmente condiciona-se o valor de pH através de adição de um ácido ou de uma base, conhecidos pelo estado da técnica. Estabelecido o pH desejado, adicionam-se os alcóxidos de silício determinados para gerar o encapsulamento do composto sensível.

5 O encapsulamento através da adição dos alcóxidos de silício ocorre pelo controle de tipo de alcóxidos, pH, temperatura, tempo e razão de alcóxidos/água. Com a determinação destas variáveis controla-se o tamanho da partícula, sua morfologia, o percentual relativo de grupos orgânicos e inorgânicos, ou seja, seu grau de hibridiz, e a disponibilidade do composto sensível encapsulado.

10 As determinações das variáveis do tipo de alcóxidos de silício, da razão deste com a água e do pH permitem a determinação da morfologia.

A variação da temperatura, pH e do tempo são responsáveis pela determinação do tamanho da partícula.

15 Os alcóxidos de silício usados são preferencialmente o etiltriatoxisilano, metiltriatoxisilano, feniltriatoxisilano, o metiltrimetatoxisilano e o n-octilatoxisilano. A presença do silício dá ao sensor as suas características de estabilidade térmica e mecânica, sendo a hibridiz garantida segundo o tipo de alcóxido de silício utilizado.

20 A disponibilidade do composto sensível do sensor, ou seja, sua exposição ao analito é obtida através de orifícios do encapsulamento, gerados pelo controle da razão silano/água e do pH.

Usando o etiltriatoxisilano num valor de pH 8, e temperatura de 25°C, numa razão de alcóxido/água de 1,5, e um tempo de uma hora, é possível obter morfologias esféricas e tamanho de partículas na faixa de microns. Outros exemplos encontram-se descritos no corpo do presente relatório descritivo.

25 Buscando o sensor em sua forma de pó, é necessária a solidificação

do mesmo, através de meios conhecidos, como centrifugação, evaporação.

O sensor descrito e reivindicado pela presente invenção é utilizado como indicador das mudanças das condições do ambiente ou do material deste em contato com o sensor.

5 Como indicado, a presente invenção é aplicada a embalagens em geral, ambientes onde é preciso conhecer suas condições, como áreas de trabalho e analitos para identificação e quantificação de compostos químicos em química analítica.

10 Uma melhor compreensão pode ser obtida avaliando-se os exemplos a seguir, que são descritos aqui no propósito meramente ilustrativo e não são limitativos, podendo ser outros os meios pelos quais a invenção pode ser realizada.

Exemplos

15 Para atingir uma melhor compreensão da presente invenção, são apresentados, a seguir, exemplos relativos aos testes que representam a presente invenção, assim como os exemplos comparativos.

Os exemplos a seguir são relacionados a alguns testes realizados para avaliar a efetividade de alguns compostos como sensores, e sua influência sobre a atividade de identificação, no processo da presente invenção.

20 Teste de estabilidade térmica de composto sensível verde de bromocresol em óleo mineral:

25 Testes prévios revelam que o verde de bromocresol em óleo mineral, a temperatura ambiente, altera sua cor ao modificar o pH tanto empregando uma solução alcoólica básica ou ácida, quanto borbulhando no óleo vapores básicos ou ácidos. 2,5 mg do composto sensível de pH verde de bromocresol foram adicionados a 25 ml de óleo mineral (Nujol). A mistura atingiu a temperatura de 280 °C após duas

horas de aquecimento, permanecendo nessa temperatura durante 30 minutos. A mistura tornou-se amarela ao alcançar 110 °C devido ao composto adicionado, uma vez que não foi constatada nenhuma alteração ao aquecer o óleo puro. Ao resfriar, a mistura permaneceu com a mesma cor. Ao borbulhar 20 ml de NH₃ (coletado de um frasco de solução de amônia a 25%) na mistura, não foi observada alteração da coloração. Também foi borbulhado vapor ácido (20 ml extraído de um frasco contendo HCl a 37%), mas não houve alterações, indicando degradação do verde de bromocresol. Resultado coerente com o ponto de fusão/decomposição desse indicador: 218°C.

A fim de sondar o efeito do aquecimento sobre a alteração de cor, foi adicionado 1,5 mg do composto sensível em 10 ml de óleo mineral (EMCA 350) já estando a uma temperatura de 130°C. A mistura amarelou em poucos minutos. Durante o resfriamento pôde ser observada a alteração gradativa da cor do amarelo para o verde e, finalmente, para um verde azulado intenso. Ao borbulhar 5 ml de NH₃ a solução tornou-se azul forte. Ao borbulhar 15 ml de vapor ácido na mistura, ela tornou-se amarela. Adicionando mais 10 ml de NH₃, a solução tornou-se azul forte. Aquecendo essa mistura azul forte a 130°C observou-se a mudança de cor para o amarelo. Após esfriar a mistura passou a ter a cor verde. Colocando-a na geladeira, voltou a ter a cor azul forte.

Esses resultados sugerem que a alteração da cor em função do pH do meio ocorre na mesma faixa de estabilidade térmica encontrada na literatura para o verde de bromocresol (<218°C). Também pôde ser constatado que indicador altera, reversivelmente, sua cor com a temperatura.

Cabe ressaltar que o composto indicador foi adicionado diretamente ao óleo mineral, sem imobilização em qualquer suporte inorgânico. As temperaturas de

fusão/decomposição de indicadores cuja faixa de viragem situa-se entre pH 4-8 são apresentadas na tabela abaixo:

Compostos sensíveis	Faixa de viragem de pH	Decomposição (°C)
Vermelho de metila	4,4-6,2	175
Púrpura de bromocresol	5,2-6,8	241
Vermelho de fenol	6,8-8,4	285
Vermelho de cresol	7,2-8,0	250
Azul de bromotimol	6,0-7,6	204
Azul de metileno	Redox	110
Ácido N-fenantranílico	Redox	187

Preparação do sensor baseado em vermelho fenol imobilizado em matriz de sílica:

- 5 O elemento sensor foi sintetizado via processo sol-gel reagindo 55,4 ml de TEOS (tetraetilortosilicato), 6,3 ml de HNO₃ 0,3M e 0,03g do composto sensível de pH vermelho de fenol durante 1 hora, a temperatura ambiente e a 6000 rpm. Transcorrido esse tempo, o sólido foi lavado com água até o resíduo de lavagem tornar-se incolor.
- 10 O sensor obtido (cor amarelo) foi submetido ao gás básico (NH₃). O sólido passa a apresentar a cor rosa forte ao reagir com a amônia: 0,1g desse elemento sensor fora adicionada a 25 ml de óleo mineral (EMCA350), a temperatura ambiente e já estando a 280°C. A amônia borbulhada no óleo produz alteração da cor.
- 15 Teste de temperatura ambiente:
Foi borbulhado certo volume de NH₃ coletado em uma garrafa de solução de amônia 25%. As imagens foram coletadas em diferentes tempos após a injeção do gás básico.

TESTE A 280°C:

Neste ensaio o óleo mineral é aquecido a 280°C e, só então, é adicionado o sensor, permanecendo nessa temperatura durante 2 minutos e sendo resfriado naturalmente. Após alcançar a temperatura ambiente, foi borbulhando NH₃ e constatada alteração na cor.

Teste do vermelho de fenol incorporado em matriz de sílica

O composto sensível, vermelho de fenol, foi incorporado por dopagem em matriz de sílica de acordo com o seguinte procedimento:

- 30 mg de vermelho de fenol foram solubilizados em 6,3 ml de HNO₃ 0,3 mol.L⁻¹.

Essa solução foi adicionada a 55,4 ml de TEOS (tetraetilortosilicato), permanecendo sob agitação a 6000 rpm (IKA® Ultra Turrax T18 basic, ferramenta de dispersão S18N-19G) durante 60 minutos. Após esse período, o sólido foi lavado com água até o resíduo de lavagem não mais apresentar cor, sendo a última lavagem realizada com água a 60°C. Após a lavagem, o sólido foi seco em estufa a temperatura de 130°C. O sensor obtido apresentou coloração amarela e foi submetido a testes sob atmosfera básica e ácida como descrito abaixo.

O material foi colocado em um tubo com tampa onde foi alterada a atmosfera com adição de gás de NH₃. Sendo assim, após o gás ser adicionado, observa-se claramente a alteração de cor (do amarelo para o rosa intenso). Ao submeter esse material a atmosfera ácida, a cor passa a ser vermelha. Não voltando a ter a cor original. Tornando a borrifar NH₃, o sólido volta a assumir a cor rosa intenso. O material obtido registra permanentemente as alterações de pH ocorridas no meio. A figura 1 mostra as quatro etapas, com diferentes colorações, pelas quais o material passa quando da alteração da atmosfera. Na primeira etapa (figura 1a), o

material se apresenta na coloração amarela. Já na segunda etapa (figura 1b), com a adição do gás NH_3 , o material passa a ter uma coloração rosada na parte superior, identificado na figura pela parte superior escurecida, e vai intensificando, conforme mostram as etapas 3 (figura 1c) e 4 (figura 1d), até chegar a coloração vermelha, também nas figuras representado pela parte superior escurecida, acusando a alteração do pH no meio e não mais retornando a cor original.

Interagindo com diferentes analitos na forma gasosa (NH_3 e HCl), o material responde por uma apreciável alteração de cor. Testando esse elemento receptor em óleo mineral (50mg em 10 ml do óleo EMCA 350) a temperatura ambiente, podemos observar uma alteração significativa de cor 80 minutos após borbulhar NH_3 .

O Teste do elemento receptor em óleo mineral a temperatura de 280°C (100 mg em 25 ml do óleo EMCA 350) indica uma interessante estabilidade térmica nessa faixa de temperatura; dado coerente com a temperatura de decomposição do indicador encontrada na literatura.

A figura 2 mostra três estados do óleo, onde no primeiro verifica-se o óleo sem o elemento receptor (figura 2a), o segundo mostra o óleo com o elemento receptor (figura 2b) num tempo de 2 minutos e, no terceiro estado (figura 2c) é mostrado o óleo a temperatura ambiente com o elemento (gás básico), o que causa um escurecimento na cor do material, como é possível verificar.

A análise térmica do indicador vermelho de fenol confirma a estabilidade térmica esperada, superior a 350°C .

Deve ficar evidente aos conhecedores da técnica que a presente invenção pode ser configurada de outras formas específicas sem apartar-se do espírito ou do escopo da invenção. Particularmente, deve-se compreender que a

invenção pode ser configurada nas formas descritas.

Portanto, os exemplos e configurações presentes devem ser considerados como ilustrativos e não restritivos, e a invenção não deve ser limitada aos detalhes fornecidos neste documento, mas podem ser modificados dentro do escopo e equivalência das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. **“SENSORES QUÍMICOS”**, caracterizados por terem em sua composição compostos sensíveis encapsulados por alcóxidos de silício através da reação sol-gel.
- 5 2. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados pelos compostos sensíveis serem obtidos através da dissolução de uma quantidade deste composto em determinada quantidade de solvente.
3. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizados pela quantidade de composto sensível utilizada variar entre 0,01
10 gramas e 5 gramas.
4. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 2, caracterizados pelo solvente empregado ser água ou um solvente orgânico polar prótico ou a mistura de ambos.
5. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com as reivindicações de 1 a 3,
15 caracterizados pela quantidade de solvente utilizada para dissolução do composto variar entre 100ml e 100 litros.
6. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados por serem híbridos orgânico-inorgânicos.
7. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com as reivindicações 1 e 2,
20 caracterizados por serem estáveis térmico e mecanicamente identificando mudanças no pH mediante a alteração de cor.
8. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados por serem em pó.
9. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizados
25 por serem em solução.

10. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com as reivindicações de 1 a 5, **caracterizados por** apresentarem morfologia esférica, em fibras ou amorfa.
11. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizados pelo** encapsulamento dos compostos sensíveis ser proveniente de alcóxidos de silício, preferencialmente quaisquer um dos grupos etiltriatoxisilano, metiltriatoxisilano, feniltriatoxisilano, metiltrimetoxisilano, e n-octiletoxisilano.
12. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com qualquer das reivindicações de 1 a 7, **caracterizados pela** disponibilidade do composto sensível do sensor ser obtida através de poros gerados pelo controle de parâmetros reacionais como a razão alcóxidos de silício/água, pH e temperatura.
13. **“SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com as reivindicações de 1 a 8, **caracterizados por** serem incorporados em matrizes poliméricas.
14. **“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE SENSORES QUÍMICOS”**, **caracterizado por** compreender as etapas de a) preparação de uma solução do composto sensível; b) realização da adição dos componentes da reação sol-gel por reação hidrolítica ou reação não-hidrolítica, estabelecendo as condições de tempo e temperatura da reação, razão alcóxidos de silício/água, tipo de catalisador, e valor de pH e c) obtenção dos sensores em solução ou em pó.
15. **“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE SENSORES QUÍMICOS”**, **caracterizado pelo** encapsulamento se dar através da adição dos alcóxidos de silício pela reação sol-gel.
16. **“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE SENSORES QUÍMICOS”**, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado por** controlar o pH, a temperatura, o tempo e razão de alcóxidos de silício/água.
17. **“PROCESSO DE PRODUÇÃO DE SENSORES QUÍMICOS”**, **caracterizado**

pele tamanho e a morfologia da partícula serem determinados pelo controle da temperatura, do pH, do tempo e da razão de alcóxidos de silício/água.

18. “MATRIZ POLIMÉRICA” caracterizada por conter sensores químicos híbridos, estáveis térmico e mecanicamente, onde os compostos sensíveis são encapsulados por alcóxidos de silício.

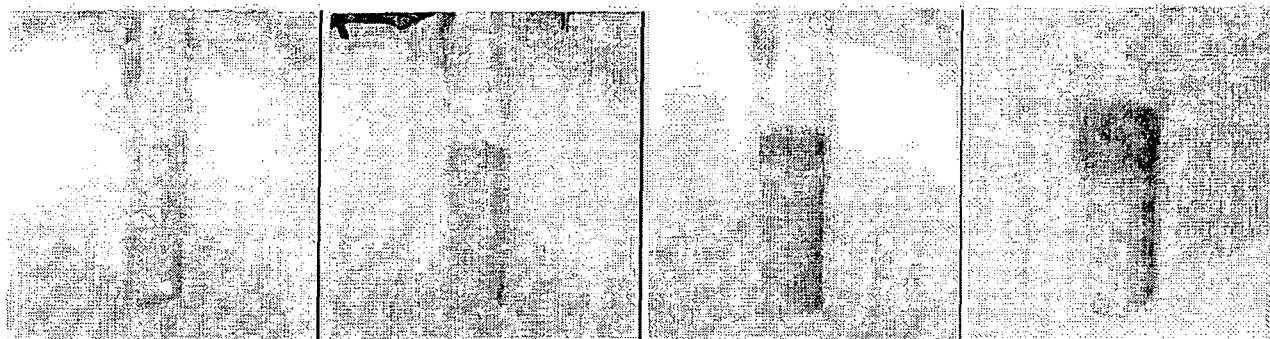


Figura 1a

Figura 1b

Figura 1c

Figura 1d

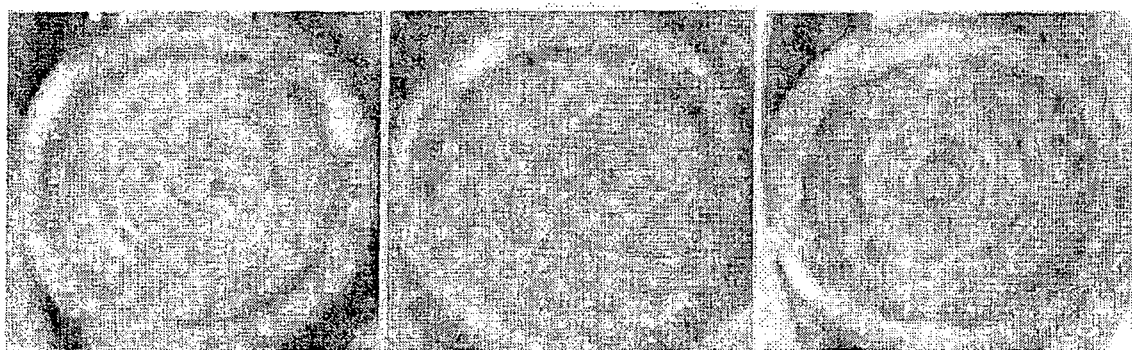


Figura 2a

Figura 2b

Figura 2c

RESUMO

"SENSORES QUÍMICOS MODIFICADOS PELO METODO SOL-GEL E SUA APLICAÇÃO EM MATRIZES POLIMERICAS". A presente invenção refere-se a sensores químicos, com características híbridas, estáveis térmico-mecanicamente, capazes de responderem às alterações de pH na presença de compostos amínicos, amídicos e óxido-redutores, mediante mudança de cor, bem como sua incorporação em matrizes poliméricas e o uso destas.