



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

(21) PI 1102558-1 A2



(22) Data de Depósito: 19/05/2011
(43) Data da Publicação: 25/06/2013
(RPI 2216)

(51) Int.Cl.:
C08G 59/14
C08K 9/02

(54) Título: PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO

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

(72) Inventor(es): Cláudia Moreira da Fontoura, Jairton Dupont, Martha Fogliato Santos Lima Richter, Raquel Santos Mauler, Virgínia Serra de Souza

(57) Resumo: PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO. O presente relatório descreve o processo de obtenção de materiais nanocompósitos de mineral-polímero, mais especificamente um nanocompósito de epóxi-nanotubos de dióxido de titânio e o produto resultante do referido processo. Pelo processo descrito na presente patente é possível obter materiais com características melhoradas em relação aos já descritos. Os materiais descritas na presente patente podem ser facilmente aplicados na indústria automotiva e aeroespacial, setor eletrônico não limitantes.

RELATÓRIO DESCRITIVO

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO

5 CAMPO DA INVENÇÃO

O presente relatório descreve o processo de obtenção de materiais nanocompósitos de mineral-polímero, mais especificamente um nanocompósito de epóxi-nanotubos de dióxido de titânio e o produto resultante do referido processo. Pelo processo descrito na presente patente é possível obter
10 materiais com características melhoradas em relação aos já descritos. Os materiais descritos na presente patente podem ser facilmente aplicados na indústria automotiva e aeroespacial, setor eletrônico não limitantes.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Nos últimos anos, os nanocompósitos poliméricos, doravante
15 denominados de NCP, têm se revelado como uma nova classe de materiais promissores. As propriedades desses nanocompósitos são significativamente relevantes em relação aos compósitos clássicos. O desenvolvimento e uso de NCP constituem um novo caminho para aplicações existentes das resinas epoxídicas ou aplicações em novas áreas.

20 Nanocompósitos poliméricos são materiais híbridos formados pela combinação de dois ou mais constituintes diferindo em forma e/ou composição química, que sejam essencialmente imiscíveis e que pelo menos um dos componentes tenha dimensões nanométricas. A dispersão uniforme das partículas de carga em nanoescala produz uma grande área interfacial por
25 unidade de volume entre a nanocarga e a matriz polimérica. A adição de uma pequena quantidade de carga promove uma melhoria significativa nas propriedades da matriz, resultando em materiais com propriedades semelhantes aos da matriz polimérica.

As resinas epoxídicas são muito utilizadas em diversas aplicações industriais, como no setor eletrônico, automotivo e aeroespacial, devido às suas excelentes propriedades mecânicas e químicas.

Sob o ponto de vista comercial, polímeros epoxídicos ou resinas epoxídicas constituem um dos materiais mais importantes entre os polímeros não vinílicos, devido as suas excelentes propriedades, como boa resistência a solventes e alta resistência à tração e compressão, além de baixo custo e facilidade de processamento. As resinas epoxídicas são preparadas pela reação de polimerização de condensação entre um epóxido e um composto di-hidróxido, usualmente o bisfenol.

Uma estratégia para melhorar as propriedades de resina epoxídicas é o uso da nanotecnologia para obtenção de nanocompósitos de resinas epoxídicas. Esta abordagem tem atraído grande interesse tanto acadêmico como industrial, devido ao notável incremento de propriedades mecânicas e térmicas de resinas epoxídicas com a adição de pequenas quantidades de aditivos. Neste contexto, as nanopartículas possuem o potencial para modificar significativamente as propriedades de uma matriz polimérica. Esse potencial depende fortemente da natureza física de cada tipo de partícula. Partículas inorgânicas, como montmorilonita, sílica coloidal e partículas de óxido metálico, como o dióxido de titânio, afetam principalmente as propriedades mecânicas, térmicas e funcionais dos polímeros termofixos.

As propriedades dos materiais híbridos dependem das propriedades de cada componente constituinte e também da morfologia. A força interfacial entre as fases orgânica e inorgânica desempenha um papel importante no controle da microestrutura e das propriedades dos materiais nanocompósitos. A fim de obter um nanocompósito polimérico com melhores propriedades que a matriz, é muito importante promover uma boa dispersão da nanocarga, para maximizar a interação entre as fases constituintes da mistura. Isso, no entanto, não é uma tarefa fácil, uma vez que as nanopartículas tendem a formar aglomerados. Várias técnicas têm sido empregadas para sintetizar nanocompósitos poliméricos: sol-gel, *in situ*, intercalação por fusão e em solução.

O método de preparação *in situ* é o mais utilizado para resinas epoxídicas. Este consiste na dispersão da nanocarga no precursor na resina epoxídica (monômero ou oligômero). A reação de polimerização pode ser iniciada pela adição de catalisador, iniciador, ou agente de reticulação.

5 Os componentes de um nanocompósito podem ser de natureza inorgânico-inorgânica, inorgânico-orgânica ou ainda orgânico-orgânica. O dióxido de titânio, um composto de natureza inorgânica, também conhecido como óxido de titânio (IV) ou titânia, é encontrado na natureza, cuja fórmula química é TiO_2 . Este composto é utilizado em uma grande variedade de
10 aplicações, da pintura e do protetor solar ao uso como corante em alimentos.

O dióxido de titânio possui três formas minerais: anatase, rutilo e a bruquita. O dióxido de titânio anatase é sempre encontrado na forma de pequenos cristais isolados e bem desenvolvidos, e tal como o rutilo, uma forma mais comum de dióxido de titânio, cristaliza no sistema tetragonal. Porém,
15 ainda que o grau de simetria seja o mesmo nos dois minerais, não existe relação entre os seus ângulos interfaciais. Os cristais de anatase podem ser preparados em laboratórios através de métodos químicos como o processo sol-gel. Exemplos incluem a hidrólise controlada de tetracloreto de titânio ($TiCl_4$) ou de alcóxidos de titânio. Estas anatases sintéticas são de considerável interesse
20 para aplicações de fotocatalise, em células fotovoltaicas e na preparação de nanocompósitos poliméricos.

As nanopartículas de titânia podem ser utilizadas como cargas em matrizes poliméricas, onde as propriedades ópticas, como resistência a luz UV e transparência, dos nanocompósitos formados podem ser controladas. As
25 propriedades ópticas, mecânicas e térmicas, dos nanocompósitos são relativas às propriedades individuais de cada componente, da morfologia e propriedades superficiais.

Algumas patentes e publicações, descrevendo a preparação de nanocompósitos de resinas epoxídicas são encontradas no estado da técnica.

30 O documento US 2008/0300357, intitulado Carbon nanotube-reinforced nanocomposites, dos inventores Dongsheng Mao e Zvi Yaniv, por exemplo,

refere-se a um processo de preparação de um nanocompósito de resina epóxi com nanotubos de carbono, onde uma pequena quantidade (menor de 1%) de nanotubos de carbono aumentou significativamente a resistência à flexão dos nanocompósitos de matriz epóxi.

5 Por sua vez, o documento BR 9508914-4A (US 005554670A), intitulado Nanocompósitos de silicato-epóxi em camadas, dos inventores Emmanuel P Giannelis e Philip B. Messersmith, refere-se a um processo de preparação de um nanocompósito de epóxi-silicato, onde uma argila do tipo esmectita organicamente modificada foi dispersa em uma resina epóxi junto com éter de diglicidila de bisfenol A (DGEBA) e curado na presença ou de metil anidrido 10 nádio (NMA), e/ou benzildimetilamina (BDMA), e/ou trifluoreto de boro monoetilamina (BTFA), a 100-200°C. O nanocompósito exibe uma T_g ampliada em temperatura ligeiramente maior do que a resina epóxi não modificada. O módulo de armazenagem dinâmico do nanocompósito era consideravelmente maior na região vítrea muito maior na região de platô elástico quando 15 comparado a tal módulo na resina epoxídica não modificada.

Uma forma melhorada de aumentar a dispersabilidade das nanopartículas sobre a matriz polimérica pode ser vista na patente EP 1038913 A1, intitulada Nanocomposites formed by onium ion-intercalated Clay and rigid anhydride-cured epoxy resins, dos inventores Tie Lan e Erin K. Westphal. Nesta patente, 20 um material composto de camadas, como por exemplo, a argila, é posto primeiramente em contato com um agente de espaçamento íon ônio (cátions). Simultaneamente, ou após esse primeiro contato, a resina epoxídica líquida e o reticulante a base de anidrido é adicionado ao material em camadas, 25 intercalado com íon ônio. Segundo essa patente, o composto formado por tal processo, demonstrou maior resistência mecânica, térmica e química, comparada à matriz polimérica pura.

A patente EP 2228406 A1, intitulada Improved mechanical properties of epoxy filled with functionalized carbon nanotubes, dos inventores Helmut 30 Meyer, Zhong Zhang, Hui Zhang, Tang Long-Cheng, Ke Peng, Lu-Qi Liu, Hongchao Li, Stefan Bahn Müller, Julia Hitzbleck, por sua vez, propõe uma

metodologia de incorporação de nanotubos de carbono a matriz epoxídica. Comparando com a resina epoxídica pura os nanocompósitos oferecem considerável aumento nas propriedades mecânicas.

Da mesma forma, com o objetivo de preparar nanocompósitos com
5 nanotubos de carbono, o documento US 2009/0035570 A1, intitulado Carbon nanotube-reinforced nanocomposites dos inventores Dongsheng Mao e Zvi Yaniv, descreve um método de preparação destes nanocompósitos onde há um grande incremento nas propriedades mecânicas (resistência à flexão emódulo deflexão) quando comparado a resina epoxídica pura.

10 Não foi encontrado no estado da técnica nenhum documento referente à obtencao de nanocompósitos de polímero com a incorporacao de nanotubos de dióxido de titânio.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção descreve um processo para preparar
15 nanocompósitos de polímero e nanotubos de dióxido de titânio. Mais especificamente, a preparação de nanocompósitos de uma resina epoxídica comercial, com incorporação de 2% em peso de nanotubos de dióxido de titânio.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FIGURAS

20 A FIGURA 1 apresenta um fluxograma representativo das etapas constituintes do processo aqui descrito.

A FIGURA 2 apresenta a curva formada pelo fluxo de calor irreversível, calor liberado na reação de reticulação, da resina epoxídica e dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO₂;

25 A FIGURA 3 apresenta a análise termogravimétrica da resina epoxídica e dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO₂;

Na FIGURA 4 são apresentadas as imagens de microscopia eletrônica de transmissão (MET) dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO₂ preparados sob agitação mecânica de a) 2500 rpm por 4 h e b) 2500rpm por 4 h + 24000
30 rpm por 30 min;

A FIGURA 5 apresenta as curvas de Difração de Raios-X dos nanotubos de TiO_2 e dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO_2 ;

Na FIGURA 6 os espectros no infravermelho da resina líquida pura e com a adição de 2% de nanotubos de dióxido de titânio são mostrados;

5 Na FIGURA 7 as curvas de $\tan\delta$ da resina epoxídica e dos nanocompósitos com TiO_2 , obtidas pelo equipamento de DMTA, são apresentadas;

A FIGURA 8 apresenta os módulos de armazenamento da resina epoxídica pura e dos nanocompósitos de TiO_2 ;

10 DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O processo para o preparo de nanocompósitos da presente invenção compreende as etapas de:

- a) Síntese dos nanotubos de dióxido de titânio (TiO_2);
- b) Dispersão destes nanotubos no oligômero da resina epoxídica
- 15 líquida, por meio de agitação mecânica e uso de banho ultrassônico;
- c) Reação de reticulação da resina epoxídica.
- d) Caracterização dos nanocompósitos

Para a síntese dos nanotubos de dióxido de titânio da etapa (a) é necessário que os mesmos sejam misturados a uma solução aquosa de NaOH seguidos de aquecimento a 140°C e agitação por tempo 24 horas. Após esta

20 dispersão dos nanotubos, o pó resultante é lavado com uma solução de HCl e posteriormente com água deionizada e acetona, sendo, por fim, filtrado. O material resultante deve ser seco sob pressão reduzida pelo tempo necessário e sob aquecimento.

25 Para a dispersão destes nanotubos no oligômero de resina epoxídica (etapa b), usa-se um banho ultrassônico. Os nanotubos de dióxido de titânio são incorporados à resina epoxídica (resinas epóxi à base de bisfenol A, resinas epóxi à base de bisfenol F, resinas epóxi bromadas, resinas epóxi flexíveis, epicloridrina, poliglicóis, polioxidrido, difenilpropano, não limitante) por

meio de agitação mecânica por tempo necessário, sob banho de ultrassom aquecido.

Para a reação de reticulação (etapa c) usa-se um agente de reticulação que inclua, preferencialmente, em sua composição um agente iniciador (aminas alifáticas, adutos de aminas, poliamidas, aminas cicloalifáticas, anidridos, 5 poliaminoamidas ou poliamidoaminas, aminas aromáticas, polissulfetos, polioxipropilaminas, polimercaptanas, dicianodiamida(DICY) e trifluoreto de boro(BF_3) aminas, anidridos, não limitantes). O agente de reticulação deve ser adicionado sob agitação vigorosa ao sistema. Posteriormente as amostras 10 devem ser curadas em estufa por tempo adequado.

Segue abaixo a descrição, não limitativa, em alguns exemplos de como a invenção pode ser reproduzida.

EXEMPLOS

EXEMPLO 1: Síntese dos nanotubos de dióxido de titânio (TiO_2);

15 No procedimento empregado na síntese dos nanotubos de TiO_2 , 4g de TiO_2 P25 (Degussa) foram misturadas em 100 mL de uma solução aquosa de NaOH 10M. A mistura foi colocada em uma autoclave de aço inoxidável de 250 mL coberto com Teflon. O sistema foi mantido a 140°C por 24 h sob agitação magnética. O pó resultante foi lavado sucessivamente com uma solução de 0,1 20 M de HCl e posteriormente com água deionizada para remover todo o NaOH residual, lavado com acetona e filtrado. O material resultante foi seco sob pressão reduzida por 10 horas a 50°C .

EXEMPLO 2: Dispersão dos nanotubos no oligômero da resina epoxídica líquida, por meio de agitação mecânica e uso de banho ultrassônico;

25 A resina epoxídica utilizada foi do tipo Éter diglicídico do bisfenol A (DGEBA), comercialmente denominada de Araldite CY2333. Esta apresenta as seguintes características:

- viscosidade a 25°C : 1300-1600 mPas
- densidade a 25°C : $1,15 \text{ g/cm}^3$

- equivalente Epóxi: 230-240 g / Eq
- ponto de ebulição: aproximadamente 250°C
- pressão de vapor a 20 °C: < 0,01 Pa
- aspecto: líquido azul de odor fraco

5 O banho de ultrassom modelo USC-1400 e os agitadores mecânicos IKA-RW20 digital, utilizando a hélice tipo R1342, e Ultra Turrax IKA-T25 digital foram empregados para a dispersão dos nanotubos diretamente na resina epoxídica líquida sem o uso de surfactante.

10 Os nanotubos de dióxido de titânio foram incorporados (2% em peso) ao DGEBA por meio de agitação mecânica de 2500rpm por 4h, sob banho de ultra-som a 60°C. Após este processo, a amostra foi separada em duas partes iguais, uma das partes foi imediatamente reticulada e a outra parte foi posta sob agitação em Ultra-Turrax T25 IKA ® digital em 24000 rpm por 5 minutos.

15 **EXEMPLO 3:** Reação de reticulação da resina epoxídica com uso de anidrido carboximetiltetrahidroftálico;

O agente de reticulação utilizado foi o anidrido carboximetiltetrahidroftálico (MTHPA) incluindo em sua composição uma quantidade de 1,6% de um agente iniciador, de nome comercial HY 2123. Algumas características do MTHPA utilizado são as seguintes:

- 20
- aspecto: líquido límpido castanho alaranjado
 - viscosidade a 25 °C: 30-70 mPas
 - pressão de vapor a 20 °C: <1 mmHg
 - ponto de ebulição: aproximadamente 250°C

25 Após, o agente de reticulação (MTHPA) foi adicionado ao sistema e vigorosamente misturado. Posteriormente as amostras foram curadas em estufa a 130°C por 2 h.

EXEMPLO 4: Caracterização dos nanocompósitos

30 As temperaturas máximas de decomposição da resina pura e dos nanocompósitos, obtidos pela análise termogravimétrica, são apresentadas na Tabela 1. As temperaturas máximas de decomposição foram estimadas através

da temperatura no pico máximo da curva da derivada da perda de massa ao longo do tempo de análise.

Tabela 1: Temperatura máxima de decomposição dos nanocompósitos de nanotubos de dióxido de titânio e da resina epoxídica

Nanocompósitos curados com Anidrido	T* (°C)
Resina Pura	415
NCP 2% TiO ₂ , Ultra Turrax	425
NCP 2% TiO ₂	438

5 * Temperatura máxima de decomposição.

Morfologia dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO₂

Com as imagens de microscopia (MET) foi possível observar o nível de dispersão, ou seja, a morfologia dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO₂. A influência de diferentes velocidades de agitação mecânica tornou-se
10 evidente nas imagens de MET dos nanocompósitos de resina epoxídica / TiO₂.

Como pode ser visto a partir das imagens de MET, Figura 4, o aumento na velocidade de agitação mecânica de 24000 rpm com uso do Ultra-Turrax, melhorou significativamente a dispersão dos nanotubos de TiO₂ na matriz epoxídica. É evidente que os aglomerados presentes nas amostras sem a
15 utilização de Ultra-Turrax são maiores.

Nas curvas de DRX das amostras é possível observar o desaparecimento dos picos em 25,3 e 37,8 nos nanocompósitos, indicando que a quantidade de nanotubos aglomerada diminuiu ou, em outras palavras, a dispersão foi melhorada. (Figura 5).

20 Nos espectros de infravermelho (Figura 6) as bandas apresentadas são características dos grupos presentes na molécula da resina epoxídica líquida, concordando com resultados encontrados na literatura. Portanto, como não houve alterações nos sinais característicos da resina epoxídica com a presença da Titânia, é possível concluir que não houve a formação de ligações químicas
25 entre a matriz e os nanotubos de TiO₂.

Propriedades dinâmico-mecânicas

As propriedades dinâmico-mecânicas dos nanocompósitos, bem como da resina pura são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades dinâmico-mecânicas dos nanocompósitos e da resina epoxídica

Nanocompósitos de resina epoxídica	Velocidade de agitação	E' (MPa)	T _g * (°C)
Resina Pura	-	2772	81
2% TiO ₂	2500 rpm	2309	80
2% TiO ₂	2500 rpm + 24000 rpm por 30 min	1716	76

* A T_g foi estimada utilizando o pico da curva do tanδ.

As análises DMA mostram que a T_g do nanocompósito preparado sem o uso do Ultra Turrax diminuiu com a adição dos nanotubos. As regiões com aglomeração de nanotubos podem estar atuando como defeitos no sistema. Já nos nanocompósitos preparados com o uso do Ultra Turrax, a T_g não foi alterada significativamente.

Os resultados dos módulos de armazenamento dos nanocompósitos (Figura 8) diminuiram principalmente nos nanocompósitos preparados sem a agitação de 24000 rpm (uso do Ultra-Turrax), fato este que pode estar relacionado à menor densidade de ligações formadas e ao surgimento de aglomerados de nanotubos de dióxido de titânio que podem estar atuando na dissipação de energia, e estas regiões com aglomerações podem agir como defeitos no sistema.

REIVINDICAÇÕES

- 1) **PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO**, caracterizado por compreender as seguintes etapas:
- a) Síntese dos nanotubos de dióxido de titânio (TiO₂);
 - b) Dispersão dos nanotubos no oligômero da resina epoxídica líquida, por meio de agitação mecânica e uso de banho ultrassônico;
 - c) Reação de reticulação da resina epoxídica;
 - d) Caracterização dos nanocompósitos.

- 2) **PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO** de acordo com a reivindicação 1 item a), caracterizado pela síntese dos nanotubos de dióxido de titânio compreender uma mistura entre os nanotubos e uma solução aquosa de NaOH, aquecimento e agitação por tempo adequado, lavagem com HCl e água deionizada e acetona respectivamente, filtração a seco sob pressão reduzida e aquecimento.

- 3) **PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO** de acordo com a reivindicação 1 item b), caracterizado pela dispersão destes nanotubos no oligômero da resina ocorrer sob agitação mecânica em um banho ultrassônico aquecido.

- 4) **PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO** de acordo com a reivindicação 3 caracterizado por pela resina epoxídica estar compreendida no grupo de resinas epóxi à base de bisfenol A, resinas epóxi à base de bisfenol F, resinas epóxi bromadas, resinas epóxi flexíveis, epicloridrina, poliglicóis, polioxidrilos, difenilpropano.

5) PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO de acordo com a reivindicação 1 item c) caracterizado pela reação de reticulação usar um agente de reticulação que inclua, preferencialmente em sua composição um agente iniciador.

6) PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO de acordo com a reivindicação 5 caracterizado pelo agente de reticulação estar compreendido no grupo de aminas alifáticas, adutos de aminas, poliamidas, aminas cicloalifáticas, anidridos, poliaminoamidas ou poliamidoaminas, aminas aromáticas, polissulfetos, polioxipropilaminas, polimercaptanas, dicianodiamida(DICY) e trifluoreto de boro(BF₃) aminas, anidridos.

7) PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO de acordo com a reivindicação 6 caracterizado pela adição do agente de reticulação ocorrer sob agitação vigorosa ao sistema.

8) PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E PRODUTO de acordo com a reivindicação 7 caracterizado pela cura das amostras ocorrer em estufa por tempo adequado.

9) PRODUTO caracterizado por se obtido segundo as reivindicações 1 - 8 e por apresentar os perfis de caracterização como os mostrados nas figuras de 1 - 8.

FIGURAS

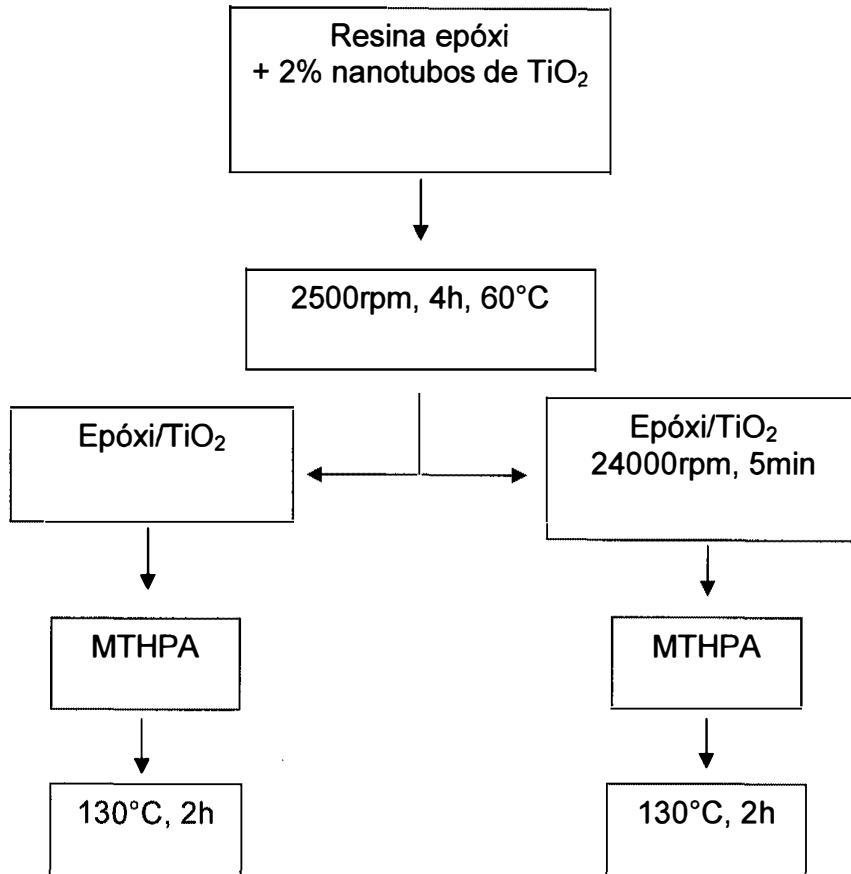


FIGURA 1

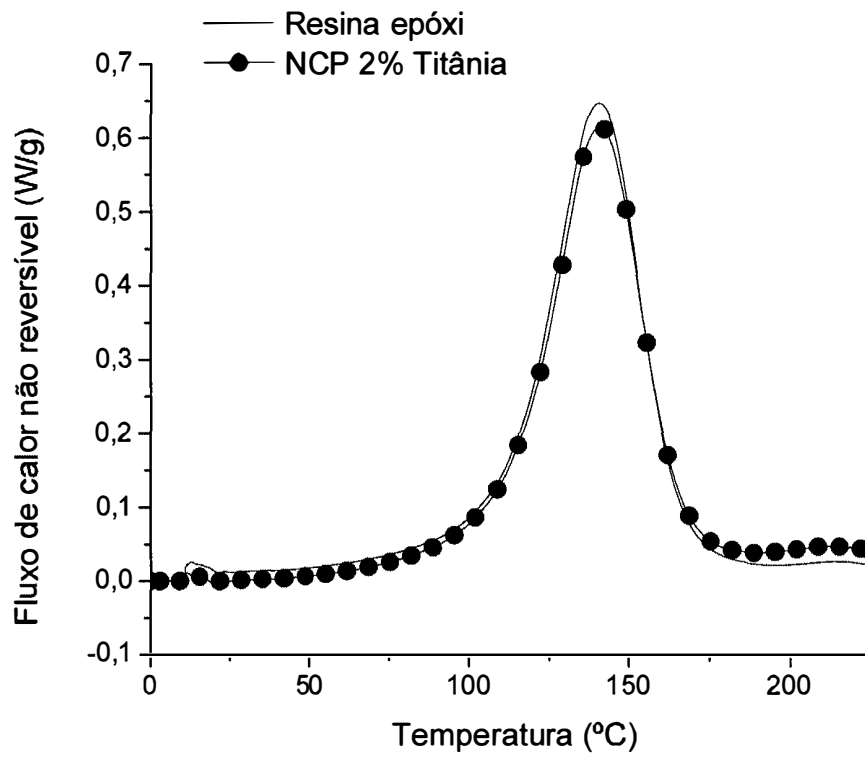


FIGURA 2

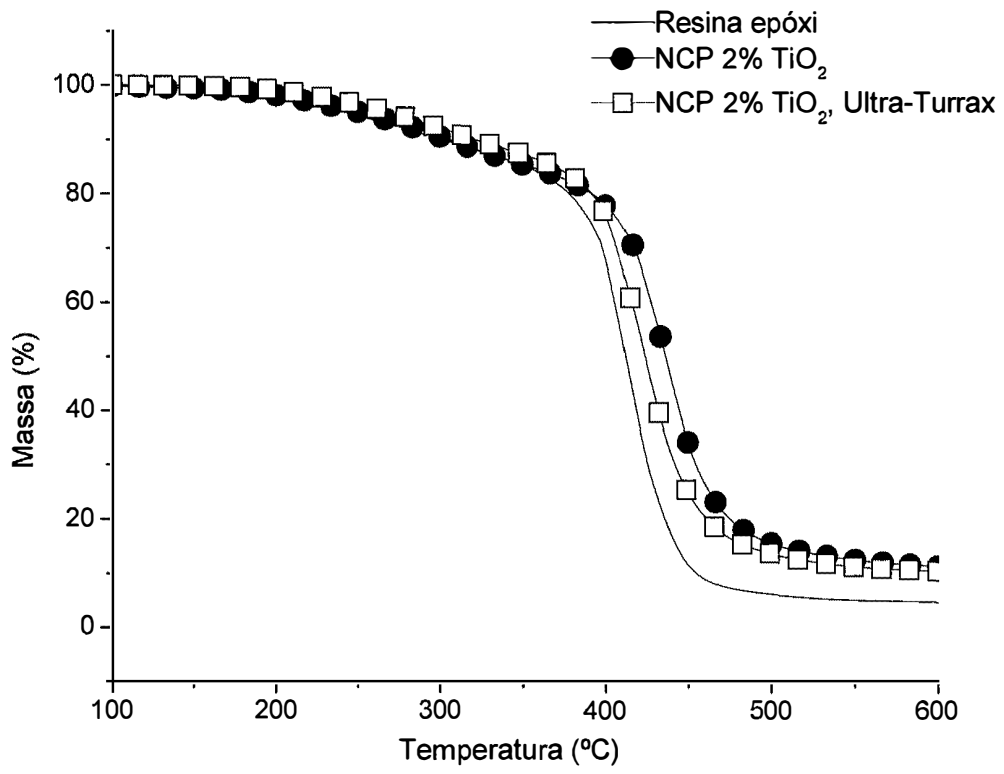


FIGURA 3

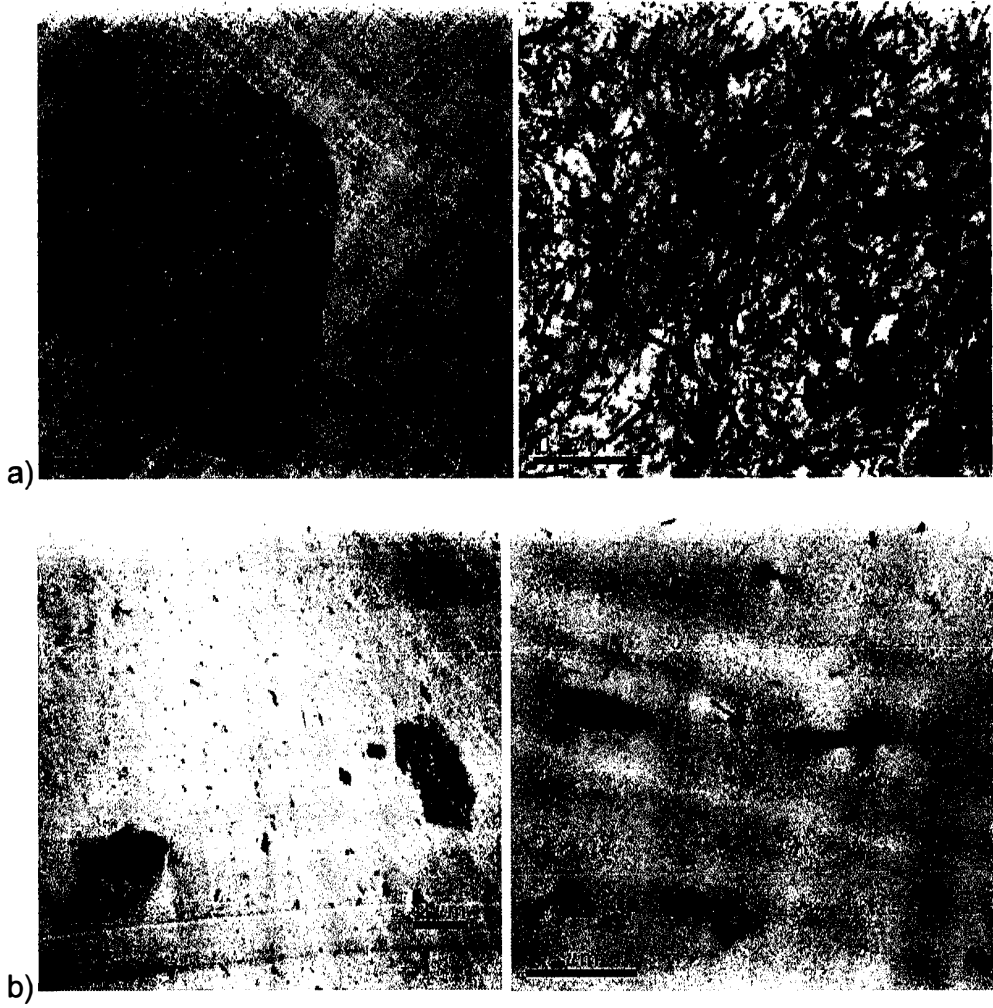


FIGURA 4

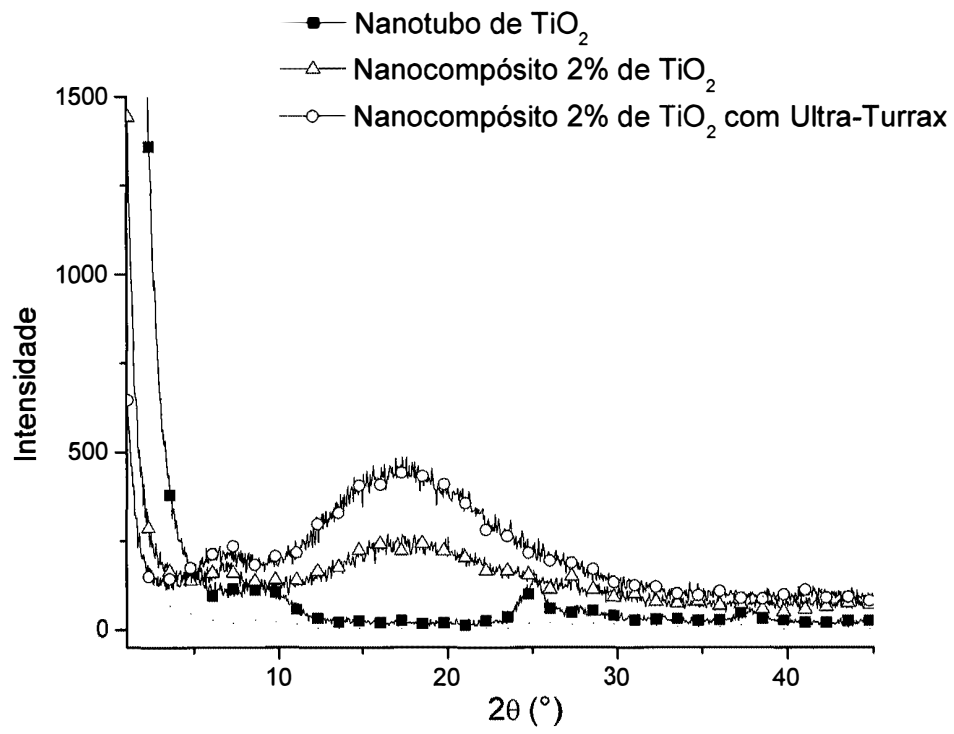


FIGURA 5

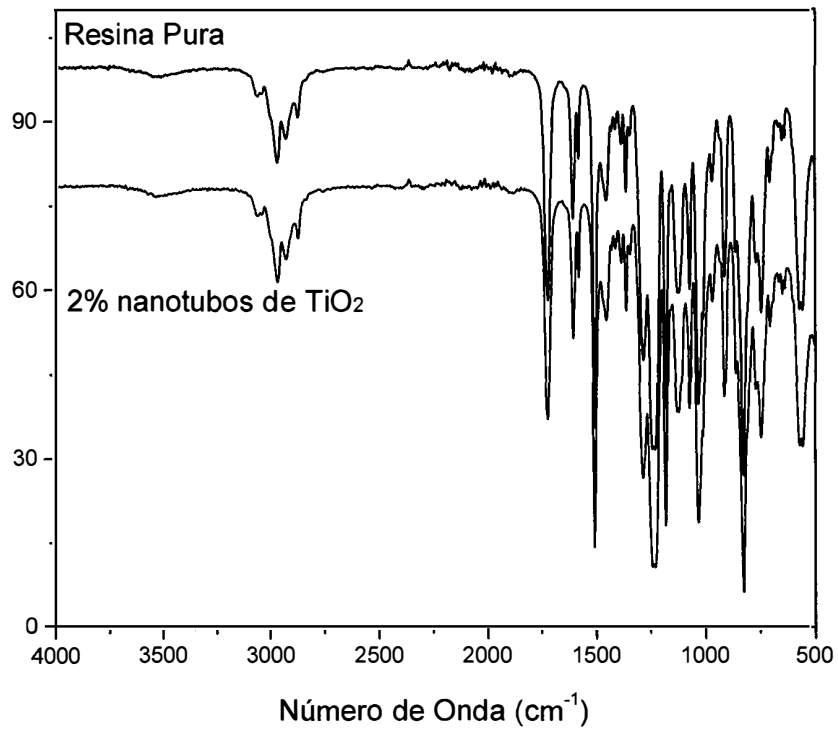


FIGURA 6

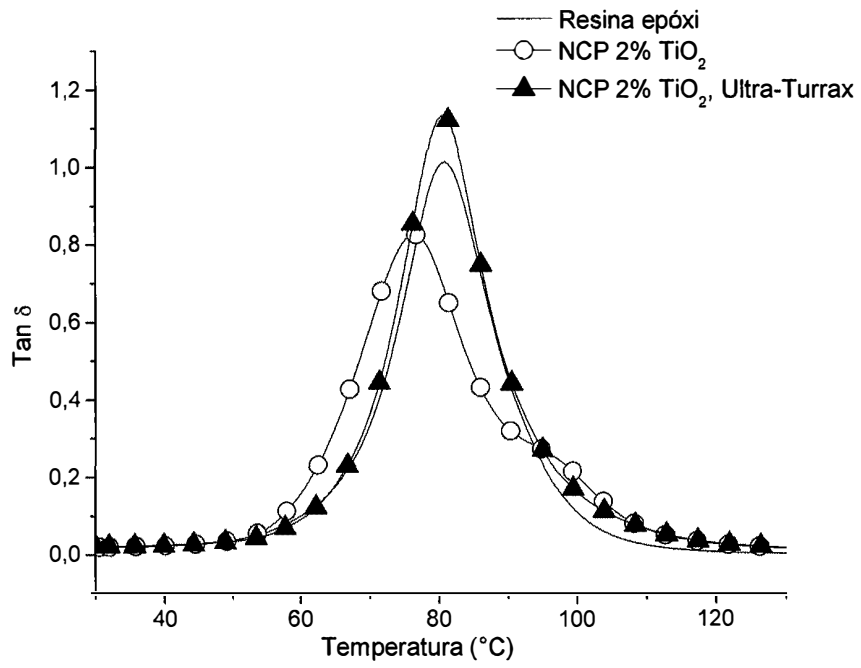


FIGURA 7

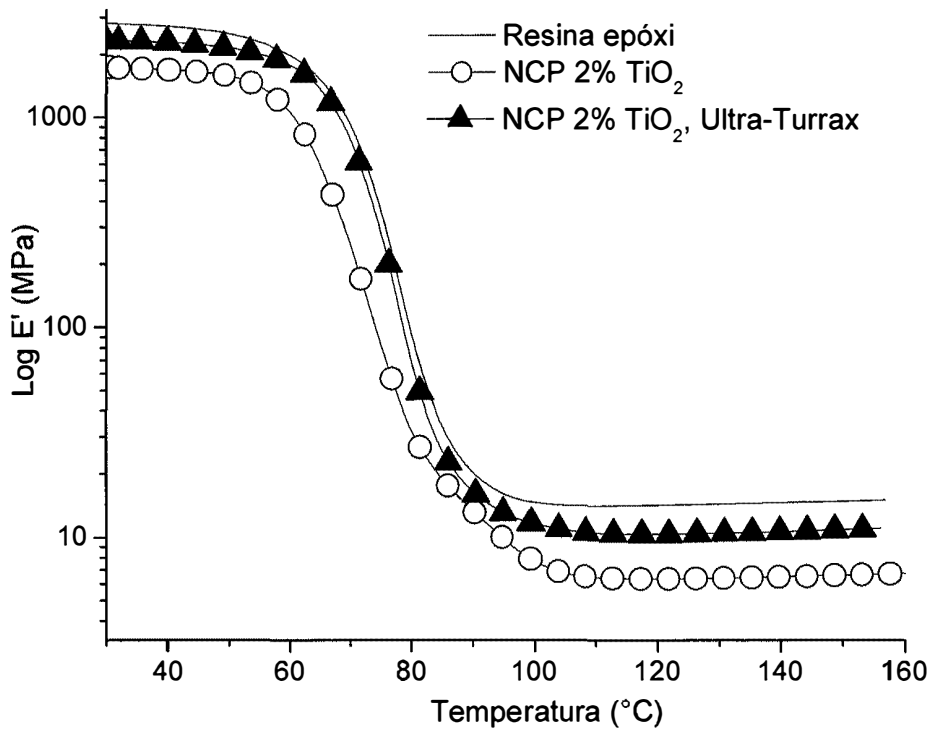


FIGURA 8

RESUMO

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS DE RESINA EPOXÍDICA UTILIZANDO NANOTUBOS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E 5 PRODUTO.

O presente relatório descreve o processo de obtenção de materiais nanocompósitos de mineral-polímero, mais especificamente um nanocompósito de epóxi-nanotubos de dióxido de titânio e o produto resultante do referido processo. Pelo processo descrito na presente patente é possível obter
10 materiais com características melhoradas em relação aos já descritos. Os materiais descritos na presente patente podem ser facilmente aplicados na indústria automotiva e aeroespacial, setor eletrônico não limitantes.

15