



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

(21) BR 102019018546-5 A2



(22) Data do Depósito: 06/09/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 16/03/2021

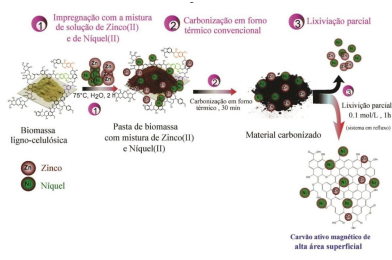
(54) **Título:** CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO E USOS DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO

(51) **Int. Cl.:** B01J 27/20.

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

(72) **Inventor(es):** ÉDER CLÁUDIO LIMA; CIBELE SANT`ANNA UMPIERRES; PASCAL SILAS THUE; SILVIO LUIS PEREIRA DIAS; DIANA RAMOS LIMA.

(57) **Resumo:** CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO E USOS DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO. A presente invenção descreve a preparação de um novo material adsorvente, carvão ativado constituído de propriedades magnéticas e alta área superficial. Esse material foi produzido por um processo de carbonização de biomassa vegetal lignocelulósica em forno térmico tubular convencional. A produção desse material foi realizada utilizando apenas três materiais: biomassa lignocelulósica (caroço de tucumã), cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II). A presente invenção descreve também o processo de produção do material adsorvente carvão ativado com alta área superficial e alta magnetização e o seu uso para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos. A presente invenção se situa no campo da Ciência de Materiais, Química Ambiental e Tratamento de Águas.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO E USOS DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção descreve a preparação de um novo material adsorvente carvão ativado constituído de propriedades magnéticas e alta área superficial. A presente invenção também descreve o processo de produção do material adsorvente carvão ativado com alta área superficial e alta magnetização e o seu uso para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos. A presente invenção se situa no campo da Ciência de Materiais, Química Ambiental e Tratamento de Águas.

Antecedentes da Invenção

[0002] Tradicionalmente, carvões ativados oriundos de biomassa lignocelulósica são preparados por métodos físicos e/ou químicos utilizando forno térmico convencional ou por processo de pirólise por micro-ondas. No primeiro método, a pirólise é realizada em altas temperaturas que muitas vezes ultrapassam os 1000°C.

[0003] A técnica de pirólise em altas temperaturas em forno térmico convencional possibilita a obtenção de carvão ativado em grande quantidade com um alto valor agregado, mas que por outro lado, gera um alto custo para a sua produção. Além disso, o aumento crescente dos custos de diferentes processos de tratamento de águas e/ou gases que utilizam carvões ativados associados às dificuldades operacionais de recuperação e a reutilização desses materiais em grande escala tem estimulado a pesquisa por novos protocolos e métodos de preparação desses materiais com características adsorventes e magnéticas.

[0004] Por outro lado, a produção de carvão ativado em grande escala utilizando o método de irradiação micro-ondas ainda se constitui em um grande desafio.

[0005] Cabe salientar que na maioria das vezes os carvões ativados produzidos não apresentam características magnéticas. Um dos maiores desafios é produzir materiais que acumulem um elevado magnetismo em conjunto com uma alta área superficial.

[0006] Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

[0007] O documento CN101847481, intitulado “*Novel process for preparing C-Fe shell-core magnetic active carbon by utilizing waste biomasses*”, apresenta um método de preparação de carvão ativado magnético constituído de uma estrutura denominada de núcleo-camada de C-Fe oriunda de biomassa vegetal residual. De acordo com o método, o carvão ativado magnético após ser submetido às seguintes etapas: aquecimento, carbonização, ativação e magnetismo. A principal inovação segundo os inventores está na seleção do agente de ativação apropriado contendo compostos de ferro, no sistema de aquecimento e carbonização apropriados utilizando atmosfera de carbonização controlada, os quais asseguram que o carbono ativado magnético produzido no processo está completamente revestido os compostos de ferro.

[0008] O documento WO201427953, intitulado “*MAGNETIC ACTIVATED CARBON AND METHODS FOR PREPARING AND REGENERATING SUCH MATERIALS*”, apresenta um método de produção de carvão ativado magnético que compreende as seguintes etapas: a) tratamento hidrotérmico em uma solução aquosa contendo a biomassa vegetal, pressão autogênica a uma temperatura de 180°C e 250°C, sob condições ácidas e na presença de íons ferro para obter um produto precursor; b) ativação do produto precursor misturando-se com um agente ativador em temperaturas entre 550°C e 850°C, por um período de até 9h. A invenção se refere ao uso do carvão ativado magnético para separação e armazenamento de gases e purificação de líquidos.

[0009] O documento EP3290109, intitulado “*MAGNETISED ACTIVATED CARBON AND METHOD FOR ITS PREPARATION*”, apresenta rotas para produzir carvão ativado magnetizado o qual compreende os seguintes passos:

a) utilização de carvão ativado comercial; b) preparação de nanopartículas magnéticas; c) produção de um material compósito compreendendo os componentes das etapas a) e b) que constituem o carvão ativo magnético. O método descreve o processo de magnetização do carvão ativado e seu uso na remoção de poluentes presentes em água.

[0010] O documento CN107159123, intitulado “*Preparation method of magnetic activated carbon and magnetic activated carbon prepared thereby*”, descreve um método de preparação de um carvão ativado magnético com área de superfície específica alta conforme as seguintes etapas: preparação de um sol de celulose, liofilização em vácuo, ativação pirolítica em alta temperatura, mistura ultrassônica e carregamento, carbonização hidrotérmica em baixa temperatura e magnetização. Segundo os autores, comparando com o estado da arte da técnica, o presente método utilizado apresenta como principais vantagens: o carvão ativado magnético preparado através de múltiplas técnicas apresenta maior estrutura de poros específicos superficiais do que o carvão ativado tradicional; possui um magnetismo distribuído uniformemente por todo o material; apresenta maior capacidade de adsorção de metais pesados em efluentes industriais e águas residuais domésticas do que os materiais tradicionais de carvão ativado processados em etapa única.

[0011] O documento CN107774232, intitulado “*Magnetic activated carbon mixture containing carbon spheres and preparation method of mixture*”, descreve para a preparação de um carvão ativado magnético misto contendo esferas de carbono. O método compreende as seguintes etapas: adição de resina fenólica a uma solução mista contendo FeCl_3 e FeCl_2 ; mistura da resina fenólica com a solução mista contendo FeCl_3 e FeCl_2 sob aquecimento em ambiente alcalino; resfriamento; centrifugação; lavagem e carbonização sob uma atmosfera de gás de nitrogênio de alta pureza para obter um carvão ativado magnético contendo esferas de carbono. No processo, um carvão ativado na forma de pó e um carvão ativado magnético contendo esferas de carbono foram submetidos a um pré-tratamento com solução de ácido clorídrico para obter um carvão ativado misto

pré-tratado. Em seguida, o carvão ativado misto pré-tratado foi adicionado a uma solução mista de cloreto férrico e cloreto ferroso, sob agitação uniforme e a temperatura constante, enquanto uma solução de hidróxido de sódio é adicionada gota a gota. Após a reação se completar, a temperatura foi aumentada para ser realizado um processo de envelhecimento do material, seguido de filtração, secagem e lavagem até as águas de lavagem se tornarem neutras, nova secagem e armazenamento do material carvão ativado magnético misto contendo esferas de carbono. De acordo com a presente invenção, quando os carvões ativados magnéticos mistos contendo esferas de carbono preparados pelo método são utilizados em conjunto com o método de oxidação catalítica por ozônio no tratamento de efluentes contendo fenol, os efeitos da oxidação são estáveis, a recuperação e os efeitos de regeneração são considerados bons, a taxa de remoção de fenol pode atingir 98% ou mais, e a taxa de remoção de COD pode atingir 68% ou mais.

[0012] Os documentos de patentes acima citados diferem da presente invenção fundamentalmente devido aos protocolos ou procedimentos mais laboriosos e complicados para a preparação de carvões ativados magnéticos requerendo, usualmente, materiais de partida com propriedades magnéticas, materiais poliméricos sintéticos, misturas de partida complexas utilizando três ou mais reagentes inorgânicos, condições de forte acidez, adição de NaOH ou KOH para ajuste de pH ou precipitação de espécies com propriedades magnéticas além de carvões ativados comerciais ou sintéticos preparados industrialmente. Além disso, uma desvantagem adicional agregada pelos materiais preparados por esses processos invariavelmente apresentam baixos valores de área superficial e de volume de poros nos produtos resultantes.

[0013] Em suma, constata-se diversas rotas de produção de carvões ativados magnéticos e com características adsorventes preparadas por pirólise assistida por irradiação micro-ondas utilizando apenas cloreto de níquel (II), porém nenhum faz menção ao produto, processo e uso aqui pleiteado.

[0014] 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 arte do processo de preparação de carvão ativado magnético.

Sumário da Invenção

[0015] A presente invenção descreve a preparação de um novo material adsorvente, um carvão ativado com alta magnetização e alta área superficial. O material foi produzido por um processo de carbonização em forno térmico tubular convencional a partir de biomassa vegetal lignocelulósica. A produção desse material foi realizada utilizando apenas três materiais: biomassa vegetal lignocelulósica (caroço de tucumã), cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II). A presente invenção descreve também o processo de produção do material adsorvente carvão ativado com alta área superficial e alta magnetização e o seu uso para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos.

[0016] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta o processo de obtenção de um carvão ativado magnético com alta área superficial compreendendo três subetapas:

(i) formação de uma pasta constituída de biomassa vegetal lignocelulósica (caroço de tucumã) misturada em proporções definidas com cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II);

(ii) processo de carbonização em forno térmico tubular convencional da pasta preparada; e

(iii) lixiviação parcial dos compostos de zinco e níquel com solução diluída de HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹.

[0017] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um carvão ativado magnético obtido pelo processo compreendendo:

- biomassa vegetal lignocelulósica; e,
- sais inorgânicos metálicos solúveis selecionados do grupo consistindo

de: cloreto de zinco(II) e cloreto de níquel(II).

[0018] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos.

[0019] Em um quarto objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético para a descoloração de águas.

[0020] Em um quinto objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético em processos de purificação e separação de gases oriundos de plantas industriais.

[0021] Em um sexto objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético em processos catalíticos.

[0022] Esta invenção tem por objetivo agregar valor a um resíduo vegetal lignocelulósico, o qual deverá atrair interesses por empresas com interesses no segmento.

Breve Descrição das Figuras

[0023] A Figura 1 mostra um resumo gráfico do método de preparação da presente invenção para a obtenção do carvão ativado magnético com alta área superficial a partir do caroço de tucumã.

[0024] A Figura 2 mostra curvas de saturação magnética dos carvões ativados magnéticos preparados para CMT-0, CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5. Curvas de Magnetização para CMT-0, CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5. Curvas de Magnetização para CMT-0, CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5.

[0025] A Figura 3 mostra A) Isotermas de adsorção e dessorção de N₂. B) Distribuição do tamanho de poros pelo método DFT.

[0026] A Figura 4 mostra curvas termogravimétricas (TG) e derivada da perda de massa em função da temperatura. A)CMT-1,5; B)CMT-2,0; C)CMT-2,5

[0027] A Figura 5 mostra difratogramas de raios X para as amostras de CMT-1,5, CMT-2,0 e CMT-2,5.

[0028] A Figura 6 mostra imagens de microscopia eletrônica de varredura

(SEM). A) CMT-1,5; B) CMT-2,0; C) CMT-2,5.

[0029] A Figura 7 mostra imagens de microscopia eletrônica de varredura com EDS (SEM-EDS). A) CMT-1,5; B) CMT-2,0; C) CMT-2,5.

Descrição Detalhada da Invenção

[0030] Novos carvões ativados magnéticos com alta área superficial foram preparados a partir de biomassa lignocelulósica caroço de tucumã impregnada com mistura de solução mista contendo cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II), aqui denominados de CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5, foram desenvolvidos e caracterizados para serem utilizados como materiais adsorventes na remoção de contaminantes emergentes (fármacos, hormônios, pesticidas) corantes, fenóis, cátions metálicos, gases, etc, em estações de tratamento de efluentes aquosos e/ou gasosos.

[0031] Uma das principais propriedades do carvão ativado é a sua alta área superficial que possibilita um extenso número de aplicações. Não obstante, é possível encontrar na literatura carvões ativados com altas áreas superficiais, sem, no entanto, apresentarem propriedades magnéticas o que limita a aplicação desses materiais. Na presente invenção, foi desenvolvido um processo simples de produção de carvões ativados que não apenas apresentam altas área superficiais bem como apresentam propriedades com características de alta magnetização, facilitando o uso mais abrangente. Além disso, muitos autores utilizam processos bem mais complexos, geralmente em várias etapas para a produção do carvão ativado. Uma das tecnologias mais encontradas na literatura é a precipitação com hidróxido de sódio ou bases fortes. Nesse processo, o material vegetal é carbonizado, depois ativado e por fim magnetizado por processo de precipitação. Nesses processos, se necessita de mais reagentes e de um tempo maior para a produção desses materiais.

[0032] Não existe uma classificação definida pela IUPAC para um material classificado como tendo alta área superficial. Usualmente, considera-se um material com grande porosidade, aquele que possui uma área superficial na faixa

de 500 á 1500 m²/g como alto. Cabe salientar que valores próximos de 400 m²/g também são considerados materiais com boa porosidade. O tamanho de partículas do carvão ativado é muito importante, pois os carvões ativados com partículas maiores tendem apresentar valores de área superficial e volume de poros mais baixos e menores.

[0033] A presente invenção utiliza cloreto de zinco (II) misturado ao cloreto de níquel (II) na etapa do preparo da pasta com a biomassa vegetal, apresentando área superficial muito superior aos produtos relatados no estado da técnica. Assim, a presente invenção inova no desenvolvimento de um material que possui ao mesmo tempo alta área superficial devido a presença de ZnCl₂ e características de alta magnetização devido a presença de NiCl₂. As duas propriedades agregam ao material resultante uma grande capacidade de remoção de contaminantes orgânicos de efluentes aquosos.

[0034] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta o processo de obtenção de um carvão ativado magnético com alta área superficial compreendendo três subetapas:

(i) formação de uma pasta constituída de biomassa vegetal lignocelulósica (caroço de tucumã) misturada em proporções definidas com cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II);

(ii) processo de carbonização em forno térmico tubular convencional da pasta preparada; e

(iii) lixiviação parcial dos compostos de zinco e níquel com solução diluída de HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹.

[0035] Em uma concretização do processo, ele compreende as etapas de:

a) trituração, moagem e peneiração de biomassa vegetal lignocelulósica (caroço de tucumã) em peneira de 250 µm para a obtenção de um pó;

b) preparação de 100 mL solução aquosa mista contendo sais cloretos de zinco (II) e níquel (II) de concentração conhecida;

c) adição de 100,0 gramas de caroço de tucumã na forma de pó à solução formada na etapa anterior (b) e mistura do sistema reacional continuamente sob

agitação mecânica para a obtenção de uma pasta entre 70 e 90°C por um tempo de 100 a 150 minutos;

d) secagem da pasta em estufa entre 80 e 110°C por um tempo de 480 a 1440 minutos;

e) colocação da pasta em um reator de quartzo, o qual é inserido no interior de um forno térmico tubular convencional para a realização do processo de pirólise (carbonização);

f) em uma realização preferencial, a carbonização da pasta ocorreu a uma temperatura na faixa de 550 a 800°C, por um tempo de 30 a 60 minutos, sob atmosfera inerte de gás nitrogênio com vazão de 100 a 250 mL min⁻¹;

g) em uma realização preferencial, o sistema reacional foi resfriado depois da carbonização por 30 a 50 minutos sob atmosfera inerte de gás nitrogênio com a vazão de 100 a 250 mL min⁻¹ até chegar a uma temperatura menor ou igual a 200°C. Após resfriamento até essa temperatura a vazão do gás inerte foi interrompida;

h) lixiviação parcial do material carbonizado com solução de HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹ sob refluxo por um tempo de 30 a 70 minutos para completar o processo de ativação química;

i) filtração e lavagem com água destilada em abundância até o valor de pH das águas de lavagem atingirem o valor entre 6 a 7.

j) secagem do material a uma temperatura de 90 a 110°C por um tempo de 12 a 24 horas e peneiração em peneira de 53 a 83 µm para obter um produto final com diâmetro de partícula na faixa de 53 a 83 µm.

[0036] Em uma concretização do processo, a agitação mecânica da etapa c) ocorre à 75°C por 120 minutos.

[0037] Em uma concretização do processo, a secagem da etapa d) ocorre à 90°C por 720 minutos.

[0038] Em uma concretização do processo, a carbonização da etapa f) ocorre a uma temperatura de 600°C por 30 minutos.

[0039] Em uma concretização do processo, a carbonização da etapa f) ocorre

sob atmosfera inerte de gás nitrogênio com vazão de 200 mL min⁻¹.

[0040] Em uma concretização do processo, o resfriamento depois da carbonização da etapa g) ocorre sob atmosfera inerte de gás nitrogênio com a vazão de 200 mL min⁻¹ até chegar a uma temperatura de 200°C.

[0041] Em uma concretização do processo, a lixiviação parcial do material carbonizado da etapa h) ocorre com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ sob refluxo por um tempo de 60 minutos.

[0042] Em uma concretização do processo, a secagem do material na etapa j) ocorre à 105°C por 24 horas.

[0043] Em uma concretização do processo, a peneiração do material na etapa j) ocorre em peneira de 53 µm para obter um produto final com diâmetro de partícula inferior a 53 µm.

[0044] Em uma concretização da subetapa (i), a obtenção de uma pasta é realizada a partir da mistura da biomassa lignocelulósica caroço de tucumã com uma solução aquosa mista contendo os sais cloretos de zinco (II) e níquel (II) à temperatura entre 70 e 90°C, com agitação mecânica, por um tempo de 100 a 150 minutos, e com posterior secagem da pasta formada em uma estufa com ventilação forçada.

[0045] Em uma concretização da subetapa (i), a proporção em massa de sais dos ZnCl₂:NiCl₂:biomassa lignocelulósica é de 1,0:1,5:1,0; 1,0:2,0:1,0 e 1,0:2,5:1,0 (m/m/m).

[0046] Em uma concretização da subetapa (i), a proporção em massa de sais dos ZnCl₂:NiCl₂:biomassa lignocelulósica é de 1,0:1,5:1,0 (m/m/m).

[0047] Em uma concretização da subetapa (i), a proporção em massa de sais dos ZnCl₂:NiCl₂:biomassa lignocelulósica pode variar dependendo da aplicação.

[0048] Em uma concretização da subetapa (i), a biomassa lignocelulósica tem, dimensões menor ou igual 250 µm.

[0049] Em uma concretização da subetapa (ii), a pasta foi inserida em um reator de quartzo que foi colocado no interior de um forno térmico tubular convencional para carbonização da pasta na faixa de 550 a 800°C, por um tempo de 30 a 60

minutos sob atmosfera inerte de gás nitrogênio. Nessa etapa de pirólise, a biomassa vegetal foi carbonizada e compostos inorgânicos foram produzidos e retidos nos poros do carvão ativado.

[0050] Em uma concretização da subetapa (ii), a pasta foi inserida em um reator de quartzo que foi colocado no interior de um forno térmico tubular convencional para carbonização da pasta a 600°C por 30 minutos sob atmosfera inerte de gás nitrogênio. Nessa etapa de pirólise, a biomassa vegetal foi carbonizada e compostos inorgânicos foram produzidos e retidos nos poros do carvão ativado.

[0051] Em uma concretização da etapa (iii), após o processo de pirólise, o material carbonizado foi parcialmente lixiviado com HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹ em refluxo (70°C-80°C) por 1h para completar o processo de ativação química.

[0052] O processo de lixiviação é uma etapa muito importante para manter as propriedades magnéticas do carvão ativado produzido e ao mesmo tempo desenvolver os poros no adsorvente, pois possibilita a liberação dos poros do material ocupados pelos compostos inorgânicos resultando em um grande aumento da área superficial do produto final.

[0053] Os carvões ativados magnéticos podem ser empregados com alto desempenho em escala industrial e em processos de tratamento de efluentes pluviais e industriais para a remoção de contaminantes tóxicos e/ou descoloração de águas.

[0054] As propriedades magnéticas do carvão ativado bem como o desenvolvimento da alta área superficial no material resultante aparecem durante o ciclo de carbonização no forno térmico tubular convencional. Inicialmente, são adicionadas quantidades fixas de biomassa lignocelulósica com dimensões na faixa de 200 a 400 µm (micrometros) em uma solução constituída pela mistura de quantidades conhecidas dos sais inorgânicos de cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II), nas seguintes proporções em massa de sais dos ZnCl₂:NiCl₂:biomassa lignocelulósica: 1,0:1,5:1,0; 1,0:2,0:1,0 e 1,0:2,5:1,0 (m/m/m).

[0055] A mistura do sistema reacional sob agitação mecânica entre 70 e 80°C

por um tempo de 100 a 150 minutos é realizada para a obtenção de uma pasta com impregnação completa do cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II) com a biomassa lignocelulósica.

[0056] Numa etapa posterior, o material pirolisado é refluxado com solução de HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹ por um tempo de 30 a 70 minutos, com o intuito de remover parte dos sais de inorgânicos de zinco e de níquel. Depois o material é filtrado e lavado com água destilada em abundância até o valor de pH das águas de lavagem atingirem o valor de 6-7.

[0057] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um carvão ativado magnético obtido pelo processo compreendendo:

- biomassa vegetal lignocelulósica; e,
- sais inorgânicos metálicos solúveis selecionados do grupo consistindo de: cloreto de zinco(II) e cloreto de níquel(II).

[0058] Em uma concretização objeto, o carvão ativado magnético com área superficial maior que 700 m²/g.

[0059] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos.

[0060] Em uma concretização, os contaminantes orgânicos são fármacos, fenóis, corantes, hormônios, pesticidas e espécies inorgânicas como cátions metálicos.

[0061] Em um quarto objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético para a descoloração de águas.

[0062] Em um quinto objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético em processos de purificação e separação de gases oriundos de plantas industriais.

[0063] Em um sexto objeto, a presente invenção apresenta o uso do carvão ativado magnético em diversos processos catalíticos.

[0064] Em uma concretização do uso, os processos catalíticos nos quais esse material pode ser utilizado são selecionados entre: processos de craqueamento

catalítico de petróleo, na conversão de gases durante o processo de gaseificação, na síntese de nanocompósitos multifuncionais de polietileno com propriedades magnéticas.

[0065] Em uma concretização, o carvão é utilizado como semicondutor ou catalisador nos processos catalíticos.

[0066] Os materiais desenvolvidos nessa invenção apresentam importantes propriedades as quais podemos destacar: alta área superficial específica e alto volume de poros, excelentes propriedades magnéticas, excelentes propriedades adsorventes, homogeneidade dimensional das partículas de carvão ativado magnético, alta resistência mecânica e química, regeneração e facilidade de preparação.

[0067] A presente invenção apresenta como vantagem a possibilidade de aplicação do protocolo ou metodologia desenvolvida a qualquer resíduo de origem vegetal abundante e disponível na natureza cuja fonte é renovável, de baixo custo, amigável ambientalmente sem que ocorra danos ao seu local de origem ou de onde foi coletada. Em segundo lugar, a presente invenção possibilita a obtenção de materiais altamente porosos e com propriedades magnéticas.

[0068] Além disso, a presente invenção é vantajosa, pois o carvão ativado de alta área superficial e magnético é obtido a partir de apenas três materiais de partida: biomassa lignocelulósica (caroço de tucumã), solução aquosa de cloreto de zinco (II) e de cloreto de níquel (II) misturados por agitação mecânica em proporções definidas para a formação de uma pasta; facilidade de preparação da pasta; rapidez de produção em qualquer quantidade bem como obtenção do carvão ativado de alta área superficial e magnético durante o processo de carbonização em forno térmico convencional em um processo simples.

[0069] Sais inorgânicos de cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II) são considerados reagentes de baixo custo e altamente solúveis em água, o que diminui bastante os custos de suas utilizações e aplicações.

[0070] Por fim, os carvões ativados magnéticos e com alta área superficial

preparados apresentam vantagens adicionais tais como volume de poros e excelentes propriedades de adsorção, tornando-os materiais adequados para serem preparados em escala industrial e serem utilizados em processos de tratamento de efluentes industriais para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes, como materiais semicondutores e como catalisadores.

[0071] Na presente invenção, entende-se por:

[0072] Biomassa lignocelulósica: como aqui utilizado, o termo “biomassa lignocelulósica” compreende os resíduos agroindustriais e a matéria orgânica provenientes diretamente de fontes vegetais ou resultantes de seu processamento. Ela se refere a uma biomassa obtida a partir da lignina, polímero orgânico complexo que une as fibras celulósicas e hemicelulósicas, aumentando a rigidez da parede celular vegetal, constituindo, juntamente com a celulose, a maior parte da madeira das árvores e arbustos; lenhina, lenhose.

Exemplos

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 1. Realização Preferencial

[0073] Uma quantidade fixa da biomassa lignocelulósica caroço de tucumã moído de 100,0 gramas com dimensões menores que 250 μm (micrometros) foi adicionada em uma solução aquosa mista contendo sais cloretos dos cátions metálicos zinco (II) e níquel (II) de concentração conhecida, nas seguintes proporções em massa de ZnCl_2 : NiCl_2 : biomassa lignocelulósica: 1,0:1,5:1,0; 1,0:2,0:1,0 e 1,0:2,5:1,0 (m/m/m);

- mistura do sistema reacional sob agitação mecânica à 75°C por 120 minutos para a obtenção de uma pasta com impregnação completa do cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II) com a biomassa lignocelulósica;

- secagem da pasta em estufa à 90°C por 720 minutos;

- colocação da pasta em reator de quartzo e sua posterior inserção no

interior de um forno térmico tubular convencional para carbonização do material;

- carbonização do material em forno térmico a 600°C por 30 minutos, sob atmosfera de gás N₂ com vazão de 200 mL min⁻¹;

- lixiviação parcial do material pirolisado com HCl 0,1 mol L⁻¹ em refluxo por 1h para remover quase na sua totalmente os compostos de zinco e deixar remanescente no carvão os compostos de níquel que são responsáveis pela magnetização;

- filtração e lavagem do material preparado com água desmineralizada em abundância até que os líquidos de lavagem apresentem valor de pH entre 6 a 7; e

- secagem do material à 100°C por 24 horas e peneiração em peneira de 53 µm.

[0074] Também foi realizada a preparação de um carvão ativado magnético a partir da mistura da biomassa vegetal lignocelulósica (caroço de Tucumã) com solução de cloreto de níquel (II) na proporção de 1:1 (m/m) com o objetivo de comparar as propriedades desse material com os carvões ativados magnéticos preparados na presença dos sais inorgânicos contidos em uma solução mista de cloretos de zinco (II) e níquel (II).

Exemplo 2. Propriedades físico-químicas do material

[0075] Para verificar o efeito do ZnCl₂ nas propriedades físico-químicas do material foi preparado um carvão sem a adição de cloreto de zinco (II) mas com a presença de cloreto de níquel (II), sendo denominado de CMT-0. As curvas de magnetização foram obtidas à temperatura ambiente.

[0076] Os resultados das curvas de magnetização indicaram que os carvões ativados CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5 apresentaram índices de coercitividade baixa ($H_c = 34,82; 24,40$ e $19,22$ Oe) e de remanescência ($M_r = 0,020, 0,016$ e $0,020$ emu g⁻¹), sugerindo que os carvões ativados são materiais paramagnéticos.

[0077] Além disso, pode ser observado na mesma Figura 2, altos valores de magnetização para todos os carvões ativados magnéticos preparados. A

saturação de magnetização alcançou valores $M_s = 7,14, 8,29, 13,29$ emu g^{-1} para CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5 respectivamente.

[0078] Todavia, o carvão CMT-0 apresentou maior valor de saturação de magnetização, 14,91 emu g^{-1} devido à ausência do zinco.

[0079] Os valores de magnetização dos 3 carvões ativados contendo zinco são um pouco mais baixos que os materiais apresentados pela nossa invenção **“CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO, PROCESSO DE OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DO MESMO”**, 2016. Category: Process. Institution where the patent where deposited: INPI – National Institute of Industrial Property (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). Country: Brazil. Nature: Patent. **Register number: BR10201603035. Deposit number, PCT: 870160078447**”, porém, são compatíveis com trabalhos apresentados na literatura por MUBARAK *et al.*, “*Palm oil empty fruit bunch based magnetic biochar composite comparison for synthesis by microwave-assisted and conventional heating*” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 120 (2016) 521–528; de XUE *et al.*, “*Synthesis and characterization of superparamagnetic activated carbon adsorbents based on cyanobacteria*”, *Materials Chemistry and Physics*, 163 (2015) 407- 415; de CAZETTA *et al.*, “*Magnetic Activated Carbon Derived from Biomass Waste by Concurrent Synthesis: Efficient Adsorbent for Toxic Dyes*”, *ACS Sustain. Chem. Eng.* 4 (2016) 1058–1068; de NGUYEN *et al.*, “*Magnetic Fe_2MO_4 ($M = Fe, Mn$) activated carbons: Fabrication, characterization and heterogeneous Fenton oxidation of methyl orange*”, *Journal of Hazardous Materials*, 185 (2011) 653–661.

[0080] A presente patente se difere pelo uso do cloreto de zinco (II) em diferentes proporções para o desenvolvimento de materiais com uma alta área superficial. Salienta-se que nem a literatura nem a patente de mesma autoria citada acima apresentam a combinação de cloreto de níquel (II) e de zinco (II) num processo de produção de carvões ativados magnéticos de alta área superficial. Na presente patente, o material magnético desenvolvido apresentou uma área superficial de 2 a 2,5 vezes maior que na patente acima citada. Tais

características observadas nos materiais preparados na presente patente são altamente desejáveis do ponto de vista prático para aplicações tecnológicas e/ou industriais/comerciais.

[0081] Cabe ressaltar que uma magnetização de 2 emu g^{-1} é suficiente para que se faça uma separação magnética do adsorvente misturado com a solução do adsorvato.

[0082] Além disso, nos trabalhos citados, o processo de preparação dos carvões ativados magnéticos usualmente é realizado em várias etapas como descrito: etapa primária de preparação da partícula magnética, mistura da partícula magnética com uma suspensão contendo carvão ativo comercial, secagem da suspensão, pirólise do carvão ativo impregnado com as partículas magnéticas.

[0083] Geralmente são utilizados dois sais inorgânicos um contendo o cátion metálico Fe^{2+} e outro contendo o cátion metálico Fe^{3+} . Essas soluções são agitadas mecanicamente e se faz a adição lenta e gradual de NaOH ocorrendo a precipitação de hidróxidos de ferro. Posteriormente essa mistura de hidróxidos é levada ao forno térmico onde se realiza um processo de pirólise para formar a ferrita (Fe_3O_4).

[0084] Existem descritos vários métodos de preparo de partículas magnéticas os quais envolvem reagentes mais sofisticados do que os descritos aqui.

[0085] Cabe ressaltar que o produto formado pelo carvão ativo comercial com partículas de ferrita magnética diminui drasticamente a área superficial do adsorvente, usualmente reduzindo a adsorção de poluentes. Cumpre ainda lembrar que esses carvões ativos magnéticos apresentam baixa estabilidade em meio ácido, visto que em baixos valores de pH, os compostos de ferro são dissolvidos, reduzindo a magnetização do adsorvente, podendo até mesmo extinguir essa propriedade por completo.

[0086] O custo de preparação desses carvões ativados magnéticos preparados de maneira convencional usualmente é elevado, fato que pode limitar sua aplicação numa escala de maior porte. Todavia, na presente invenção o processo foi simplificado para apenas uma única etapa de pirólise, utilizando

uma mistura de cloreto de zinco (II) e de cloreto de níquel (II) como agentes ativadores responsáveis por deixar o produto final magnetizado.

[0087] Finalmente, o material carvão ativado magnético adsorvente preparado nessa invenção se caracteriza por apresentar alta área superficial e alto volume de poros bem como rápida separação quando submetido a um campo magnético.

[0088] Os parâmetros de textura dos carvões ativados magnéticos e com altas áreas superficiais são apresentados na Tabela 1.

[0089] Os materiais produzidos apresentaram alta área superficial específica e mesoporosidade. Os valores da área superficial específica foram 1132; 1253; 775 e 214 m² g⁻¹, para CMT-1.5, CMT-2.0, CMT-2.5 e CMT-0, respectivamente. Os valores de área superficial específica para os três adsorventes contendo Zn são bem mais altos que os valores encontrados na literatura, incluindo a nossa invenção “**CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO, PROCESSO DE OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DO MESMO**”, 2016. Category: Process. Institution where the patent where deposited: INPI – National Institute of Industrial Property (Instituto Nacional da Propriedade Industrial). Country: Brazil. Nature: Patent. **Register number: BR10201603035. Deposit number, PCT: 870160078447**” cuja área superficial obtida foi de no máximo 515 m² g⁻¹.

[0090] Além disso, nas Figuras 3A e 3B são apresentadas as curvas de adsorção e dessorção de nitrogênio e a distribuição de tamanho de poros (D_p) das amostras do carvão ativado magnético previamente lixiviado com HCl 0,1 mol L⁻¹, do carvão ativado preparado somente com a mistura de níquel e da biomassa vegetal caroço de tucumã.

[0091] As isotermas de adsorção de nitrogênio demonstram existir uma combinação das isotermas de adsorção do tipo I e do tipo II indicando que as amostras dos carvões ativados magnéticos apresentam estruturas porosas formadas por microporos e mesoporos. Os diâmetros médios dos poros apresentados na Tabela 1 bem como nas Figuras 3a e 3b revelaram que os materiais preparados são predominantemente mesoporos, segundo a

classificação da IUPAC.

Tabela 1: Propriedade texturais dos carvões ativos magnéticos e de altas áreas superficiais.

Amostras	S_{BET} ($m^2 g^{-1}$)	S_{micro} ($m^2 g^{-1}$)	S_{ext} ($m^2 g^{-1}$)	V_{tot} ($cm^3 g^{-1}$)	V_{mic} ($cm^3 g^{-1}$)	V_{mes} ($cm^3 g^{-1}$)	D_p (nm)
CMT-1.5	1132	491,75	667,09	0,669	0,211	0,458	4,26
CMT-2.0	1253	392,83	888,09	0,786	0,169	0,617	3,55
CMT-2.5	775	254,45	539,69	0,524	0,110	0,414	3,67
CMT-0	214	-	-	0,048	0,020	0,028	5,97

[0092] Os resultados obtidos a partir da análise elementar, bem como a composição química dos materiais magnéticos são apresentados na Tabela 2.

[0093] Pode-se que com exceção da amostra CMT-2.5, todas as demais amostras apresentaram uma quantidade elevada em carbono e pequena quantidade em oxigênio e hidrogênio.

[0094] Inicialmente, o caroço de tucumã apresentou 48,77% em carbono, 6,66% em hidrogênio e 43,76% em oxigênio. No entanto, após a carbonização em forno térmico 600°C e a lixiviação parcial com HCl 0,1 mol L⁻¹, o teor de carbono aumentou para as amostras CMT-1.5 e CMT-2.0, enquanto o teor em hidrogênio e oxigênio diminuíram em todos os carvões magnéticos.

[0095] Além disso, os materiais apresentaram propriedades hidrofílicas, com quantidades significativas de grupos ácidos e grupos básicos na superfície. Essas características são muito importantes para uso dos referidos materiais como adsorvente em tratamento de efluentes aquosos.

[0096] Pode se observar também um aumento da quantidade de cinzas à medida que se aumenta a razão dos sais metálicos: biomassa lignocelulósica.

Tabela 2: Composição elementar e química dos carvões magnéticos com alta área superficial.

C (%)	H (%)	N (%)	O [*] (%)	Cinzas (%)	HI	Grupos	Grupos
-------	-------	-------	--------------------	------------	----	--------	--------

						Ácidos (mmol.g ⁻¹)	básicos mmol.g ⁻¹)
CMT-1.5	50,24	2,23	1,07	19,20	27,26	0,8501	0,6048
CMT-2.0	58,85	2,12	1,31	0,58	37,14	0,8098	0,5697
CMT-2.5	35,32	2,04	0,975	12,06	49,61	0,7037	0,7261
Tucumã	48,77	6,66	0,687	43,76	/	/	/

[0097] As Figuras 4a, 4b e 4c apresentam as curvas termogravimétricas (TGA) dos carvões ativos magnéticos e de alta área superficial, CMT-1.5, CMT-2.0, CMT-2.5.

[0098] As análises foram realizadas sob atmosfera de N₂ (temperatura ambiente até 800°C) e de ar sintético (de 800°C até 1000°C) para a determinação do teor de cinzas. Pode-se observar que os carvões ativados magnéticos de alta área superficial apresentam grande estabilidade térmica a temperaturas elevadas sugerindo que esses materiais poderão ser utilizados em processos industriais que requerem altas temperaturas sem que ocorra modificação em suas propriedades.

[0099] Foi observado uma perda de massa de apenas 29,3%; 24,22% e 36,5% para os materiais CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5, respectivamente, quando a temperatura foi variada entre a temperatura de 25°C à 800°C, sob atmosfera de N₂, sugerindo uma boa estabilidade térmica.

[0100] As Figuras 5a, 5b e 5c apresentam as propriedades cristalinas dos materiais CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5 com diferentes quantidade de cloreto de níquel (II).

[0101] Pode-se observar em todas as Figuras a presença de picos relacionados ao níquel e ao zinco, independentemente da quantidade de cloreto de níquel (II) adicionada.

[0102] A Simonkelleita tem por fórmula química $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$, e, frequentemente, é referida como cloreto de zinco tetrabásico, cloreto de zinco básico, hidroxicloreto de zinco ou oxicloreto de zinco.

[0103] Todavia, pode-se observar que a intensidade desses picos de

Simonkelleita foi bem menor nas amostras CMT-2.0 e CMT-2.5 comparados a do níquel, justificando o fato que o níquel é bem mais refratário que os compostos de zinco.

[0104] Dessa forma, o zinco tem por função aumentar a área superficial e o níquel tem por função apresentar propriedades magnéticas.

[0105] Dessa forma o processo de lixiviação em meio ácido foi mais seletivo ao zinco, eliminando-o em maior proporção, e, deixando níquel remanescente nas amostras.

[0106] Essa característica é muito importante para desenvolvimento de novos carvões ativados magnéticos que sejam capazes de serem utilizados em meio fortemente ácido, sem que ocorra perda de suas propriedades magnéticas, como acontece geralmente com os demais processos de produção de carvões ativados reportados na literatura.

[0107] As Figuras 6a, 6b e 6c apresentam as imagens das microestruturas dos carvões ativados magnéticos de alta área superficial obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (do Inglês *Scanning Electron Microscopy*, SEM).

[0108] As micrografias mostram que os materiais desenvolvidos apresentam uma superfície rugosa e irregular, heterogênea, altamente porosa, compatíveis com a presença de poros que foram identificados através da análise de adsorção e dessorção de nitrogênio.

[0109] As Figuras 7a, 7b e 7c apresentam as imagens e análises gráficas obtidas por espectroscopia por dispersão em energia (EDS-SEM) dos carvões ativados magnéticos com alta área superficial.

[0110] Pode-se observar em todos os materiais CMT-1.5, CMT-2.0 e CMT-2.5, os picos dos elementos químicos C, N, O, Au, Fe e Cl, e também dos elementos químicos Zn e Ni, os quais são os principais componentes inorgânicos utilizados na preparação dos carvões ativados magnéticos de alta área superficial.

[0111] Esses resultados corroboram os dados obtidos por difração de raio X e por análise elementar.

[0112] Pode-se observar nas imagens espectrais um aumento das intensidades

dos picos relacionados ao elemento Ni com o aumento da quantidade de cloreto de níquel (II) nas amostras.

[0113] Por outro lado, pode-se perceber uma intensidade do pico praticamente constante relacionada ao elemento Zn, devido ao fato que a quantidade de cloreto de zinco (II) utilizada na preparação foi a mesma em todas as amostras.

Exemplo 3. Teste de adsorção

[0114] A fim de demonstrar uma aplicação real dos carvões ativados magnéticos com alta área superficial aqui produzidos, foi realizado um teste de remoção de vários fármacos e fenóis, moléculas essas, usualmente classificadas como contaminantes orgânicos emergentes. Os testes de adsorção foram realizados a temperatura de 25°C.

[0115] As Tabelas 3 e 4 apresentam os testes de adsorção de fármacos e fenóis com os carvões ativados magnéticos preparados, respectivamente.

[0116] Pode-se notar uma alta capacidade de remoção dos compostos orgânicos, tanto dos fármacos quanto dos fenóis, com a aplicação dos carvões magnéticos preparados com a mistura cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II), independentemente das proporções utilizadas.

[0117] Todavia, o material preparado apenas com o cloreto de níquel (II) (CMT-0) apresenta uma quantidade de remoção de duas a quatro vezes menor quando comparado com os carvões ativados magnéticos com alta área superficial (CMT1,5; CMT2.0 e CMT2,5).

[0118] Esses resultados são uma clara evidência que os materiais desenvolvidos nessa patente apresentam um grande potencial para serem utilizados no futuro em processos de tratamentos de água e de efluentes industriais.

Tabela 3a: Teste de adsorção de fármacos e aminas aromáticas com os carvões magnéticos de alta área superficial.

Quantidade adsorvida (mg g ⁻¹)					
	Cânfora	Nicotinamida	Amoxicilina	Propranolol	Maleato de Enalapril
CMT-1.5	133,3	81,2	112,9	117,5	105,2
CMT-2.0	133,3	83,6	92,3	123,0	100,2
CMT-2.5	133,3	94,0	116,2	130,6	105,5
CMT-0	31,9	32,3	30,5	44,5	41,7

Tabela 3b: (Continuação da Tabela 3a) Teste de adsorção de fármacos e aminas aromáticas com os carvões magnéticos de alta área superficial.

Quantidade adsorvida (mg g ⁻¹)				
	Diclofenaco	Paracetamol	3-cloroanilina	4-cloroanilina
CMT-1.5	105,9	116,1	127,5	126,4
CMT-2.0	113,3	119,9	128,9	128,0
CMT-2.5	115,7	122,4	130,3	129,0
CMT-0	41,0	31,2	65,4	51,2

Tabela 4: Teste de adsorção dos fenóis com os carvões magnéticos.

Quantidade adsorvida (mg g ⁻¹)					
	2- Nitrofenol	2-aminofenol	3-aminofenol	4-bromofenol	4-nitrofenol
CMT-1.5	129,8	133,3	111,3	130,2	127,2
CMT-2.0	131,8	133,3	118,0	133,1	130,1
CMT-2.5	132,1	133,3	125,3	131,6	130,9
CMT-0	85,0	47,7	31,0	69,7	66,0

[0119] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes e alternativas, abrangidas pelo escopo das reivindicações a seguir.

Reivindicações

1. Processo de obtenção de carvão ativado magnético, **caracterizado por** compreender três subetapas:

(i) formação de uma pasta constituída de biomassa vegetal lignocelulósica de caroço de tucumã, misturada em proporções definidas com cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II);

(ii) processo de carbonização em forno térmico tubular convencional da pasta preparada; e

(iii) lixiviação parcial dos compostos de zinco e níquel com solução diluída de HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** etapa (iii) compreender as etapas de:

a) trituração, moagem e peneiração de biomassa vegetal lignocelulósica de caroço de tucumã em peneira de 250 µm para a obtenção de um pó;

b) preparação de 100 mL solução aquosa mista contendo sais cloretos de zinco (II) e níquel (II) de concentração conhecida;

c) adição de 100,0 gramas de caroço de tucumã na forma de pó à solução formada na etapa anterior (b) e mistura do sistema reacional continuamente sob agitação mecânica para a obtenção de uma pasta entre 70 a 90°C por um tempo de 100 a 150 minutos;

d) secagem da pasta em estufa entre 80 e 100°C por um tempo de 480 a 1440 minutos;

e) colocação da pasta em um reator de quartzo, o qual é inserido no interior de um forno térmico tubular convencional para a realização do processo de pirólise, isto é, carbonização;

f) em uma realização preferencial, a carbonização da pasta ocorreu a uma temperatura na faixa de 550 a 800°C, por um tempo de 30 a 60 minutos, sob atmosfera inerte de gás nitrogênio com vazão de 100 a 250 mL min⁻¹;

g) em uma realização preferencial, o sistema reacional foi resfriado depois

da carbonização por 30 a 50 minutos sob atmosfera inerte de gás nitrogênio com a vazão de 100 a 250 mL min⁻¹ até chegar a uma temperatura menor ou igual a 200°C; após resfriamento até essa temperatura a vazão do gás inerte foi interrompida;

h) lixiviação parcial do material carbonizado com solução de HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹ sob refluxo por um tempo de 30 a 70 minutos para completar o processo de ativação química;

i) filtração e lavagem com água destilada em abundância até o valor de pH das águas de lavagem atingirem o valor entre 6 a 7.

j) secagem do material a uma temperatura de 90 a 110°C por um tempo de 12 a 24 horas e peneiração em peneira de 53 a 83 µm para obter um produto final com diâmetro de partícula na faixa de 53 a 83 µm.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** subetapa (i) ter uma secagem posterior da pasta formada em uma estufa com ventilação forçada.

4. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** subetapa (i) ter uma proporção em massa de sais dos ZnCl₂:NiCl₂:biomassa lignocelulósica serem de 1,0:1,5:1,0; 1,0:2,0:1,0 e 1,0:2,5:1,0 (m/m/m).

5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pela** biomassa lignocelulósica ter dimensões menores que 250 µm.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** subetapa (iii) ter o material carbonizado parcialmente lixiviado com HCl 0,05 a 0,5 mol L⁻¹ em refluxo em 70 a 80°C por 1h.

7. Carvão ativado magnético obtido pelo processo, conforme descrito em qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** por compreender:

- biomassa vegetal lignocelulósica; e,
- sais inorgânicos metálicos solúveis selecionados do grupo consistindo de: cloreto de zinco(II) e cloreto de níquel(II).

8. Carvão ativado magnético, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** por possuir área superficial maior do que 700 m²/g.

9. Uso do carvão ativado magnético, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 8, **caracterizado por** ser para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos.

10. Uso, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelos** contaminantes orgânicos serem fármacos, fenóis, corantes, hormônios, pesticidas, entre outros e espécies inorgânicas como cátions metálicos.

11. Uso do carvão ativado magnético, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 8, **caracterizado por** ser para a descoloração de águas.

12. Uso do carvão ativado magnético, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 8, **caracterizado por** ser para processos de purificação e separação de gases oriundos de plantas industriais.

13. Uso do carvão ativado magnético, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 8, **caracterizado por** ser em processos catalíticos.

14. Uso do carvão ativado magnético, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelos** processos catalíticos nos quais esse material pode ser utilizado serem selecionados entre: processos de craqueamento catalítico de petróleo, na conversão de gases durante o processo de gaseificação, na síntese de nanocompósitos multifuncionais de polietileno com propriedades magnéticas.

15. Uso, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado pelo** carvão ser utilizado como semicondutor ou catalisador nos processos catalíticos.

Figuras

Figura 1

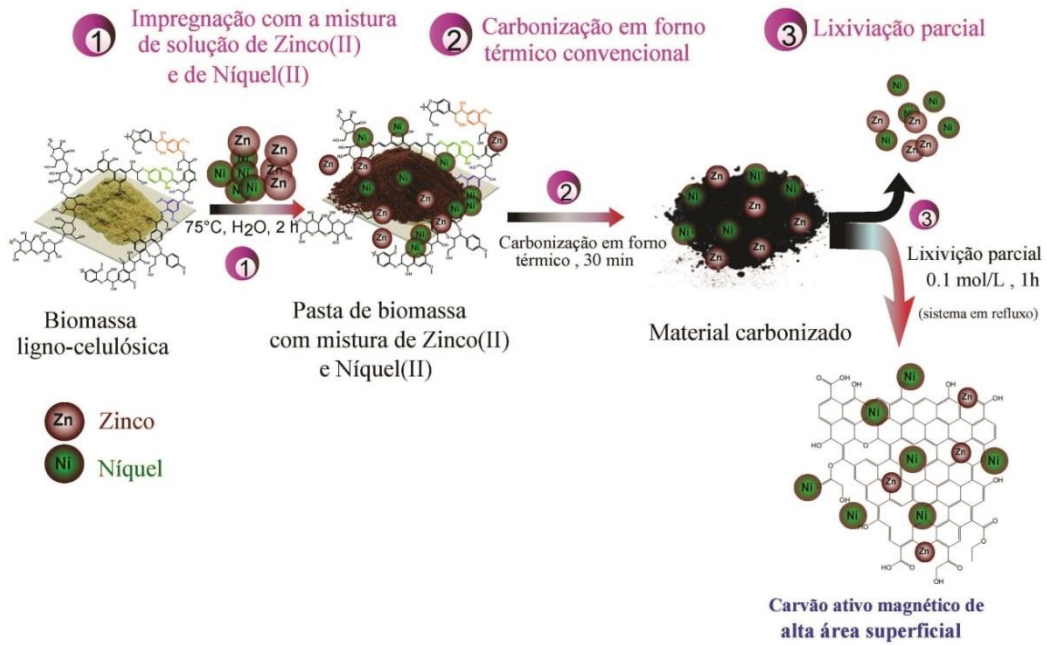


Figura 2

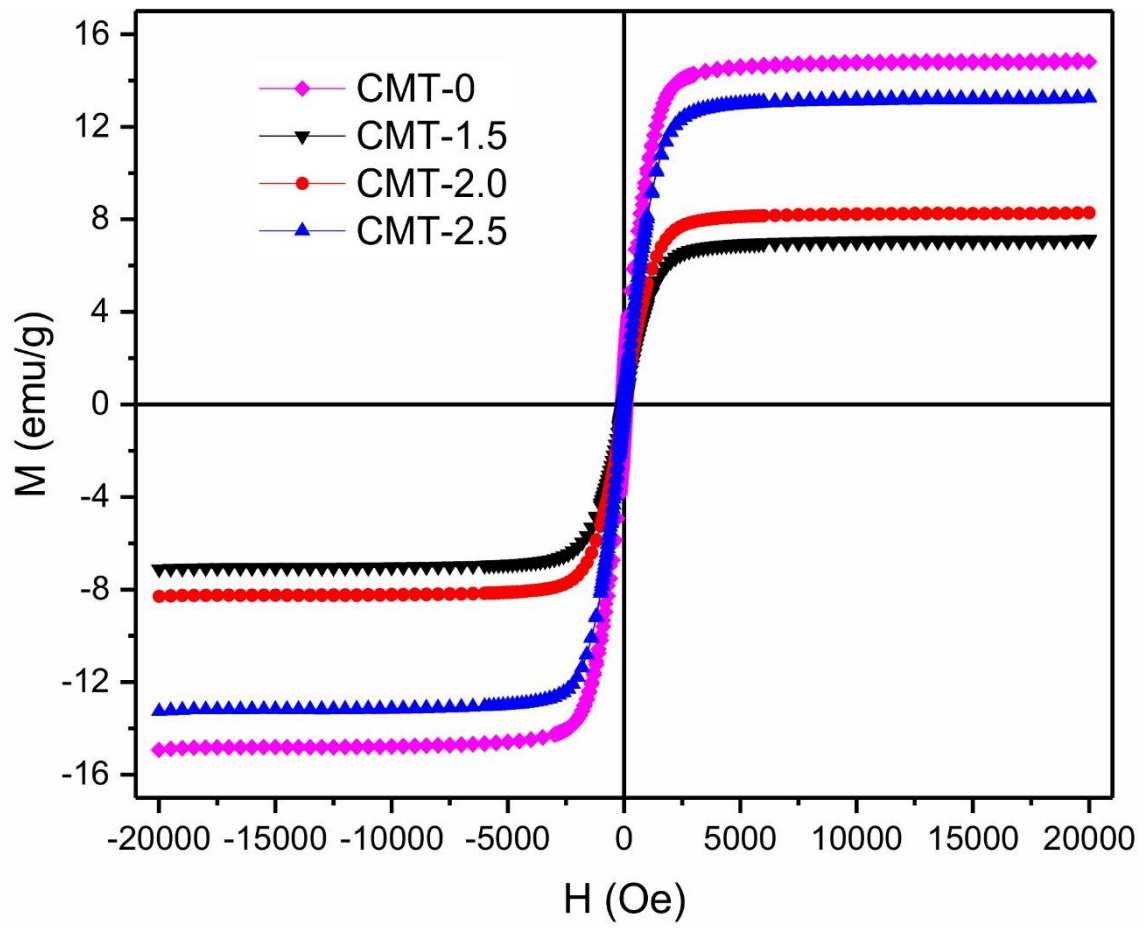


Figura 3

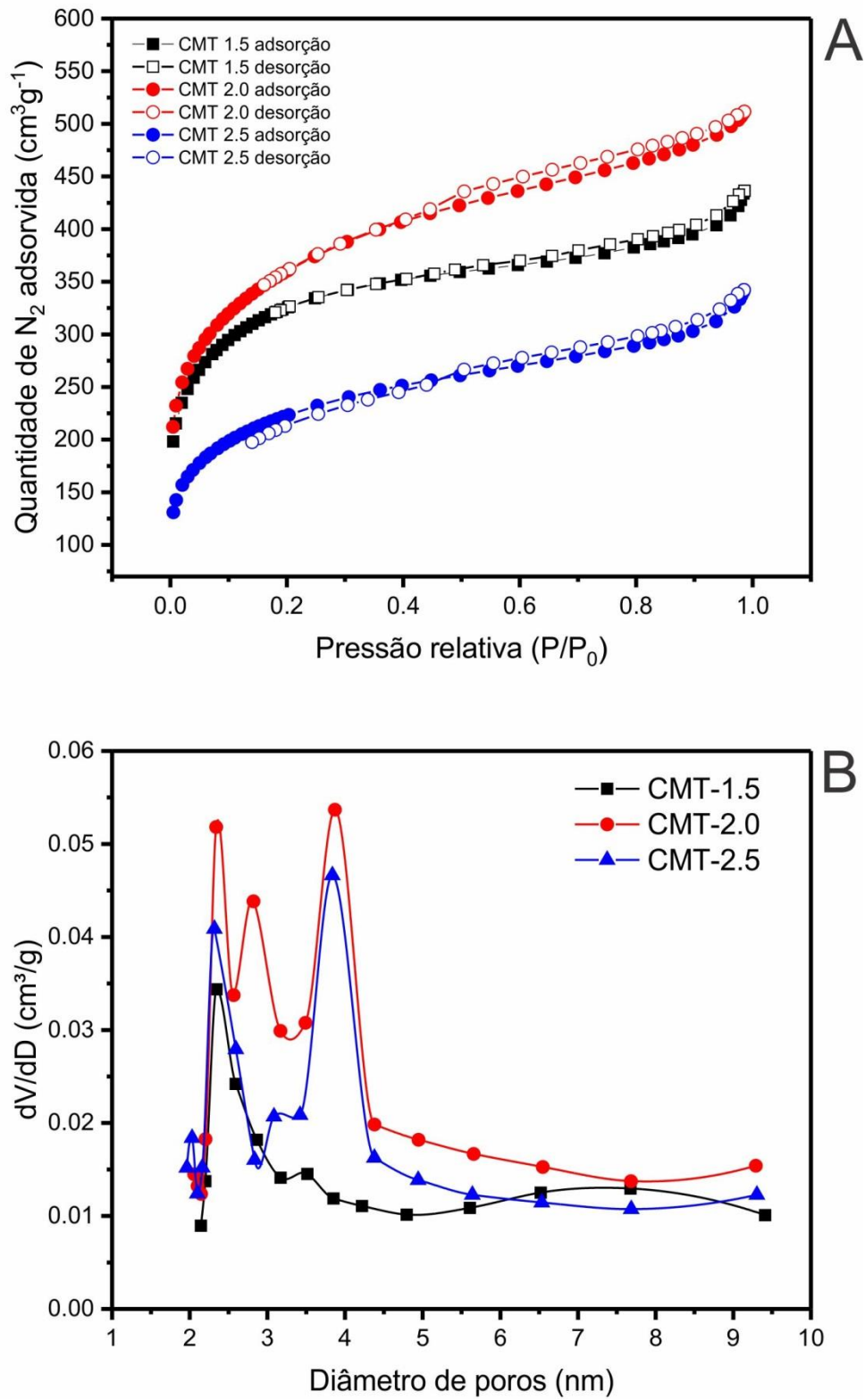


Figura 4

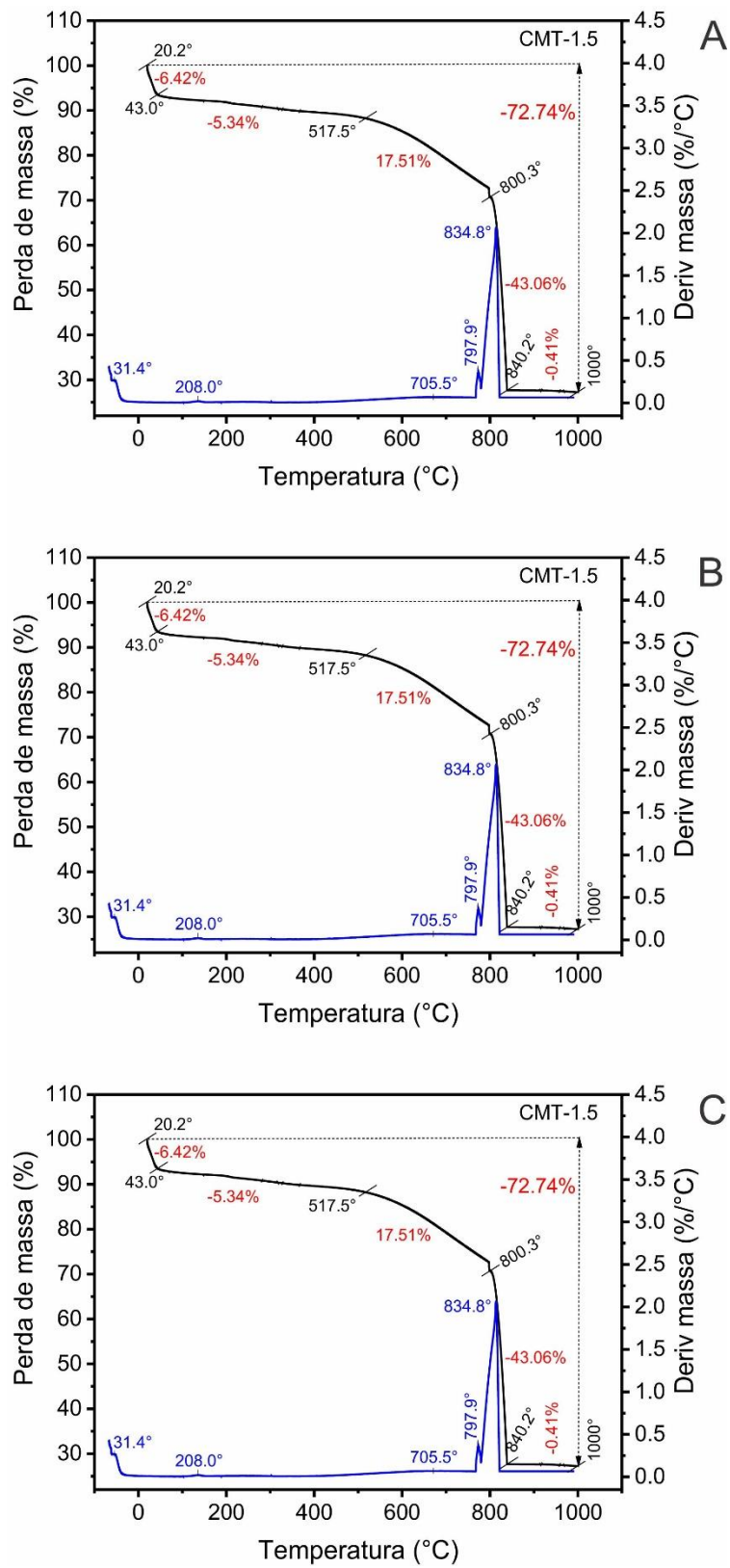


Figura 5

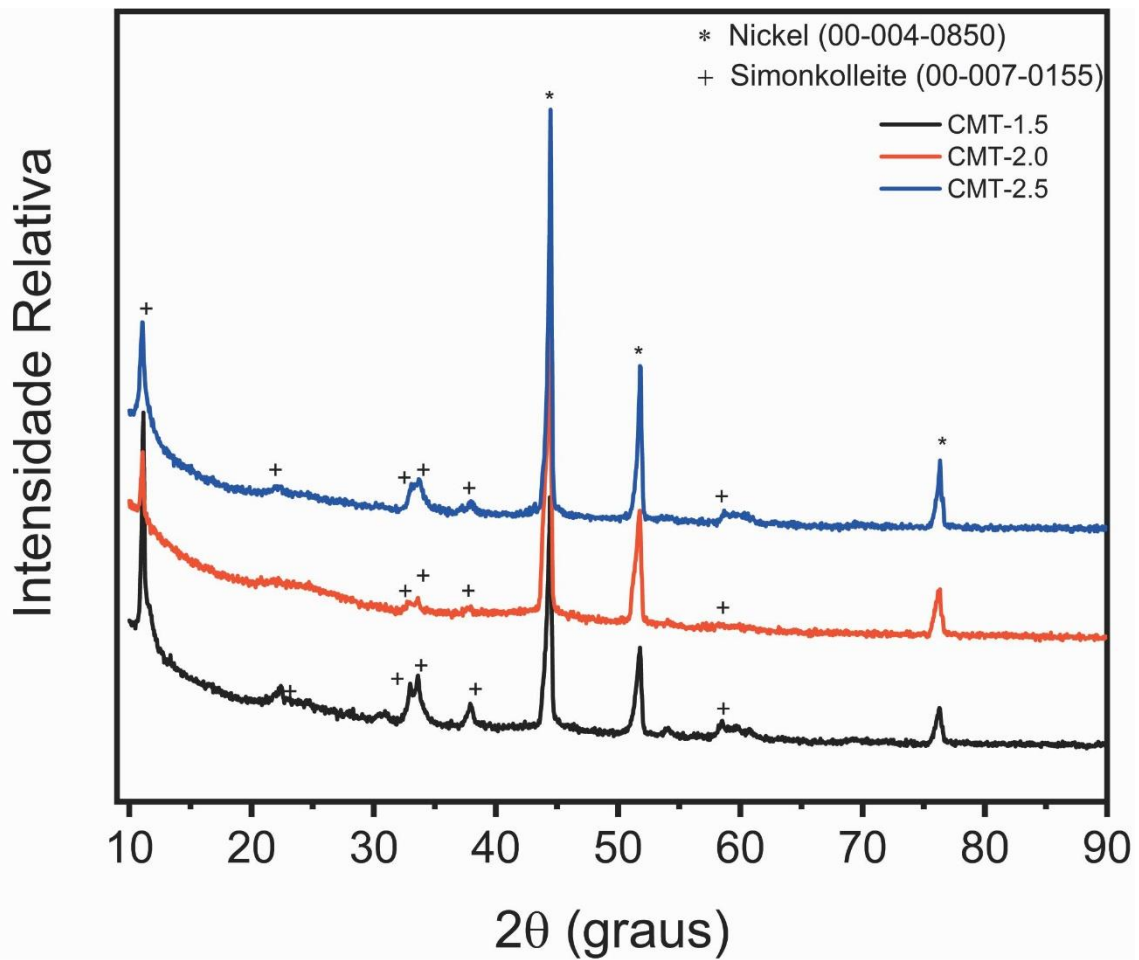


Figura 6

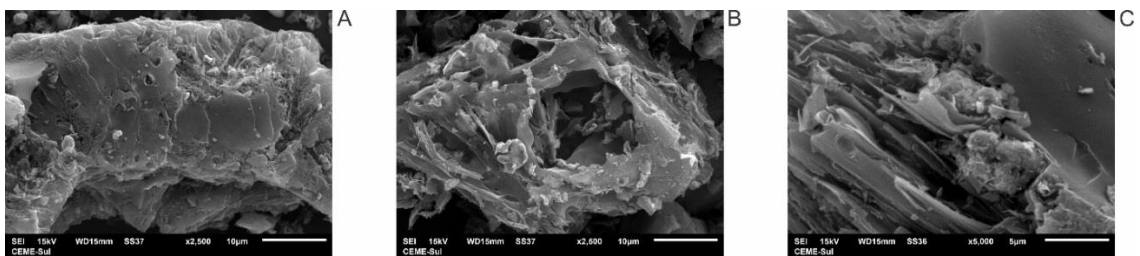
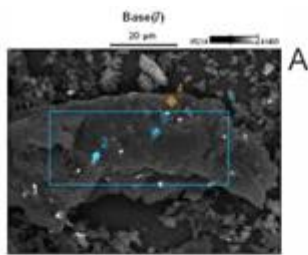
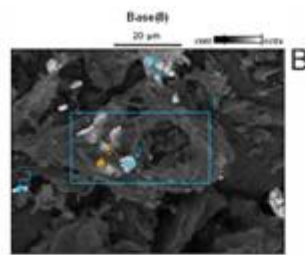
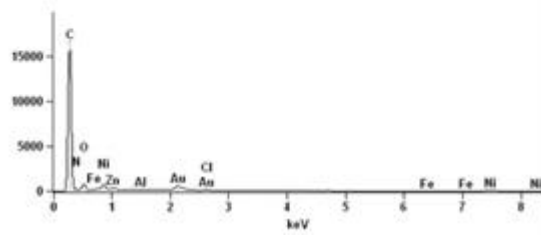


Figura 7



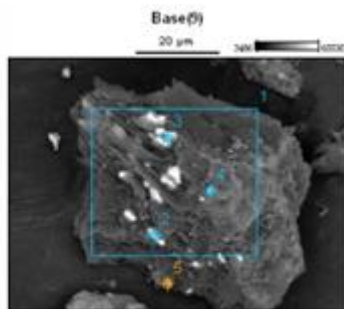
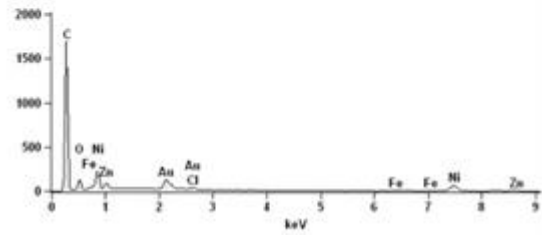
A

Contagens completas: 16567 Base (7)_pt1



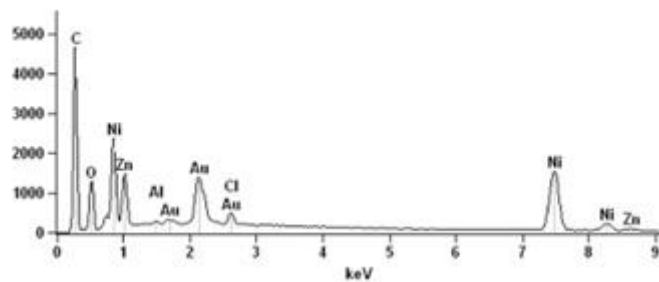
B

Contagens completas: 1685 Base (8)_pt1



C

Contagens completas: 4648 Base (9)_pt2



Resumo**CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO E USOS DE CARVÃO ATIVADO MAGNÉTICO**

A presente invenção descreve a preparação de um novo material adsorvente, carvão ativado constituído de propriedades magnéticas e alta área superficial. Esse material foi produzido por um processo de carbonização de biomassa vegetal lignocelulósica em forno térmico tubular convencional. A produção desse material foi realizada utilizando apenas três materiais: biomassa lignocelulósica (caroço de tucumã), cloreto de zinco (II) e cloreto de níquel (II). A presente invenção descreve também o processo de produção do material adsorvente carvão ativado com alta área superficial e alta magnetização e o seu uso para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de efluentes aquosos. A presente invenção se situa no campo da Ciência de Materiais, Química Ambiental e Tratamento de Águas.