



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

(21) BR 102018074672-3 A2



(22) Data do Depósito: 29/11/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 09/06/2020

(54) **Título:** COMPÓSITO COMPREENDENDO MATRIZ POLIMÉRICA E REFORÇO COMPOSTO DE RESÍDUO DE CARVÃO MINERAL, USO E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MESMO

(51) **Int. Cl.:** C08J 11/06; B29C 43/00; B29C 43/02; C08K 3/04.

(52) **CPC:** C08J 11/06; B29C 43/006; B29C 43/02; C08K 3/04.

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

(72) **Inventor(es):** MARCELO GRYZZAK; CESAR LIBERATO PERTZHOLD.

(57) **Resumo:** A presente invenção descreve um compósito que compreende pelo menos uma matriz polimérica e pelo menos um reforço composto de resíduo de carvão mineral. Descreve também o uso do dito compósito como componente de tijolo de encaixe, telhas, produtos de arquitetura e/ou de design de interiores e processo de produção do dito compósito. Descreve ainda o processo de produção do compósito. A presente invenção se situa nos campos da Engenharia de Materiais, construção civil, arquitetura e eco design.



## **Relatório Descritivo de Patente de Invenção**

### COMPÓSITO COMPREENDENDO MATRIZ POLIMÉRICA E REFORÇO COMPOSTO DE RESÍDUO DE CARVÃO MINERAL, USO E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MESMO

#### **Campo da Invenção**

**[0001]** A presente invenção descreve um compósito que compreende pelo menos uma matriz polimérica e pelo menos um reforço composto de resíduo de carvão mineral (RC). A presente invenção se situa nos campos da Engenharia de Materiais, construção civil, arquitetura e eco design.

#### **Antecedentes da Invenção**

**[0002]** Para alcançar o objetivo do desenvolvimento sustentável na indústria de materiais, a seleção das matérias-primas desempenha um papel fundamental. Há esforços contínuos em pesquisas sobre a viabilidade de matérias-primas provenientes de resíduos reutilizáveis como materiais alternativos. Atualmente parte delas está relacionada ao uso de resíduos sólidos municipais, resíduos agrícolas e resíduos industriais.

**[0003]** No processo de mineração em uma indústria carbonífera, 60% do total extraído é de rejeito, que é enviado para uma barragem controlada devido ao seu potencial efeito toxicológico quando exposto ao meio ambiente. Por outro lado, o consumo de polímeros tem crescido a uma taxa anual de 5%, superior a 300 milhões de toneladas/ano.

**[0004]** Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

**[0005]** O documento de patente BRPI0802379 – (Process for attainment of a [composito] of [polimerica] resin with residue of the burning of the mineral coal) descreve o processo e o produto obtido na formulação de um compósito tendo como substância principal uma resina polimérica e a cinza da queima de carvão mineral. O primeiro diferencial observado em relação ao invento

proposto é o tipo de matéria prima utilizado no reforço, sendo que o dito documento utiliza material distinto, qual seja, o resíduo da queima do carvão das usinas. Além disso, no dito documento se utiliza no máximo 40% de reforço, enquanto na presente invenção pode ser utilizado uma porcentagem maior.

**[0006]** O documento de patente GB9417281 (Manufacturing mold products from used tires) descreve a fabricação de produtos provenientes de pneus pulverizados com resina polimérica. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, no qual se utilizam pneus inutilizáveis pulverizados. Além disso, utiliza como aditivos, lã de vidro, fosfato de amônio e amido enquanto o presente invento não emprega nenhum aditivo durante a formulação do material compósito e utiliza matriz polimérica reciclada.

**[0007]** O documento de patente EP2787026 (Process for the production of a material polymeric composite, and use of material polymeric composite) descreve a fabricação de compósitos poliméricos com enchimento de carbonato de cálcio, giz, calcário, mármore, dolomita, dióxido de titânio, sulfato de bário, talco e mica. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam carbonato de cálcio, giz, calcário, mármore, dolomita, dióxido de titânio, sulfato de bário, talco e mica. Além disso, o invento diferencia-se, pois utiliza a carga como enchimento ao invés de como reforço.

**[0008]** O documento de patente IT8967284 (A process for manufacturing a composite material comprising thermoplastic polymers and residuals from the manufacture of plastic laminates, and the composite material so obtained) descreve a fabricação de compósitos plásticos reciclado com celulose. O diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam celulose em pó.

**[0009]** O documento de patente FR2885316 (Method of producing a composite part from high-density glass granules) descreve a fabricação de

compósitos poliméricos com fibra de vidro. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço onde se utilizam fibra de vidro. Além disso, o invento diferencia-se, pois utiliza-se matriz polimérica reciclada.

**[0010]** O documento de patente WO200212375 (Method and device for production of a reinforced plastic component and said component) descreve a fabricação de compósitos plásticos com fibra vegetal. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam fibra vegetal. Além disso, o invento diferencia-se, pois utiliza-se matriz polimérica reciclada.

**[0011]** O documento de patente BRPI0800755 (Formulation of material and process for the plastic manufacture of devices wooden) descreve a fabricação de compósitos poliméricos reforçados com pó de pneu, fibras naturais ou vidro. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam pó de pneu, fibras naturais ou vidro. Além disso, o invento diferencia-se, pois é utilizado matriz polimérica reciclada.

**[0012]** O documento de patente JP2001079835 (Polymer composite reinforced within cineration powder) descreve a fabricação de compósitos poliméricos reforçados com pó de incineração. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam pó de incineração. Além disso, o invento diferencia-se, pois utilizam no máximo 51 – 70% de reforço, enquanto a presente invenção permite utilizar uma porcentagem maior em uma matriz polimérica reciclada.

**[0013]** O documento de patente BR200805017 (Composition I contend grey of rind of rice and thermoplastic resins and process for attainment of parts with the composition I contend grey of rind of rice and thermoplastic resins) descreve a fabricação de compósitos com resina termoplástica e cinza de casca de arroz. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam cinza de casca de arroz.

Além disso, o invento diferencia-se, pois utilizam no máximo 51 – 70% de reforço, enquanto na presente invenção pode se utilizar uma porcentagem maior em uma matriz polimérica reciclada.

**[0014]** O documento de patente RU2572320 (Method to produce composite material from solid domestic wastes) descreve um método para produzir compósitos a partir de resíduos domésticos. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam resíduos domésticos moídos. Além disso, o invento diferencia-se, pois se utiliza uma matriz polimérica reciclada.

**[0015]** O documento de patente HU0500505 (Procedure for producing insulating building units from plastic and/or rubber waste containing metal) descreve o método para produzir compósitos plásticos reforçado com pneu moído. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, onde se utilizam pneu moído. Além disso, o invento diferencia-se, pois utiliza-se uma matriz polimérica reciclada.

**[0016]** O documento de patente WO2005009701 (Composite materials comprising plastics and wood) descreve o método para produzir compósitos plástico/madeira. O primeiro diferencial observado em relação ao invento proposto é o tipo de matéria prima utilizada no reforço, utilizamos resíduo da extração de carvão mineral, enquanto utilizam madeira na forma de serragem, fibras de madeira e / ou cascas de madeira. Além disso, o invento diferencia-se, pois foi utilizado no máximo 55 % de reforço, enquanto na presente invenção utiliza-se de 20 – 80% de uma matriz polimérica reciclada.

**[0017]** O artigo científico “Incorporação de resíduo do tratamento de drenagem ácida em massa de cerâmica vermelha” de S. L. Galato et al. (2009) publicado na Revista Cerâmica, v.55 descreve um estudo experimental em escala laboratorial e industrial da incorporação de resíduo do tratamento de Drenagem Ácida de Mina (DAM) na formulação de massa de cerâmica vermelha, com substituição parcial das argilas. Este documento se diferencia da presente invenção pelo tipo de matéria-prima utilizada, no documento é utilizado iodo

desidratado iodo desidratado proveniente da estação de tratamento dos efluentes da mineradora enquanto no presente invento utiliza-se resíduo da extração de carvão mineral.

**[0018]** 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.

### **Sumário da Invenção**

**[0019]** Desta forma, o objetivo da invenção, visa o uso de polímeros virgens e/ou reciclado na preparação de compósitos de matriz polimérica reforçados com resíduos de carvão mineral, com o intuito de mitigar os impactos ambientais gerados pelos resíduos de carvão e agregar valor ao resíduo gerado.

**[0020]** Em um primeiro objeto, a presente invenção define um compósito compreendendo:

- pelo menos uma matriz polimérica;
- pelo menos um reforço composto de resíduo de carvão mineral;

em que a fração matriz polimérica/reforço composto de resíduo de carvão mineral é de 20 a 80% em peso.

**[0021]** Em um segundo objeto, a presente invenção define o uso do dito compósito como componente de tijolo de encaixe, telhas, produtos de arquitetura e/ou de design de interiores.

**[0022]** Em um terceiro objeto, a presente invenção define um processo de produção do compósito compreendendo as seguintes etapas:

- a) preparação do resíduo de carvão mineral e da matriz polimérica através da secagem e moagem;
- b) misturar o resíduo de carvão e a matriz polimérica no estado fundido;
- c) compactar a massa compósita em uma prensa térmica num dispositivo de moldagem.

[0023] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

### **Breve Descrição das Figuras**

[0024] São apresentadas as seguintes figuras:

[0025] A Figura 1 mostra o compósito de matriz PEBD/reforçado com 80% de resíduo de carvão mineral. Nota: Dimensões da amostra (20x20x5cm).

[0026] A Figura 2 mostra os resultados de reometria de torque.

[0027] A Figura 3 mostra os resultados da análise morfológica de MEV. Sendo que a fração de carga na formulação apresentada por 3A, 3B, 3C e 3D é, respectivamente, de 80:20 PEBD/RC\*, 60:40 PEBD/RC\*, 40:60 PEBD/RC e 20:80 PEBD/RC,

[0028] A Figura 4 ilustra os resultados de tração à ruptura.

[0029] A Figura 5 ilustra os resultados de módulo de elasticidade.

[0030] A Figura 6 mostra os resultados de dureza Shore D.

[0031] A Figura 7 ilustra os resultados de índice de fluidez.

[0032] A Figura 8 mostra os resultados de densidade.

[0033] A Figura 9 mostra os resultados de absorção de água.

[0034] A Figura 10 ilustra os resultados de condutividade térmica.

[0035] A Figura 11 mostra os resultados de DSC.

[0036] A Figura 12 mostra os resultados de TGA.

[0037] A Figura 13 mostra os resultados de ecotoxicidade.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

[0038] Foram desenvolvidos compósitos de matriz PEBD reciclado para mitigar os impactos ambientais produzidos por resíduos de carvão, e agregar valor ao material residual através da preparação de um composto de polímero reciclado reforçado com o resíduo de carvão mineral, com frações de matriz/reforço entre 20 e 80% em peso.

**[0039]** Os compósitos foram formulados em frações de reforço entre 5 a 95% em peso e os parâmetros avaliados foram: reometria de torque, microscopia eletrônica de varredura (MEV), tração à ruptura, módulo de elasticidade, dureza Shore D, índice de fluidez, densidade, absorção de água, condutividade térmica, calorimetria exploratória diferencial (DSC), análise termogravimétrica (TGA) e ecotoxicidade aguda. As propriedades obtidas demonstram o potencial uso do material compósito na formulação de materiais de construção, tais como tijolos e telhas.

**[0040]** Em um primeiro objeto, a presente invenção define um compósito compreendendo:

- pelo menos uma matriz polimérica;
- pelo menos um reforço composto de resíduo de carvão mineral;

em que a fração matriz polimérica/reforço composto de resíduo de carvão mineral é de 20 a 80% em peso.

**[0041]** Em uma concretização do compósito, a matriz polimérica é composta de polietileno de baixa densidade reciclado (PEBD).

**[0042]** Em uma concretização do compósito, o resíduo de carvão mineral é composto de basicamente quartzo e pirita.

**[0043]** Em uma concretização do compósito, o reforço composto de resíduo de carvão mineral está em na faixa de 20 a 80% em peso do dito compósito.

**[0044]** Em um segundo objeto, a presente invenção define o uso do dito compósito como componente de tijolo de encaixe, telhas, produtos de arquitetura e/ou de design de interiores.

**[0045]** Em um terceiro objeto, a presente invenção define um processo de produção do compósito compreendendo as seguintes etapas:

- a) preparação do resíduo de carvão mineral e da matriz polimérica através da secagem e moagem;
- b) misturar o resíduo de carvão e a matriz polimérica no estado fundido;
- c) compactar a massa compósita em uma prensa térmica num dispositivo de moldagem.



**[0046]** Em uma concretização, na etapa (a) a secagem da matriz polimérica ocorre a 60 °C por 24h e a moagem é feita em moinho de navalha.

**[0047]** Em uma concretização, na etapa (a) a secagem do carvão mineral ocorre em estufa em uma faixa de 100 °C a 105 °C e a moagem é feita em moinho de bolas planetário.

**[0048]** Em uma concretização, a etapa (b) ocorre em misturador dinâmico por 10 minutos a 50 rpm e 120 °C.

**[0049]** Em uma concretização, a etapa (c) ocorre em prensa hidráulica a 180°C, por 3 minutos e com 5 toneladas de carga.

**[0050]** A presente invenção soluciona os impactos ambientais gerados pelo resíduo de carvão mineral, de tal forma que os custos destinados na contenção e controle dos resíduos nas barragens, se tornam desnecessários. Viabilizou a reciclagem de polímeros, sendo utilizados como matriz na formulação do compósito.

**[0051]** Entre as principais vantagens pode-se destacar:

- Redução no custo no tratamento dos resíduos de carvão mineral.
- Utilização de matérias-primas provenientes de resíduos, diminuindo o custo do material desenvolvido.
- Fácil processamento na aplicação de novos produtos.
- Não geração de resíduo no processamento e sendo possível o reprocessamento.
- Inserção de novos materiais sustentáveis frente ao nicho econômico de produtos ecologicamente corretos.
- O mercado mundial de materiais de construção sustentável deverá ter um acréscimo de 116 bilhões de dólares em 2013, para 254 bilhões de dólares em 2020.

### **Exemplos**

**[0052]** Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de mostrar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da

mesma.

#### Exemplo 1 – Preparação do compósito

**[0053]** A preparação dos polímeros para formulação dos compósitos, consistiu na separação dos materiais por tipo de polímero, posto que a finalidade é simular um sistema de triagem e separação seletiva de resíduos urbanos. Com os materiais separados, foi realizado o processo de secagem dos polímeros a 60°C durante 24 h, após foram triturados em moinho de navalha para diminuição e homogeneidade na granulometria do material utilizado.

**[0054]** O resíduo de carvão mineral foi preparado com a secagem em estufa de 105°C a 110 °C, até apresentar constância de massa, cerca de 16 h. Após, a amostra foi pulverizada em moinho de bolas planetário até atingir granulometria passante em peneira com abertura de 0,05 mm.

**[0055]** A confecção dos compósitos foi realizada inicialmente com a homogeneização dos materiais em um misturador dinâmico, o equipamento utilizado foi o ThermoScientific™ HAAKE™ Rheomix, durante 10 minutos em uma velocidade de 50 rpm a temperatura de 120°C.

**[0056]** Para confecção dos corpos de prova após a homogeneização no misturador dinâmico, as amostras foram trituradas em um moinho de navalhas, com o intuito de obter grãos homogêneos para prensagem dos corpos de prova.

**[0057]** A moldagem foi realizada em uma prensa hidráulica Carver Monarch Modelo 371, nas condições de temperatura de 180 °C, durante 3 minutos e 5 toneladas de carga. O material compósito obtido compreende frações de 20% a 80% de resíduo de carvão mineral/polietileno de baixa densidade reciclado formulados em peso/peso. As porcentagens na formulação do material compósito esta condicionado as suas propriedades características de cada faixa de formulação e finalidade na aplicação do material. Sendo assim, qualquer formulação na faixa de 20% a 80% é potencialmente aplicável. O dito material compósito obtido com fracionamento de 20 a 80% de reforço é apresentado na Figura 1.

### Exemplo 2 - Caracterização do material compósito

**[0058]** As propriedades dos compósitos obtidos com 20 a 80% de reforço (resíduo da lavra de carvão mineral) e polietileno de baixa densidade (PEBD) (reciclada) foram investigadas por reologia, MEV, tração à ruptura, módulo de elasticidade, dureza Shore D, índice de fluidez, densidade, absorção de água, condutividade térmica, calorimetria exploratória diferencial, análise termogravimétrica e ecotoxicidade aguda.

**[0059]** As metodologias utilizadas na caracterização do material compósito foram:

- Reometria de torque: ensaio realizado em um misturador dinâmico ThermoScientific™ HAAKE™ Rheomix, com rotores tiporoller, rotação de 50 rpm, temperatura de 120 °C, tempo de 10 min e massa de 50 g;
- Microscopia óptica de varredura (MEV): a análise de morfologia do material foi conduzida no equipamento JSM 6060 em 500X e 2200X;
- Tração à ruptura: a norma utilizada para caracterização de ensaio mecânico de tração à ruptura foi a ASTM D3039;
- Módulo de elasticidade: a norma utilizada para caracterização do módulo de elasticidade foi a ASTM E111;
- Dureza Shore D: Os ensaios foram realizados de acordo com a ASTM D2240, utilizando equipamento do tipo durômetro, modelo ID-51012M Tedok;
- Índice de fluidez: o ensaio foi realizado conforme a ASTM D1238, em temperatura de 220 °C e 10 Kg de carga;
- Densidade: os ensaios de densidade foram realizados de acordo com a norma NBR 13440;
- Absorção de água: os ensaios de absorção de água foram realizados de acordo com a norma NBR 10836;
- Condutividade térmica: os ensaios de condutividade térmica foram realizados conforme a norma NBR 15220;
- Calorimetria exploratória diferencial (DSC): o ensaio foi realizado conforme a

ASTM E793-06;

- Análise termogravimétrica (TGA): a norma utilizada para o ensaio de termogravimetria foi ASTM E1131.

- Ecotoxicidade aguda: a norma utilizada para avaliação de ecotoxicidade foi US EPA 850.

#### Resultados das metodologias

**[0060]** A seguir serão discutidos os resultados referentes as metodologias acima mencionadas para caracterização do material compósito.

#### Reometria de torque

**[0061]** A Figura 2 ilustra os resultados de reometria do torque do material compósito. De acordo com os resultados a diferença da força de torque nas amostras dos compósitos em relação à amostra de PEBD pode ser analisada em termos da viscosidade da suspensão de partículas sólidas na matriz polimérica fundida. Nas amostras compósitas o torque aumenta com o aumento da fração de reforço no sistema. Em todas as amostras não houve degradação da matriz polimérica durante o processamento.

#### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

**[0062]** A Figura 3 ilustra os resultados das análises morfológicas dos materiais compósitos, nas micrografias podem ser observadas irregularidades nas superfícies das fraturas e ocorre uma diminuição do tamanho dos poros nas amostras com maior fração de carga. As amostras com 60 e 80 % de carga na formulação, apresentam uma dispersão homogênea dos grãos da carga por toda matriz (setas amarelas), melhorando o desempenho da interface matriz/carga.

#### Tração à ruptura

**[0063]** A Figura 4 ilustra os resultados de tração à ruptura, os resultados demonstram o aumento na resistência mecânica do compósito o que está relacionado ao aumento da fração de reforço na formulação do material. No compósito com fração de reforço de 80 %, o material mostrou uma resistência à tração à ruptura de 17 MPa, conferindo-lhe uma resistência 140 % maior que

a matriz controle de PEBD, com cerca de 7 MPa.

#### Módulo de elasticidade

**[0064]** A Figura 5 ilustra os resultados de módulo de elasticidade dos materiais compósitos, no qual é possível avaliar que a rigidez do material tende a aumentar significativamente com o aumento da fração de reforço. Posto que nas amostras com 80 % de reforço, foi obtido um módulo de elasticidade 400 % superior ao resultado do controle PEBD. Essa diferença do aumento de rigidez do material compósito pode ser explicada por uma interface eficiente entre a matriz polimérica e o reforço.

#### Dureza Shore D

**[0065]** A Figura 6 ilustra os resultados de dureza Shore D. Analisando-se os resultados pode-se observar que compósitos com maior fração de reforço, apresentaram valores de dureza maiores quando comparados aos compósitos de menores frações de reforço e a amostra controle de PEBD. Todos os materiais apresentaram diminuição gradativa em relação ao tempo de penetração do indentador. Os resultados indicam que quanto maior a fração de reforço na formulação, a resistência mecânica à penetração de outro corpo tende a aumentar. As amostras de 60 e 80% de reforço não apresentaram diferença significativa em relação ao desvio padrão das amostragens.

#### Índice de fluidez

**[0066]** A Figura 7 ilustra os resultados de índice de fluidez dos materiais compósitos. Os resultados demonstram a diminuição da fluidez dos sistemas em relação ao aumento da fração do reforço na formulação do material compósito. De tal forma, havendo uma diminuição de 604 % no índice de fluidez do compósito com 80 % de reforço em relação à matriz PEBD.

#### Densidade dos materiais compósitos

**[0067]** A Figura 8 apresenta os resultados de densidade dos materiais compósitos. Os resultados demonstram que as densidades dos compósitos tendem a aumentar com o acréscimo da fração de reforço no material. A amostra do compósito com 80 % de reforço obteve aumento percentual de

95,35 %, indicando o reforço como fator principal na característica de densidade do compósito.

#### Absorção de água

**[0068]** A Figura 9 ilustra os resultados de absorção de água dos materiais com compósitos, os resultados demonstram a diminuição da absorção de água do compósito com o aumento da fração da matriz PEBD na formulação do material. Entretanto, com 80 % de reforço na formulação do compósito a absorção de água não ultrapassou 1 %.

#### Condutividade térmica

**[0069]** A Figura 10 ilustra os resultados de condutividade térmica dos materiais compósitos. Na amostra com 80 % de reforço obteve-se uma condutividade de 0,1887 W/mK e para a amostra controle de PEBD uma condutividade de 0,1871 W/Mk, de tal forma que a adição de reforço aumenta a condutividade, porém o aumento é relativamente baixo não comprometendo a baixa condutividade da matriz.

#### Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

**[0070]** A Figura 11 ilustra os resultados do DSC, através dos resultados é possível observar que a temperatura de fusão dos compósitos para todas as diferentes formulações continuou a mesma em relação ao PEBD, de tal forma que o reforço não alterou a temperatura de fusão da matriz. As curvas de resfriamento das amostras apresentam pico exotérmico referente a cristalização do material compósito em torno de 105 °C, indicando que a adição de reforço não alterou a temperatura de cristalização do material compósito em relação ao PEBD controle. Entretanto, no caso dos compósitos formulados houve diminuição no grau de cristalinidade da matriz indicando que o aumento da fração de reforço tende a impedir a organização estrutural no momento da cristalização.

#### Análise termogravimétrica (TGA)

**[0071]** A Figura 12 ilustra os resultados de TGA, conforme os resultados apresentados observa-se que os compósitos sofrem degradação térmica

acentuada a partir de 400 °C, sendo a temperatura de degradação da matriz polimérica. Os resultados indicam que nos compósitos com 80 % de reforço a  $T_{inicial}$  teve um acréscimo de 15 °C em relação ao PEBD controle. Essa característica de melhora no comportamento de degradação térmica é atribuída ao efeito de barreira provocado pela boa dispersão dos grãos de reforço mineral, dificultando a difusão de produtos voláteis e também do calor através do material polimérico.

#### Ecotoxicidade aguda

**[0072]** A Figura 13 ilustra os resultados de ecotoxicidade dos materiais compósitos. O ensaio de índice de germinação nas sementes de *Lactuca sativa* foi utilizado como parâmetro de avaliação de ecotoxicidade do material compósito. Os resultados demonstram que a formulação de compósitos com PEBD, indiferente da fração de matriz utilizada, tende a manter o índice de germinação das sementes de *Lactuca sativa* dentro dos limites toleráveis, caracterizando os materiais compósitos como atóxico para o bioindicador utilizado.

**[0073]** Perante os resultados obtidos, a pretensão na aplicação do material compósito se destina ao uso do reforço contendo 80 % em peso do resíduo de carvão mineral. Considerando a abundância deste material, o custo empregado no controle dos impactos ambientais gerados por este resíduo e as propriedades necessárias para determinada aplicação, faz com que se busque o uso na maior proporção possível do resíduo de carvão mineral.

**[0074]** As propriedades do material compósito demonstram a possibilidade do uso na formulação de materiais de construção, tais como tijolos, telhas e etc. 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. Compósito **caracterizado** por compreender:
  - pelo menos uma matriz polimérica;
  - pelo menos um reforço composto de resíduo de carvão mineral;em que a fração matriz polimérica/reforço composto de resíduo de carvão mineral é de 20 a 80% em peso.
2. Compósito de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pela matriz polimérica ser composta de polietileno de baixa densidade reciclado.
3. Compósito de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo resíduo de carvão mineral ser composto de quartzo e pirita.
4. Compósito de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo reforço composto de resíduo de carvão mineral estar na faixa de 20 a 80% em peso do dito compósito.
5. Uso do compósito, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado** como componente de tijolo de encaixe, telhas, produtos de arquitetura e/ou de design de interiores.
6. Processo de produção do compósito, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado** por compreender as seguintes etapas:
  - a) preparação do resíduo de carvão mineral e da matriz polimérica através da secagem e moagem;
  - b) mistura do resíduo de carvão e a matriz polimérica no estado fundido;e,
  - c) compactação da massa compósita em uma prensa térmica num dispositivo de moldagem.
7. Processo de produção do compósito, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** por na etapa (a) a secagem da matriz polimérica ocorrer a 60 °C por 24h e a moagem ser feita em moinho de navalha.
8. Processo de produção do compósito, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** por na etapa (a) a secagem do carvão mineral ocorrer em



estufa em uma faixa de 100 °C a 105 °C e a moagem ser feita em moinho de bolas planetário.

9. Processo de produção do compósito, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 8, **caracterizado** pela etapa (b) ocorrer em misturador dinâmico por 10 minutos a 50 rpm e 120 °C.

10. Processo de produção do compósito, de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 9, **caracterizado** pela etapa (c) ocorrer em prensa hidráulica a 180 °C, por 3 minutos e com 5 toneladas de carga.

**FIGURAS**



Figura 1

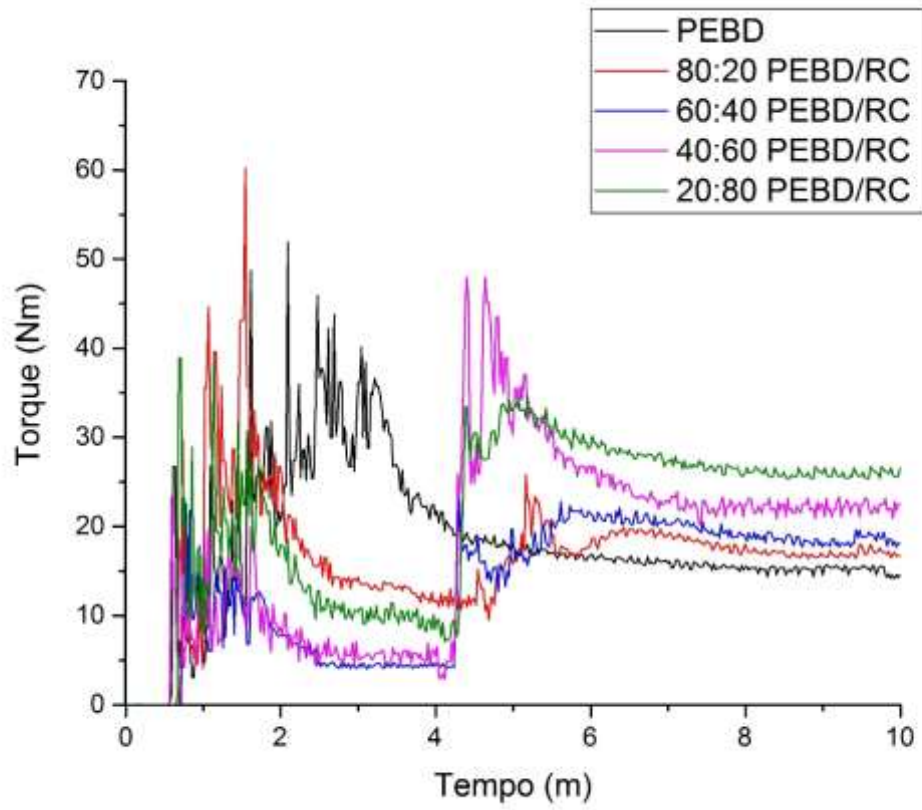


Figura 2

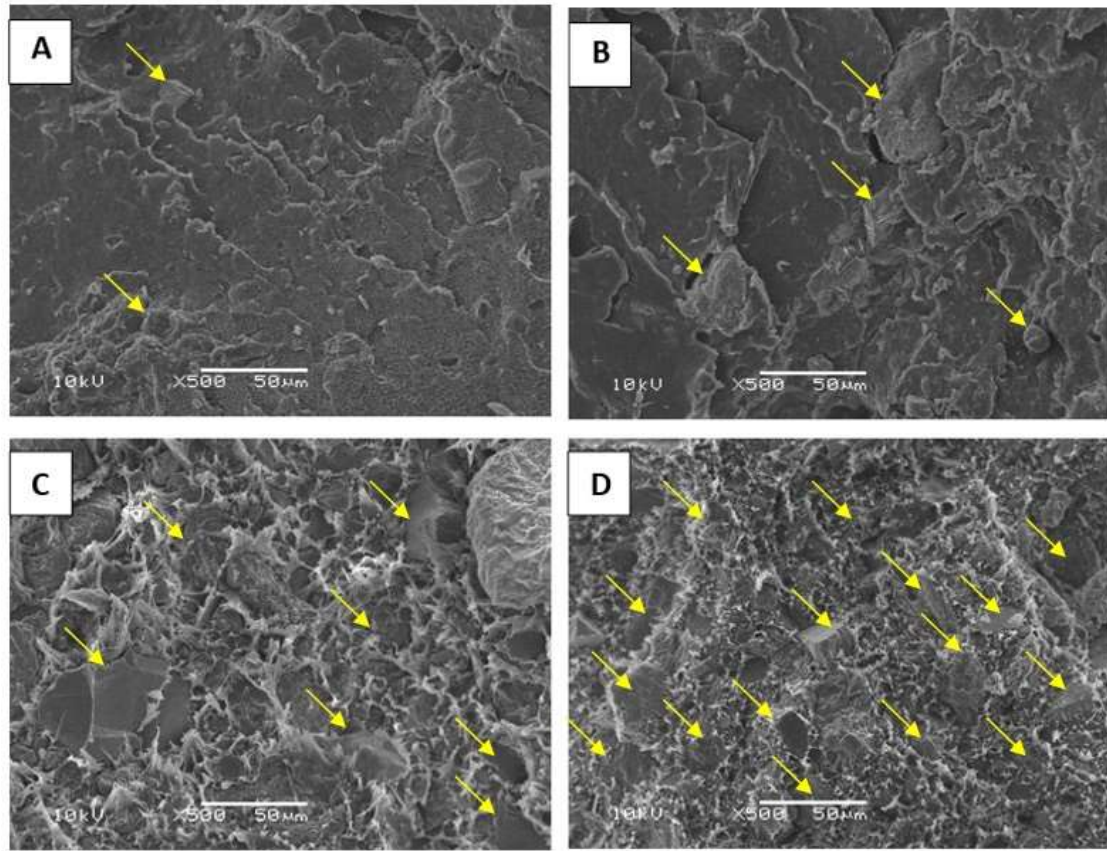


Figura 3

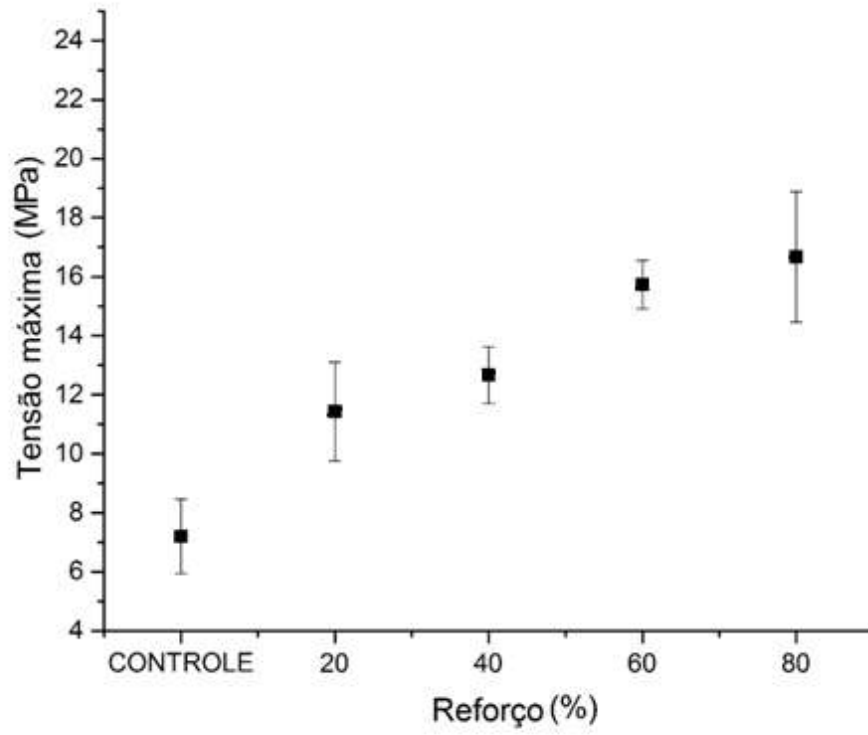


Figura 4

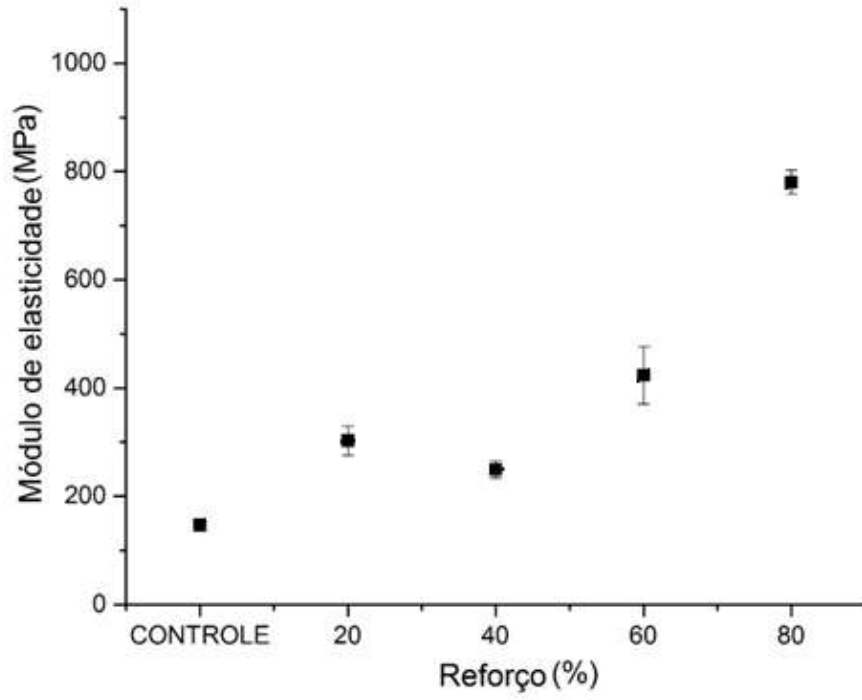


Figura 5

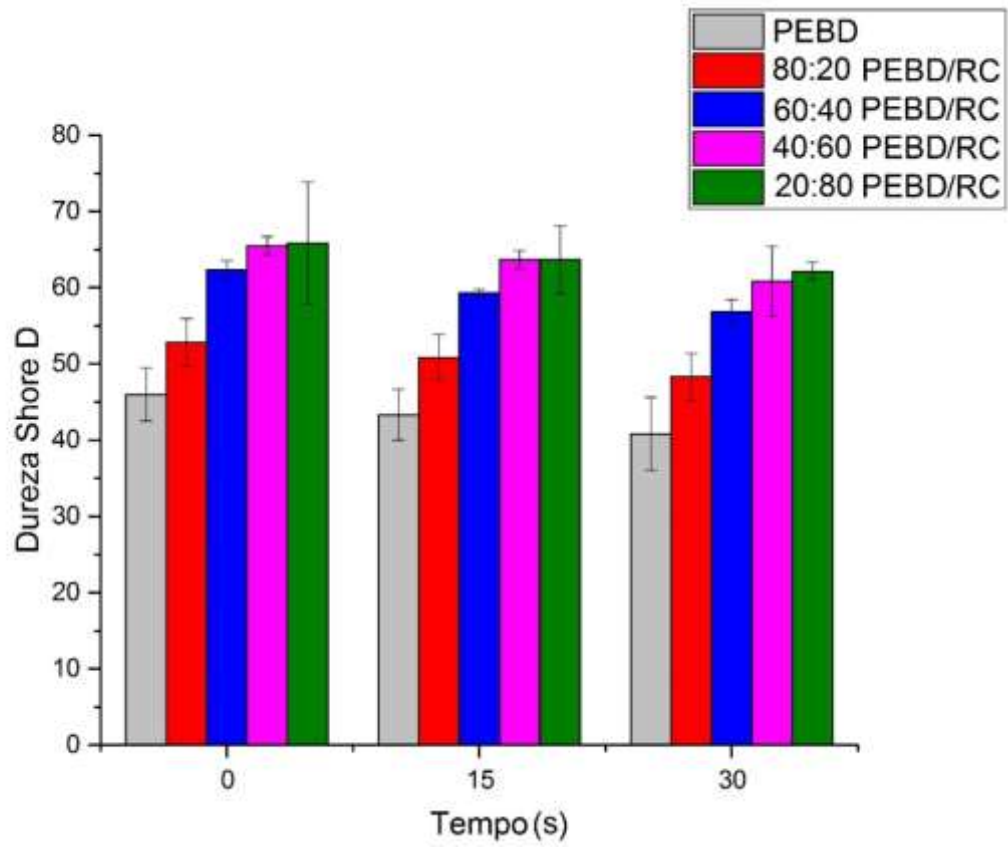


Figura 6

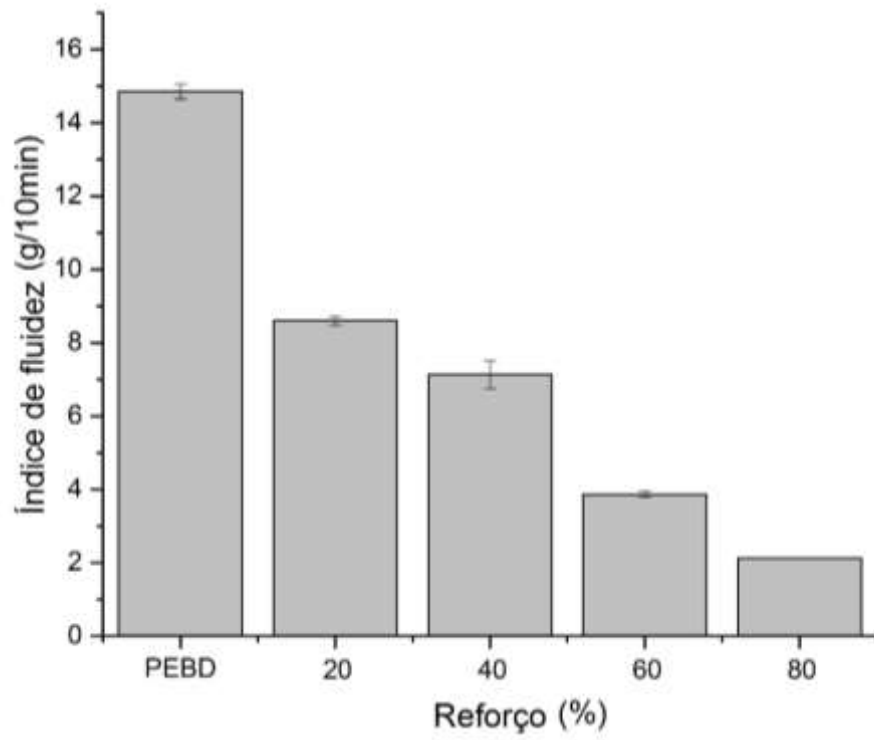


Figura 7



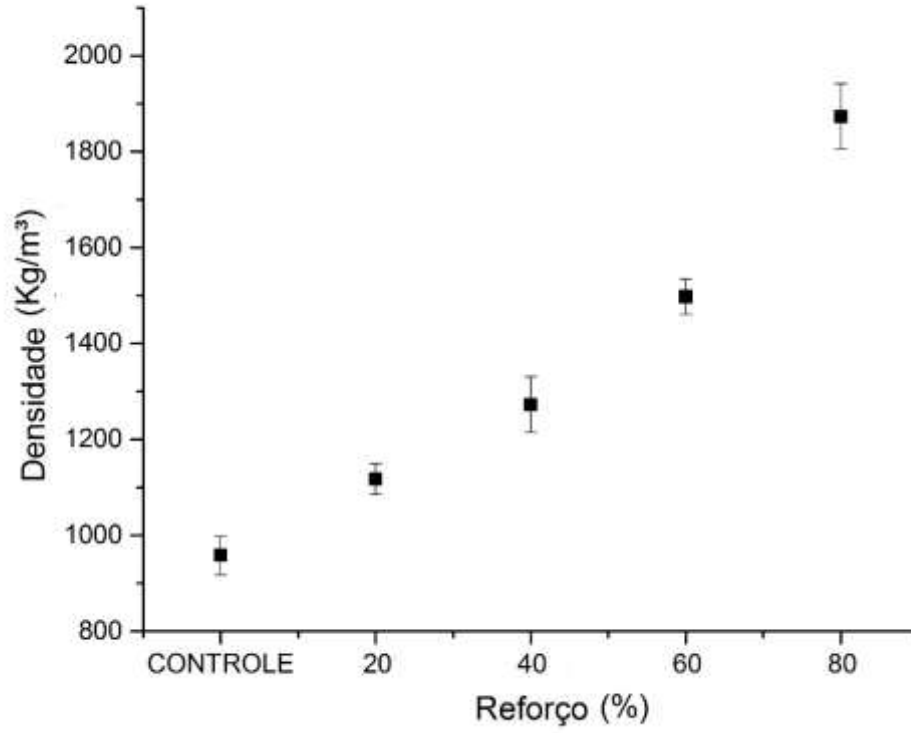


Figura 8

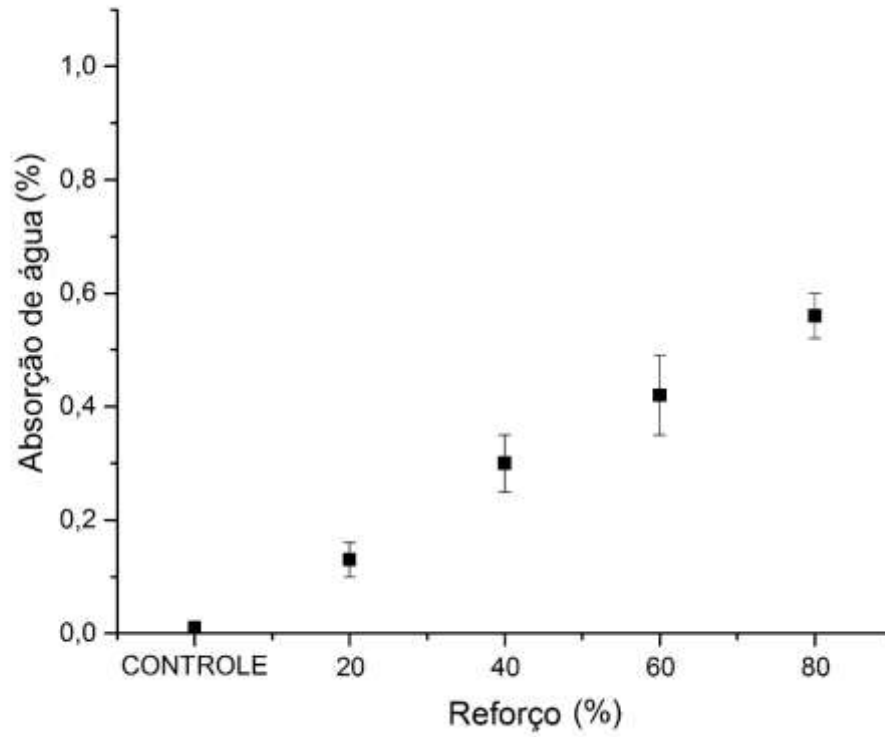


Figura 9

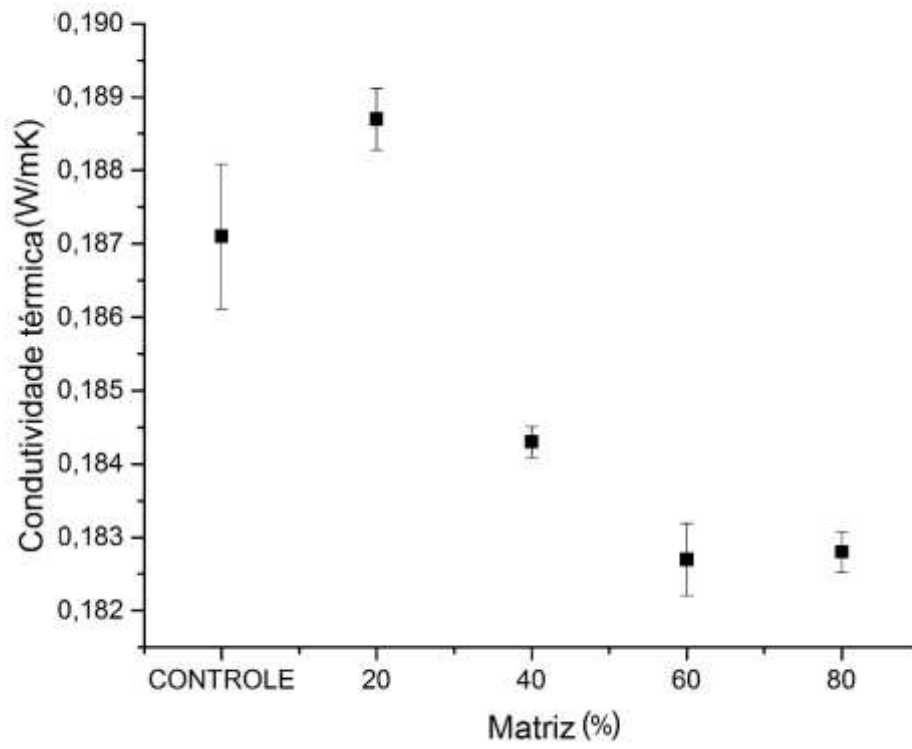


Figura 10

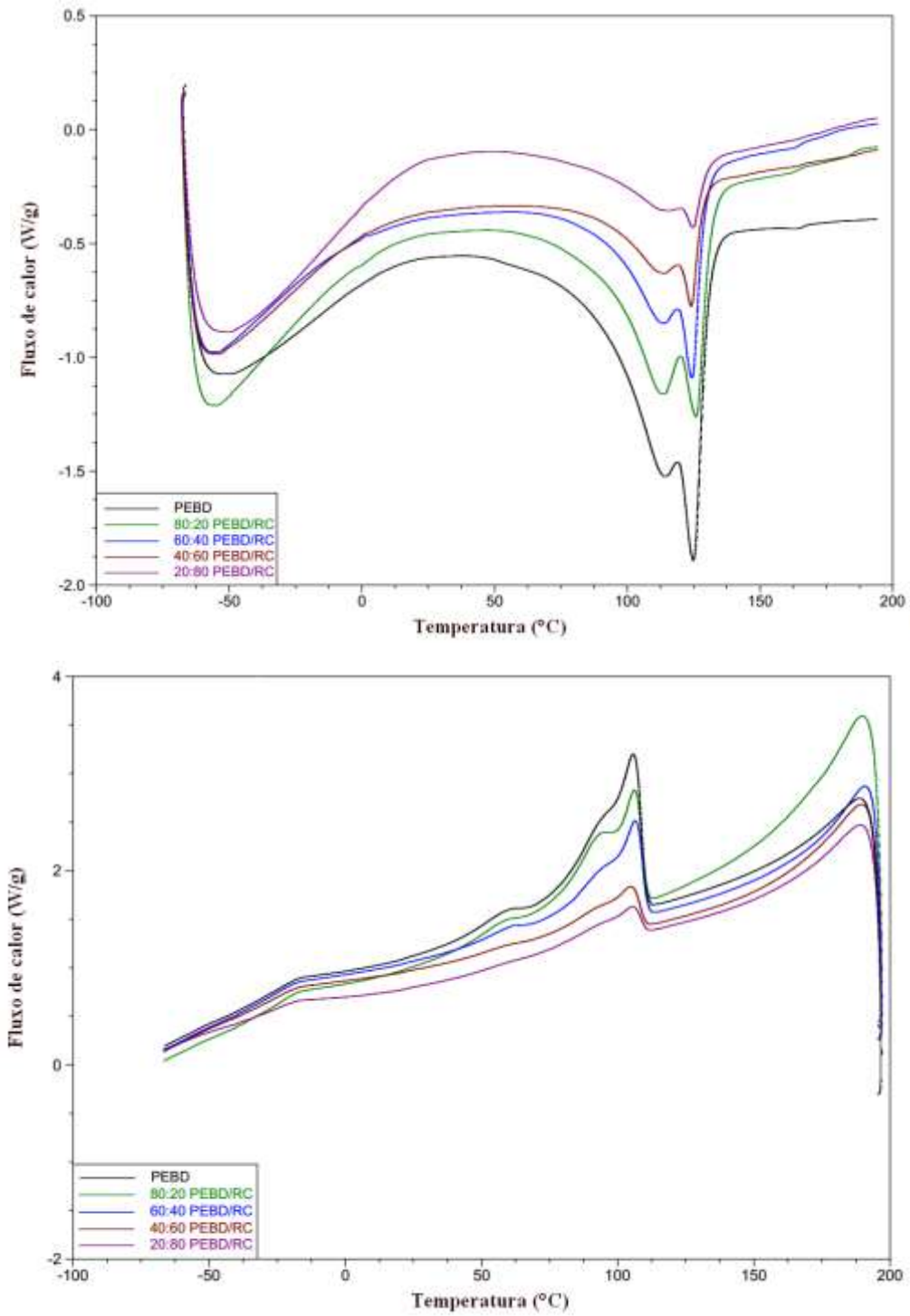


Figura 11

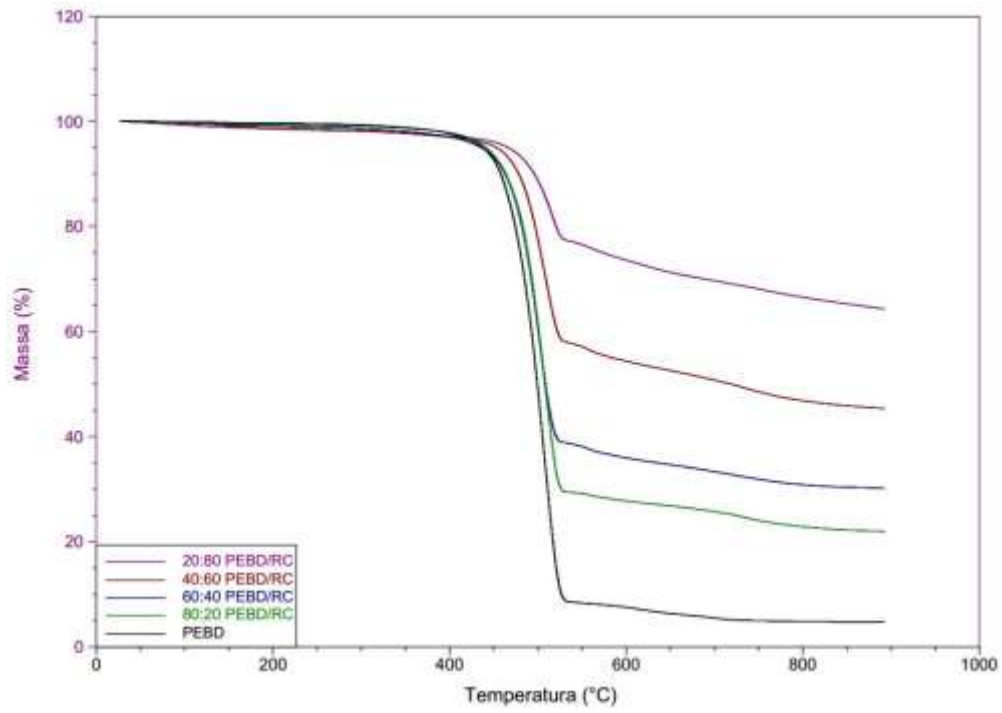


Figura 12

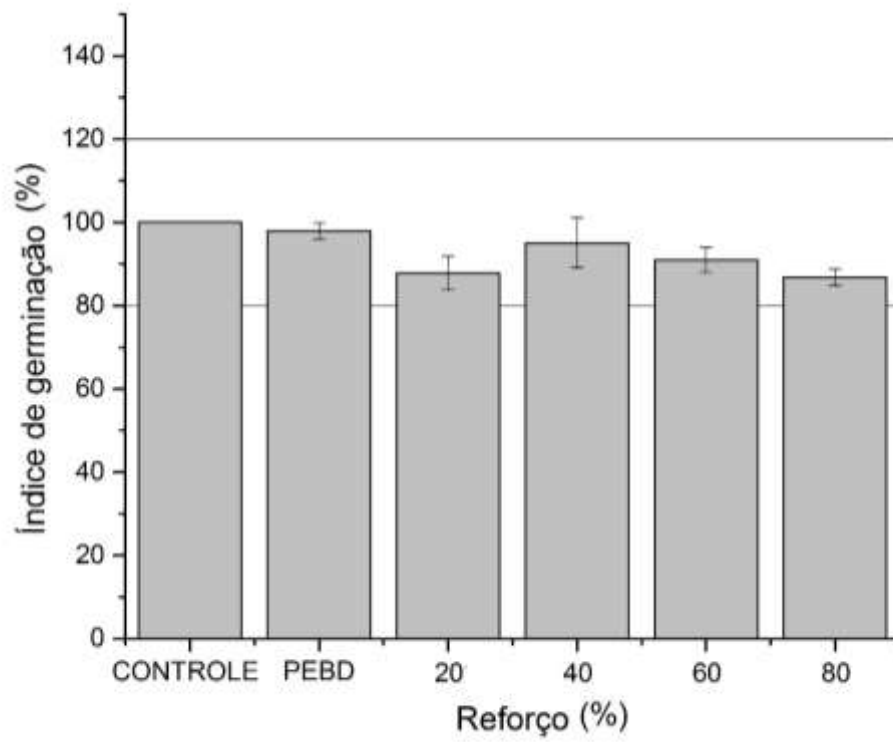


Figura 13

**Resumo****COMPÓSITO COMPREENDENDO MATRIZ POLIMÉRICA E REFORÇO  
COMPOSTO DE RESÍDUO DE CARVÃO MINERAL, USO E PROCESSO DE  
PRODUÇÃO DO MESMO**

A presente invenção descreve um compósito que compreende pelo menos uma matriz polimérica e pelo menos um reforço composto de resíduo de carvão mineral. Descreve também o uso do dito compósito como componente de tijolo de encaixe, telhas, produtos de arquitetura e/ou de design de interiores e processo de produção do dito compósito. Descreve ainda o processo de produção do compósito. A presente invenção se situa nos campos da Engenharia de Materiais, construção civil, arquitetura e eco design.