



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018015069-3 A2



(22) Data do Depósito: 24/07/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 04/02/2020

(54) **Título:** PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITO, O NANOCOMPÓSITO E O USO DO MESMO

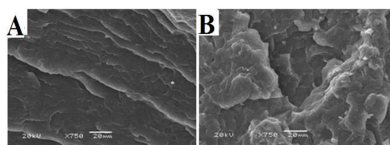
(51) **Int. Cl.:** C08K 3/04; B82Y 30/00; B82Y 40/00; B82Y 25/00.

(52) **CPC:** C08K 3/04; C08K 3/041; C08K 3/042; B82Y 30/00; B82Y 40/00; (...).

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** GRISELDA LIGIA BARRERA DE GALLAND; LUIZ CARLOS P. DA SILVA FILHO; MUHAMMAD NISAR; MARIA DA GRAÇA SEBAG BERND; JULIAN PENKOV GESHEV.

(57) **Resumo:** PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITO, O NANOCOMPÓSITO E O USO DO MESMO A presente invenção descreve nanocompósitos de poliolefinas com lâmina de grafeno (óxido de grafite reduzido - rGO) e nanotubos de carbono magnéticos provenientes da serragem. Especificamente, a presente invenção compreende propriedades magnéticas a temperatura ambiente, propriedades térmicas, mecânicas e de permeabilidade ao oxigênio melhoradas com respeito ao polímero original. A presente invenção se situa nos campos da Ciência dos Materiais e Engenharia de Materiais.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITO, O NANOCOMPÓSITO E O USO DO MESMO

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção descreve um novo processo de obtenção de nanocompósitos de poliolefinas com propriedade magnética e opcionalmente, condutora de eletricidade. A presente invenção se situa nos campos da Ciência dos Materiais e Engenharia de Materiais.

Antecedentes da Invenção

[0002] A indústria moveleira produz uma grande quantidade de resíduos de madeira, resultante dos cortes feitos nas chapas utilizadas no processo de fabricação dos móveis, onde utilizam como matéria-prima principal, em seus produtos, a madeira maciça, painéis de madeira aglomerada, entre outros. Atualmente depara-se em seus processos produtivos com volumes cumulativos de resíduos e rejeitos, sem destino ambientalmente correto (Koch, 2012).

[0003] Por definição, o termo “rejeito” se refere a peças que, ao sofrer o processamento, ficaram abaixo dos padrões técnicos ou comerciais geralmente por estarem quebrados, empenados, rachados ou trincados. A reciclagem desses recursos naturais que não possuem uma destinação ambiental correta se mostra como uma alternativa que reduz os impactos da exploração dos recursos naturais, e, além disso, agrega valor aos produtos produzidos a partir desses rejeitos.

[0004] O uso de rejeitos da indústria moveleira na construção de novos materiais, ou até compósitos, com interesse de explorar os componentes presentes nesse rejeito, é um exemplo de utilização que vêm mostrando apresentar resultados bastante efetivos de desenvolvimento.

[0005] Os compósitos representam uma classe de materiais onde duas ou mais substâncias combinadas passam a exibir propriedades únicas, que não

são possíveis de serem obtidas a partir de seus componentes individuais. Quando pelo menos uma das fases constituintes do compósito possui uma de suas dimensões em escala nanométrica, este passa a ser denominado nanocompósito (Mehl, 2011).

[0006] Dentre os vários componentes nanométricos de nanocompósitos, podemos destacar os Nanotubos de Carbono que são estruturas únicas com propriedades mecânicas e eletrônicas notáveis. Essas novas estruturas foram mostradas em 1991 por Iijima, alguns anos após a descoberta do fulereno (Mehl, 2011).

[0007] A diversidade das aplicações, reais ou potenciais, dos Nanotubos de carbono, bem como dos compósitos os contendo, assim como a necessidade de controlar as morfologias apropriadas para sua utilização, fazem da pesquisa nesta área do conhecimento um trabalho de característica eminentemente multidisciplinar, envolvendo fatores que definem o sucesso de suas aplicações, tal como é o caso da sua rota de produção.

[0008] Devido a esses fatos, se faz interessante o desenvolvimento de um novo processo de obtenção de nanocompósitos de poliolefinas com nanotubos de carbono provenientes da serragem da indústria moveleira.

[0009] Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

[0010] O documento de patente WO2017116607 A1, com data de publicação de 06 de Julho de 2017 descreve a técnica da mistura no estado fundido de polipropileno (PP) com nanotubos de carbono (CNT) para se obter um compósito de polipropileno de alto impacto. A finalidade da patente citada foi obter polipropileno de alto impacto com propriedades mecânicas especiais, enquanto que a presente invenção visa à obtenção de um material com propriedades magnéticas. Além disso, o nanotubo de carbono da presente invenção possui a propriedade magnética e foi obtido de uma fonte diferente e de baixo custo.

[0011] O documento de patente CN103980608 B, publicada em 08 de julho de

2015 descreve um polipropileno de baixo peso molecular, obtido por polimerização de propeno com catalisador suportado em nanopartículas como, por exemplo nanotubos de carbono, grafeno, etc, com a finalidade de obter um nanocompósito para impressão 3D. Diferentemente, na presente invenção foi utilizado polipropileno diferente, nanotubos de carbono magnéticos e provenientes de uma fonte diferente, entre outros compostos para obter nanocompósitos com propriedades magnéticas e elétricas.

[0012] O documento de patente CN103041773, com data de publicação de 17 de abril de 2013, descreve a preparação de um material composto de nanotubos de carbono magnéticos, sendo que a preparação demanda múltiplas etapas: a adição de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ a uma solução de etileno glicol; a agregação de acetato de sódio anidro; a agregação de nanotubos de carbono carboxilados, o uso do ultrassom, a agregação de hexametileno diamina ou etanodiamina, o aquecimento de até 200-300°C durante 8-24h e seguida da lavagem e secagem. Diferentemente, a presente invenção utiliza nanotubos de carbonos magnéticos obtidos através de uma fonte diferente para a obtenção de um nanocompósito com polipropileno.

[0013] Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

[0014] Sendo que a solução aqui proposta resolve o problema da falta de alternativas de uso para o rejeito da serragem da indústria moveleira a partir de um novo processo de produção de nanocompósitos de polipropileno adicionados de propriedades magnéticas e/ou elétricas que apresentam melhores propriedades de módulo de Young e de permeabilidade a gases que o polímero puro.

Sumário da Invenção

[0015] Dessa forma, a presente invenção tem por objetivo resolver os

problemas constantes no estado da técnica a partir de um novo processo de obtenção de um nanocompósito de polipropileno, nanotubos de carbono com ferro encapsulado proveniente da serragem da indústria moveleira e, opcionalmente, as lâminas de grafeno (óxido de grafite reduzido).

[0016] É um objeto da presente invenção o processo de obtenção do nanocompósito compreendo as etapas de:

- a) Preparação do nanotubo de carbono (CNT-Fe) a partir da serragem da indústria moveleira;
- b) Preparação do nanocompósito de polipropileno e nanotubos de carbono encapsulado com ferro (PP/CNT-Fe) por mistura no estado fundido; e
- c) Preparação do nanocompósito de polipropileno, nanotubos de carbono encapsulado com ferro e grafeno (PP/rGO-CNT-Fe) por mistura no estado fundido.

[0017] É um outro objeto da presente invenção o nanocompósito que compreende polipropileno, CNT-Fe e opcionalmente grafeno que pode ser obtido conforme definido pelo seu processo de produção.

[0018] É um objeto da presente invenção o uso da serragem para a produção do nanotubos de carbono encapsulado com ferro e da serragem ser proveniente do rejeito da indústria moveleira.

[0019] É um objeto da presente invenção o uso do nanocompósito, nas áreas da medicina, indústria automotiva e indústria aeroespacial.

[0020] O novo nanocompósito possui propriedades magnéticas, melhores propriedades de módulo de Young e de permeabilidade a gases que o polímero puro.

[0021] A principal vantagem deste invento é a utilização do rejeito da indústria moveleira na produção de nanotubos de carbono com ferro, mais especificamente a serragem, para obter um produto de alto valor agregado, como nanocompósitos de polipropileno. Esta nova carga, permitiu melhorar as propriedades térmicas, mecânicas e de permeabilidade ao oxigênio do polipropileno, e ainda agregar novas propriedades como a magnética,

inexistente no produto original. Mediante a mistura desta carga proveniente de rejeito com o grafeno (óxido de grafite reduzido) proveniente da grafite que é um produto de baixo custo (commodity) foi possível agregar também a propriedade elétrica ao novo material. A mistura destes produtos (polipropileno, CNT-Fe e o grafeno (óxido de grafite reduzido - rGO)) foi realizada no estado fundido que é um procedimento ecológico já que não usa solventes.

[0022] O polipropileno é um material termoplástico (que normalmente não apresenta propriedades magnéticas ou condutivas). O material da presente invenção apresenta propriedades magnéticas e/ou elétricas a temperatura ambiente. Como a carga composta por nanopartículas de nanotubos de carbono com ferro foi obtida a partir de rejeito (serragem), foi dada uma nova utilidade para este rejeito de baixo custo.

[0023] Este material desenvolvido apresenta propriedades magnéticas à temperatura ambiente, propriedades térmicas, mecânicas e de permeabilidade ao oxigênio melhoradas com respeito ao polímero original.

[0024] Quando se agrega o grafeno (óxido de grafite reduzido) junto com os nanotubos de carbono com ferro na mistura do polipropileno, se obtém um termoplástico com propriedades magnéticas e elétricas (semicondutor).

[0025] O principal diferencial deste invento se trata da utilização de nanotubos de carbono com partículas de ferro encapsuladas provenientes da pirólise da serragem sozinhos ou em conjunto com o grafeno (óxido de grafite reduzido - rGO), como cargas em poliolefinas, neste caso polipropileno, mas pode ser utilizada qualquer poliolefina (Ex. polietileno, copolímeros, etc.), para se obter um termoplástico com propriedades magnéticas e também com rGO elétricas.

[0026] Ainda, o conceito inventivo comum a todos os contextos de proteção reivindicados se refere ao processo de obtenção do nanocompósitos de polipropileno, nanotubos de carbono com ferro encapsulado provenientes da serragem da indústria moveleira e, opcionalmente, o grafeno (óxido de grafite reduzido - rGO).

[0027] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados

pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[0028] Com o intuito de melhor definir e esclarecer o conteúdo do presente pedido de patente, são apresentadas as presentes figuras:

[0029] A figura 1 mostra imagens da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de nanocompósitos: com 1% (A) e 20% (B) CNT-Fe em polipropileno.

[0030] A figura 2 mostra imagens de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) de CNT-Fe e nanocompósitos: (a) e (b) CNT-Fe (c), (d) e (e) 0,5 % CNT-Fe em polipropileno; (f), (g) e (h) 10 % CNT-Fe em polipropileno.

[0031] A figura 3 mostra: Topo: Curvas de magnetização a temperatura ambiente dos nanocompósitos de polipropileno com diferentes quantidades de CNT-Fe; a inserção exemplifica a curva de campo inteiro da amostra com (20% em peso de enchimento). As regiões de campo baixa e intermediária das amostras com enchimento de 2% em peso e 10% em peso (duas das que mostram a diferença mais significativa) são dadas nos painéis inferior esquerdo e direito, respectivamente.

[0032] Figura 4 mostra em (a) Variação no módulo de Young com o aumento da concentração de enchimento e (b) alongamento na ruptura com o aumento da concentração de enchimento.

[0033] Figura 5 mostra imagens da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de nanocompósitos: com 2,0% e 3,1% rGO/CNT-Fe em polipropileno.

[0034] Figura 6 mostra imagens de Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) de nanocompósitos: (a) e (b) 2,0% rGO/CNT-Fe (c), (d) 3,1 % rGO/CNT-Fe em polipropileno.

Descrição Detalhada da Invenção

[0035] É um objeto da presente invenção o processo de obtenção do nanocompósito compreendendo as etapas de:

- a) Preparação do nanotubo de carbono encapsulado com ferro a partir da serragem da indústria moveleira;
- b) Preparação do nanocompósito de polipropileno e nanotubos de carbono encapsulado com ferro (PP/CNT-Fe) por mistura no estado fundido; e
- c) Preparação do nanocompósito de polipropileno, nanotubos de carbono encapsulado com ferro e grafeno (PP/rGO-CNT-Fe) por mistura no estado fundido.

[0036] Em uma concretização o processo compreender na etapa a) a mistura de 10 g de serragem, 5 g de calcário , 2 g zinco e 2 g ferroceno e dispõem a mistura obtida em um reator tubular a 750°C durante 3h.

[0037] Em uma concretização o processo compreende na etapa b) a mistura de 30 g de polipropileno, a massa de CNT-Fe corresponde a 0,5 % a 20 % do peso do polipropileno e 0,005g de Irganox1010. Em seguida ocorre a mistura dos reagentes em um misturador de fusão, operando a 190°C, a uma velocidade de 110 rpm e o tempo de mistura total de 15 min.

[0038] É um outro objeto da presente invenção o nanocompósito que compreende polipropileno e nanotubos de carbono encapsulado com ferro (CNT-Fe).

[0039] É um outro objeto da presente invenção o nanocompósito que compreende até 20% em peso, preferencialmente até 0,5% em peso do nanocompósito, de nanotubos de carbono encapsulado com ferro (CNT-Fe).

[0040] Em uma concretização o nanocompósito compreende opcionalmente o grafeno.

[0041] Em uma concretização o nanocompósito compreende polipropileno, até 0,5% em peso de nanotubos de carbono encapsulado com ferro e no mínimo 2,1 % em peso de grafeno.

[0042] É um objeto da presente invenção o uso da serragem para a produção do nanotubos de carbono encapsulado com ferro e da serragem ser proveniente do rejeito da indústria moveleira.

[0043] É um objeto da presente invenção o uso do nanocompósito, na

medicina, indústrias automotiva e indústria aeroespacial.

[0044] Em uma concretização o nanocompósito é usado em dispositivos eletrônicos, células solares, sensores magnéticos, absorvedores de micro-ondas.

[0045] A presente invenção revela nanocompósitos de [CNT-Fe] com polipropileno e, num segundo processo, combiná-los também com oxido de grafite reduzido para poder agregar a propriedade elétrica.

[0046] Os nanotubos com ferro encapsulado da presente invenção são obtidos a partir da mistura da serragem (rejeito da indústria moveleira), calcário, zinco e ferroceno. Isto faz com que o tamanho dos nanotubos seja diferente e também o custo de fabricação diminui pelo fato da matéria prima neste último caso provir de rejeitos.

[0047] No atual trabalho foi usado um polipropileno comercial e misturado com a nanocarga pelo método de mistura no fundido. Neste método se processa simplesmente o polímero e não se trabalha com a polimerização. O fabricante do nanocompósito muda completamente, pois no caso da polimerização teria que ser as grandes empresas fabricantes do polímero, e no segundo caso, as empresas que processam o polímero podem adicionar o valor agregado simplesmente misturando com uma carga para formar um nanocompósito.

Exemplos - Concretizações

[0048] Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

Exemplo I – Processo de produção dos nanocompósitos de PP/CNT-Fe e PP/CNT-Fe/rGO

[0049] Os nanotubos de carbono (CNT) foram sintetizados a partir de matéria orgânica, mais especialmente, a partir da queima controlada de resíduos da indústria madeireira na presença de substâncias fixadoras. Os nanotubos de

carbono obtidos, apresentaram nanopartículas de ferro encapsuladas nos mesmos.

Etapa a) Preparação do nanotubo de carbono encapsulado com ferro a partir da serragem da indústria moveleira

[0050] Os nanotubos de carbono foram sintetizados usando a serragem da indústria moveleira, zinco (Zn) como agente redutor e ferroceno ($\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$) (2 g) como catalisador e fonte de ferro.

[0051] A mistura de serragem (10 g), calcário (5 g), zinco (2 g) e ferroceno (2 g) é colocada na base de um reator tubular de aço inox de 0,4 m de comprimento e 0,09 m de diâmetro com dois pratos perfurados, um na parte inferior e o outro na parte superior do tubo. Na parte superior do reator é colocado hidróxido de potássio que ajuda a evitar a emissão de CO_2 e CO , retornando estes gases ao reator na forma de carbonato de potássio. Esta mistura é aquecida a 750°C durante 3h. Os nanotubos de carbono crescem e ocupam a parte inferior do reator onde o catalisador se encontra.

b) Preparação do nanocompósito de polipropileno e nanotubos de carbono encapsulado com ferro (PP/CNT-Fe) por mistura no estado fundido; e

[0052] Para a preparação de compósitos, utilizou-se um misturador de fusão, Brabender Plasti-Corder (Duisburg, Alemanha), operando a 190°C e a uma velocidade de 110 rpm. Foram utilizadas 30 g de polipropileno de alto peso molecular isotático comercial (iPP), uma quantidade de CNT-Fe variável entre 0,5 % e 20 % do peso do iPP, ou seja entre 0,15 até 6 g de CNT- Fe uma pequena quantidade (~0,005g) de Irganox1010 como antioxidante; a quantidade total utilizada foi de aproximadamente 30 g. O tempo de mistura total foi de aproximadamente 15 min.

Resultados das análises das propriedades magnéticas, permeabilidade do oxigênio, estabilidade térmica e propriedades mecânicas do PP/ CNT-Fe.

[0053] CNT-Fe foram bem dispersos na matriz de polipropileno, tal como evidenciado por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (Figura 1) e de microscopia eletrônica de transmissão (MET) (Figura 2).

[0054] A natureza diamagnética da matriz de polipropileno (PP) foi transformada em ferromagnética com a presença de nanopartículas magnéticas (Fe), mesmo para uma concentração muito baixa de carga de 0,5% em peso de CNT-Fe como pode ser visto nas curvas de magnetização a temperatura ambiente que mostram uma marcada histerese (Figura 3).

[0055] As propriedades térmicas mostraram uma melhora na estabilidade térmica do PP já que a matriz polimérica alterou as suas propriedades. Houve um aumento na sua temperatura de fusão em 2 °C e de cristalização em 8° C e a temperatura máxima de degradação aumentou em 11 °C.

[0056] As propriedades mecânicas também melhoraram. Foi observado um aumento no módulo de Young de até 25% usando 10% em peso de CNT-Fe e um aumento de 33% usando 20% em peso. Porém, com o aumento da concentração de CNT-Fe, diminui o alongamento ~ 29% com 10% em peso de CNT-Fe para ~ 42% com 20% em peso de CNT-Fe (Figura 4).

[0057] Os resultados também mostraram que, com a adição da carga, a permeabilidade do oxigênio diminui gradualmente até 50% com ~3,0% em peso de adição de CNT-Fe em comparação com PP puro.

c) Preparação do nanocompósito de polipropileno, nanotubos de carbono encapsulado com ferro e grafeno (PP/rGO-CNT-Fe) por mistura no estado fundido

[0058] Em um segundo trabalho foram preparados novos nanocompósitos de polipropileno (PP) usando uma carga composta de lâmina de grafeno (óxido de grafite reduzido - rGO) e nanotubos de carbono com ferro encapsulado (CNT-Fe) provenientes da serragem.

[0059] Os nanocompósitos usando uma carga composta de óxido de grafite reduzido (rGO) também foram obtidos por mistura de fusão. Foram obtidos

nanocompósitos PP/rGO-CNT-Fe com cargas de 2,0 a 3,1% em peso. A carga é composta de uma quantidade constante de CNT-Fe (1% em peso) e quantidades variáveis de rGO (1,0; 1,6 e 2,1 % em peso).

Resultados das análises de propriedades térmicas, elétricas e magnéticas, dispersão de carga, nanocompósitos PP/rGO-CNT-Fe

[0060] As propriedades térmicas, estudadas por calorimetria diferencial de varredura (DSC) e análise termo-gravimétrica (TGA), mostraram um aumento da estabilidade térmica com o aumento da quantidade de carga (Tabela 1).

Tabela 1: Propriedades térmicas dos nanocompósitos PP/rGO-CNT-Fe.

<i>Amostras</i>	<i>Carga^a(%)</i>	<i>T_c(^oC)</i>	<i>T_m(^oC)</i>	<i>X_c(%)</i>	<i>T_{onset}(^oC)</i>	<i>T_{max}(^oC)</i>
PP	0	112	158	59	427	470
PP/GCFe ₁	2.0	122	162	60	455	475
PP/GCFe ₂	2.6	122	162	65	453	486
PP/GCFe ₃	3.1	123	162	63	458	488

^acarga = GCFe=rGO+CNT-Fe

[0061] As microscopias eletrônicas de varredura (SEM) (Figura 5) e de transmissão (TEM) (Figura 6) mostraram que a carga está dispersa homogeneamente na matriz e também foi detectado que os nanotubos com (CNT-Fe) se encontram de forma isolada entre as nano lâminas de grafeno do rGO.

[0062] As propriedades elétricas foram estudadas pelo método de duas pontas o que mostrou que os nanocompósitos têm propriedades de semicondutores com condutividades de $2,3 \times 10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$ com carga de 3,1 em peso. As propriedades magnéticas foram obtidas utilizando um magnetômetro de amostra vibrante, que mostrou valores elevados coercividade de 150 Oe.

[0063] Para a propriedade magnética a concentração ótima é a mínima possível de CNT-Fe ou seja 0,5 % pois não é necessário mais para obter as propriedades magnéticas mencionadas, já para obter a propriedade elétrica é necessário mínimo 2,1% de rGO e considerando a propriedade de permeabilidade a gases, esta também seria a concentração ideal.

Usos e aplicações

[0064] Este material tem potencial para ser usado em uma variedade de aplicações.

[0065] Este novo material, que mantém todas as excelentes propriedades do polipropileno e adiciona a característica magnética, tem o potencial de ser utilizado numa variedade de aplicações onde poderia ser necessário um material magnético flexível com boa processabilidade.

[0066] Com a presença do grafeno se acrescenta a propriedade elétrica e pode ser utilizada onde seja necessário um material magnético e elétrico flexível com boa processabilidade.

[0067] Estes materiais multifuncionais podem ter aplicações como sensores na medicina, podem ser utilizados em dispositivos eletrônicos, células solares, sensores magnéticos, absorvedores de micro-ondas e por sua resistência e leveza podem ser interessantes para as indústrias automotiva e aeroespacial.

[0068] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidas no escopo das reivindicações anexas.

Reivindicações

1. Processo de obtenção de nanocompósito, **caracterizado** por compreender as etapas de:
 - a) Preparação do nanotubos de carbono encapsulado com ferro a partir da serragem;
 - b) Preparação do nanocompósito de polipropileno e nanotubos de carbono encapsulado com ferro por mistura no estado fundido; e
 - c) Preparação do nanocompósito de polipropileno, nanotubos de carbono encapsulado com ferro e grafeno por mistura no estado fundido.
2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender na etapa a) a mistura de 10 g de serragem, 5 g de calcário, 2 g zinco e 2 g ferroceno.
3. Processo **caracterizado** por dispor a mistura obtida de acordo com a reivindicação 2 em um reator tubular a 750°C durante 3h.
4. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela etapa b) compreender o método da mistura no estado fundido de 30 g de polipropileno, a massa de nanotubos de carbono encapsulado com ferro corresponde a 0,5 % a 20 % do peso do polipropileno e 0,005g de Irganox1010.
5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** por compreender a mistura no estado fundido, em um misturador de fusão, operando a 190°C, a uma velocidade de 110 rpm e o tempo de mistura total de 15 min.
6. Nanocompósito obtido pelo processo conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5 **caracterizado** por compreender o polipropileno e nanotubos de carbono encapsulado com ferro.
7. Nanocompósito obtido pelo processo de acordo com a reivindicação 6 **caracterizado** por compreender até 20% em peso, preferencialmente até 0,5% em peso do nanocompósito, de nanotubos de carbono encapsulado com ferro.
8. Nanocompósito, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** por compreender grafeno.

9. Nanocompósito, de acordo com a reivindicação 7 a 8, **caracterizado** por compreender polipropileno, até 0,5% em peso de nanotubos de carbono encapsulado com ferro e no mínimo 2,1 % em peso de grafeno.
10. Nanocompósito, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** por compreender no mínimo 1% em peso de grafeno.
11. Uso da serragem, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado** pela serragem da etapa a) ser para a produção do nanotubos de carbono encapsulado com ferro e ser proveniente do rejeito da indústria moveleira.
12. Uso do nanocompósito, conforme definido nas reivindicações 6 a 10, **caracterizado** por ser para a medicina, indústrias automotiva e indústria aeroespacial.
13. Uso do nanocompósito, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** por ser para dispositivos eletrônicos, células solares, sensores magnéticos, absorvedores de micro-ondas.

FIGURAS

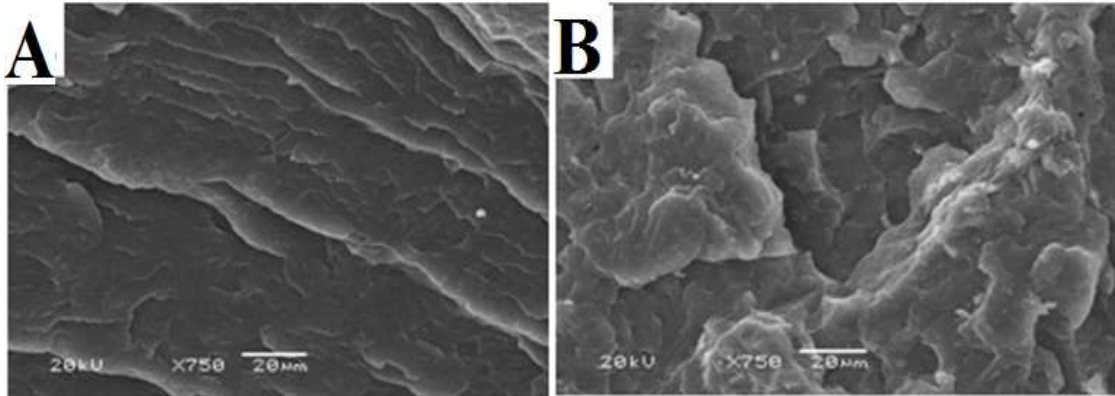


Figura 1

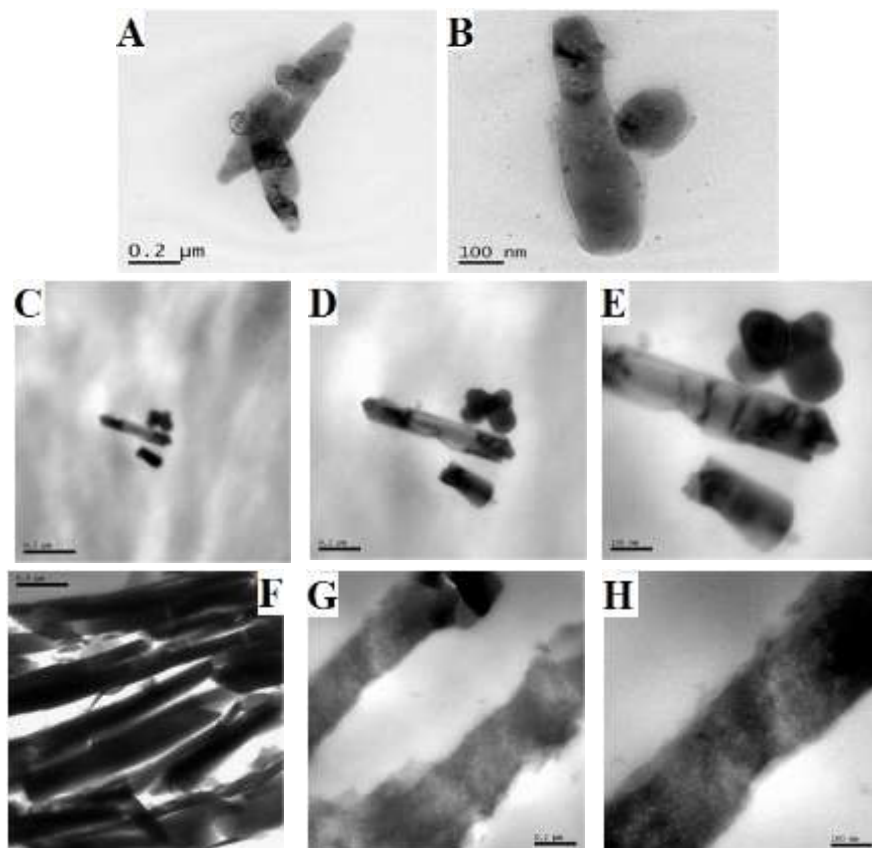


Figura 2

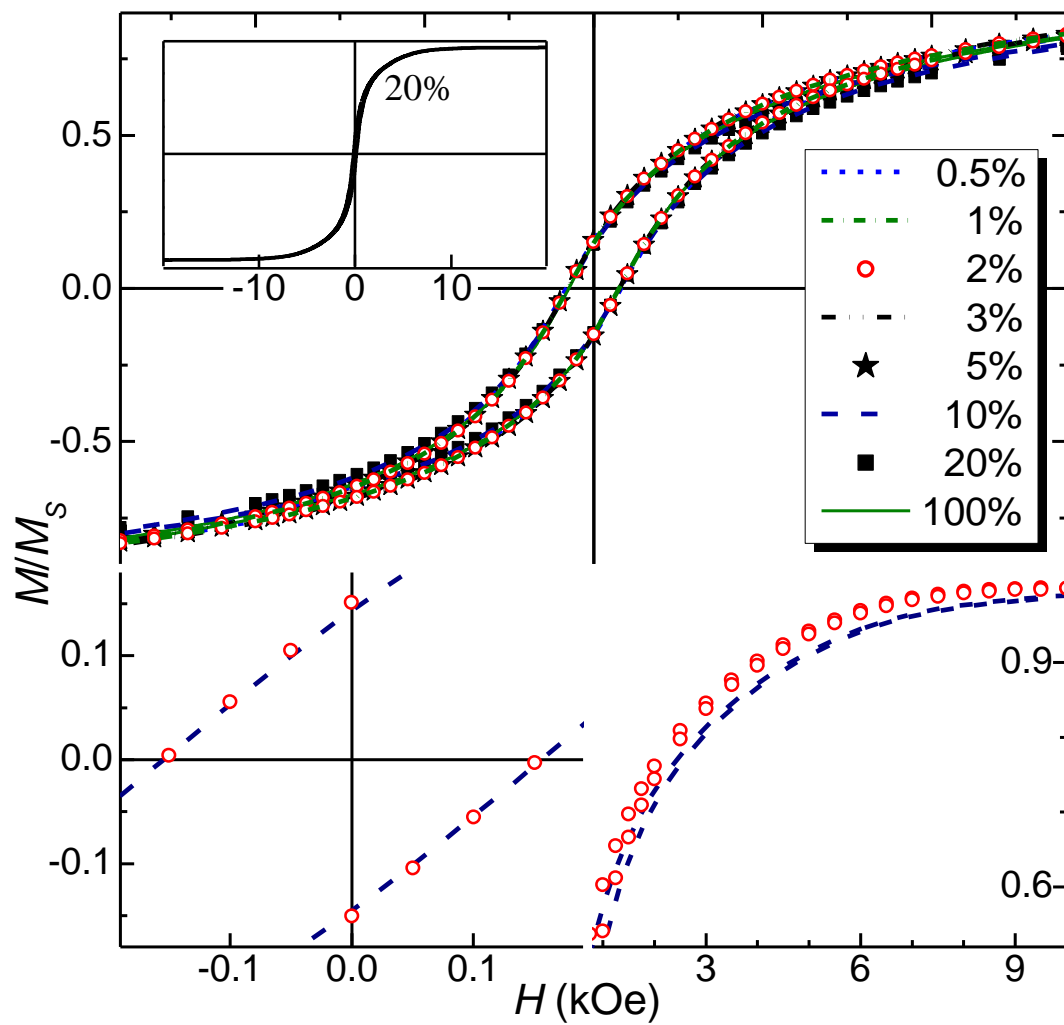


Figura 3

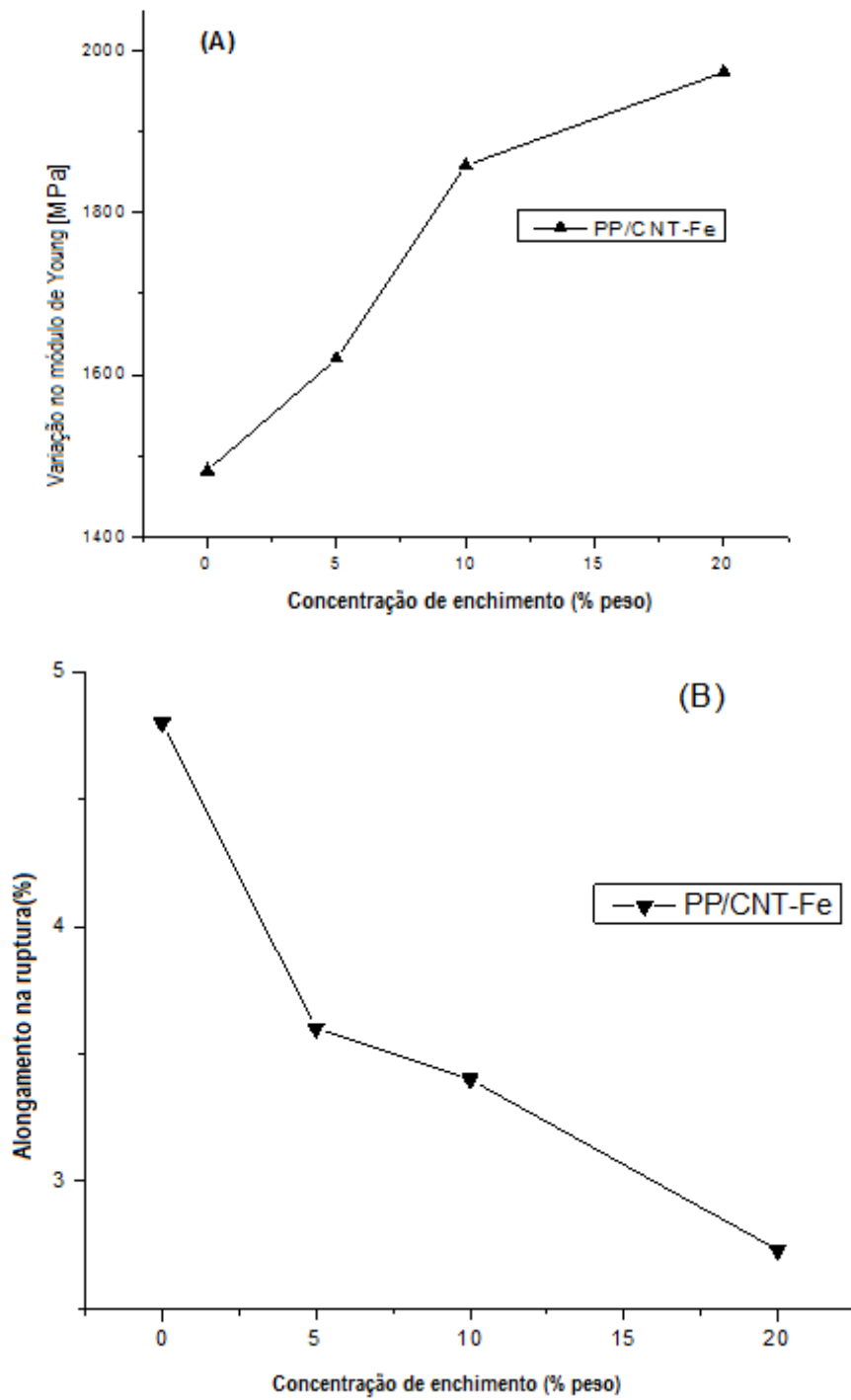


Figura 4

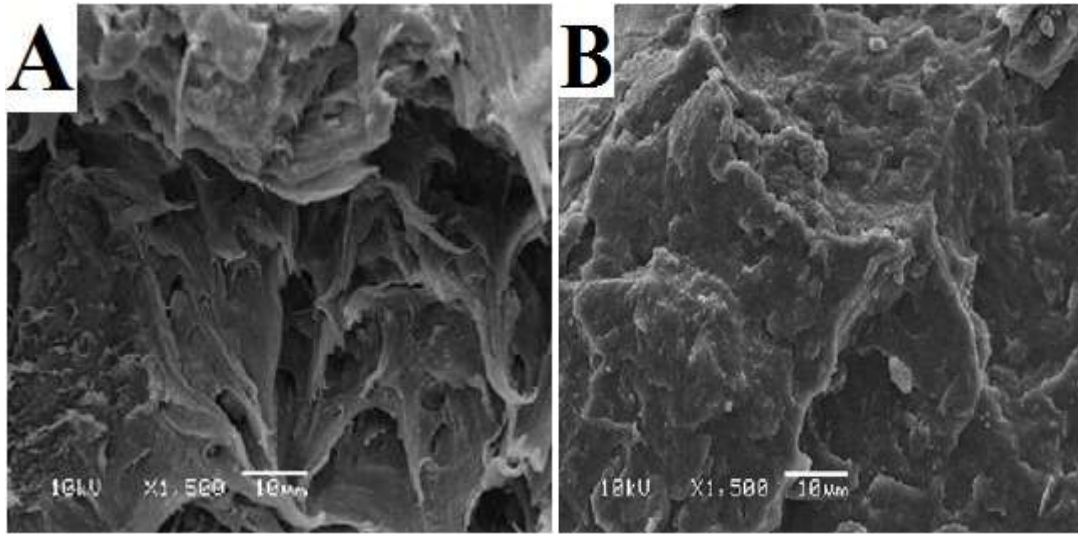


Figura 5

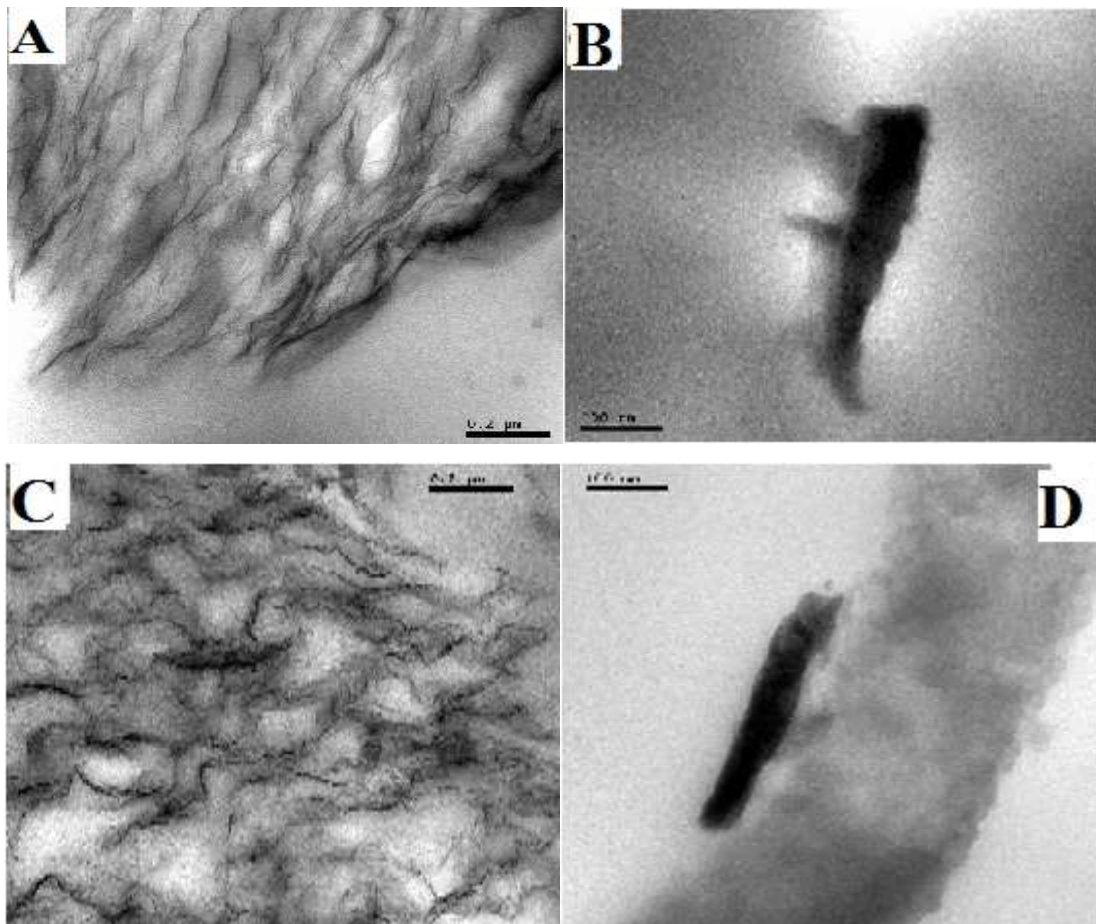


Figura 6

Resumo**PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCOMPÓSITO, O NANOCOMPÓSITO E O
USO DO MESMO**

A presente invenção descreve nanocompósitos de poliolefinas com lâmina de grafeno (óxido de grafite reduzido - rGO) e nanotubos de carbono magnéticos provenientes da serragem. Especificamente, a presente invenção compreende propriedades magnéticas a temperatura ambiente, propriedades térmicas, mecânicas e de permeabilidade ao oxigênio melhoradas com respeito ao polímero original. A presente invenção se situa nos campos da Ciência dos Materiais e Engenharia de Materiais.