



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

**(21) BR 102020024689-5 A2**



**(22) Data do Depósito: 03/12/2020**

**(43) Data da Publicação Nacional: 14/06/2022**

---

**(54) Título:** OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE BLINDAGEM MULTICAMADAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER COM FIBRA DE PIAÇAVA FUNCIONALIZADA COM ÓXIDO DE GRAFENO

**(51) Int. Cl.:** C08G 63/00; B29C 70/00; B82Y 30/00.

**(52) CPC:** C08G 63/00; B29C 70/00; B82Y 30/00.

**(71) Depositante(es):** ARTUR CAMPOSO PEREIRA; SERGIO NEVES MONTEIRO.

**(72) Inventor(es):** SERGIO NEVES MONTEIRO.

**(57) Resumo:** OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE BLINDAGEM MULTICAMADAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER COM FIBRA DE PIAÇAVA FUNCIONALIZADA COM ÓXIDO DE GRAFENO. A atual invenção apresenta otimização da espessura da primeira camada e consequentemente redução do peso do sistema blindagem multicamadas. O uso de sistemas de blindagem multicamadas utilizando materiais compósitos de matriz polimérica reforçada com fibras naturais tem sido estudado como potencial candidato para substituição desses mesmos sistemas que empregam fibras sintéticas na sua estrutura, como a fibra de aramida. No entanto, quando consideramos outros materiais, é necessário que o sistema blindagem multicamadas com compósitos de fibra natural apresentem uma diminuição de peso do sistema. O sistema é composto de cerâmica de alumina como primeira camada e compósito de matriz poliéster reforçado com fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno como segunda camada. A espessura da camada cerâmica é variada desde 10 até 7 mm. Suas características tornam tão resistente quanto economicamente vantajoso para utilização em blindagens balísticas multicamadas visando proteção contra disparos de fuzil (calibre 7,62 mm) de alto poder de impacto. A redução da espessura apresenta resultados abaixo daqueles previstos em norma mesmo com 7 mm de primeira camada, e ainda uma redução no custo e peso. A presente invenção descreve ainda (...).

## **RELATÓRIO DESCRITIVO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

### **OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE BLINDAGEM MULTICAMADAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER COM FIBRA DE PIAÇAVA FUNCIONALIZADA COM ÓXIDO DE GRAFENO**

#### **Campo da Invenção**

[001] A presente invenção descreve otimização da espessura da primeira camada e consequentemente redução do peso do sistema blindagem multicamadas. O sistema é composto de cerâmica de alumina como primeira camada e compósito de matriz poliéster reforçado com fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno como segunda camada. Este compósito tem características adequadas para aplicação em blindagens balística multicamada visando proteção contra disparo de fuzil com munição de alto poder de impacto. A redução da espessura apresenta resultados abaixo daqueles previstos em norma mesmo com 7 mm de primeira camada, e ainda uma redução no custo e peso. A presente invenção revela também o processo para a fabricação do material.

#### **Antecedentes da Invenção**

[002] Materiais compostos de matriz poliéster reforçada com fibras ou tecidos naturais, produzidos a partir destas fibras, vem sendo utilizados desde a metade do século 20 em setores industriais como o automobilístico e o de construção civil. Entretanto, não há registro de utilização em blindagens para proteção balística.

[003] Na proteção balística empregada em coletes pessoais e viaturas militares, além de materiais metálicos e cerâmicos, são também utilizados compostos poliméricos reforçados com fibras ou tecidos sintéticos.

[004] Isoladamente, materiais compostos poliméricos reforçados com fibras ou tecidos naturais não possuem desempenho balístico satisfatório. Entretanto, como parte intermediária de um sistema multicamada, apresentam desempenho comparável aos materiais sintéticos e um custo muito mais baixo.

[005] O documento de patente PI 8800573-A (Brasil, 1989) descreve um “Compósito rígido de matriz de resina poliéster, fenólica ou poliamida reforçada com filamentos p-aramida contínuos revestidos com cerca de 0,2 a 5% em peso, de um modificador de adesão sólido, de desempenho balístico significativamente aperfeiçoado, peso mais leve, e densidade de área reduzida para um dado nível de desempenho balístico”, contudo não trata de fibra ou tecido natural, somente a poliamida que é sintética e de alto custo.

[006] O documento WO2010/091476-A1 (EUA, 2010), descreve um “Tecido balístico composto de 65 a 80% de fibras de poliamida entrelaçadas com 20 a 35% de fibras animal ou algodão. A fibra animal preferida é a lã e a mistura preferida é 25% lã com 75% de fibras poliaramida. O poliaramida preferido é o Kevlar”. Diferente da presente invenção, somente  $\frac{1}{4}$  das fibras de fibras naturais, animal ou algodão, são mescladas com  $\frac{3}{4}$  de fibras sintéticas.

[007] O documento JP5877431-132 (Japão, 2011) descreve um “Um material compósito reforçado com fibra compreende um fio de fibra compósita 1 com ondulação que é formado pelo ponto enrolado de um fio envolvente 5 de um fio de fibra sintética termoplástica num feixe de fibra de carbono 3 e / ou um fio de fibra natural 4 com estes fios sujeitos a tensão variada”. Entretanto, o compósito só utiliza fibras sintéticas, termoplástica ou de carbono.

[008] O documento WO2012/093167-A1 (França, 2012) descreve um “Material compósito injetável, incluindo: (a) 28 a 95% em peso de um copolímero de polipropileno / polietileno; (b) 0 a 10% em peso de um intensificador de fluxo; (c) 1 a 20% em peso de um modificador de impacto; (d) 1 a 20% de agente compatibilizante; e (e) 3 a 70% em peso de fibras naturais, em que o copolímero de polipropileno / polietileno forma uma matriz. A invenção também se refere ao método para preparar o dito material compósito, bem como a um método para usá-lo na fabricação de peças por injeção ou sobremoldagem”. Embora trate de compósito reforçado com fibra natural, não há indicação para uso em blindagem balística.

[009] O documento CN207904438-V (Chile, 2018) descreve “Fio resistente e durável a base da mistura de juta natural e PET, o qual é constituído por um compósito que compreende a camada da fibra da juta, a camada da fibra do polipropileno, a camada da fibra do PET, a camada da fibra do poliuretano, a camada adesiva e a camada de fibra de nylon”. Embora contenha fibra de juta, não há indicação de que o fio possa ser utilizado em blindagem.

[0010] Nenhum dos documentos de patente mencionados acima se assemelha à presente invenção pois não tratam especificamente de compósito reforçado exclusivamente com fibra natural (fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno) para uso em blindagem balística multicamada.

### **Sumário da Invenção**

[0011] O objetivo geral da invenção é otimização da espessura da primeira camada e consequentemente redução do peso do sistema blindagem multicamadas.

[0012] O objetivo específico é fabricar placas cerâmicas de espessura que variada 7, 8, 9 e 10 mm.

[0013] A fabricação das cerâmicas compreende a maceração e peneiramento para obtenção do pó. Prensagem sob uma pressão de 30 MPa e gerar corpos verdes que são levados ao forno para serem sinterizados

[0014] É objetivo final desta invenção é redução da espessura do material cerâmico caracterizado pela diminuição no custo e peso. Além do uso de placa de material compósito como parte de um sistema de blindagem multicamada para proteção, pessoal e de viaturas militares, contra disparo de fuzil com munição de alto poder de impacto.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

[0015] Os materiais empregados nesta invenção correspondem a: (i) resina líquida de poliéster juntamente com o endurecedor na proporção de 13% em peso, ambos comercialmente disponíveis no Brasil; (ii) fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno.

[0016] A fabricação da placa de compósito é feita em um molde de aço com uma base de enchimento e uma tampa de fechamento. Parafusos ligando as duas partes do molde permitem total vedação e facilidade na desmoldagem.

[0017] O molde de aço descrito no item [0017] é produzido sob encomenda em oficina mecânica especializada, encontrada em qualquer grande cidade do país.

[0018] Para facilitar a desmoldagem da placa é utilizada, antes do processo, graxa de silicone, disponível no Brasil, aplicada nas superfícies internas do molde.

[0019] O processo de fabricação consiste em intercalar cortes retangulares da fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno, de mesma dimensão interna do molde, com resina poliéster misturada ao endurecedor na proporção de 13% em peso. A quantidade de 30% de fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno e é antecipadamente determinada com base na densidade dos materiais utilizados.

[0020] Após o preenchimento do molde com a fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno e com a resina líquida, é colocada a tampa do molde, fechada com auxílio de parafusos. O molde preenchido é fechado e então levado a uma presa hidráulica, com capacidade para 30 toneladas, e comumente disponível no Brasil.

[0021] O molde instalado na prensa é então submetido a uma pressão de 5 Mpa que permite completo escoamento da resina líquida por entre a fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno.

[0022] O molde preenchido e sob pressão permanece por 5 horas à temperatura ambiente, o que permite endurecimento da resina poliéster pela ação do endurecedor.

[0023] O desmoldamento da placa é realizado por ação inversa dos parafusos que vedaram a placa.

[0024] A placa desmoldada, como ilustrado na Figura 2, é levada a uma estufa para pós-cura da matriz de poliéster em temperatura e tempo controlados para que se atinja as máximas resistência e tenacidade do compósito.

### **Uso do Compósito em Blindagem Balística**

[0025] O material compósito de poliéster reforçada com fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno tem como principal finalidade o uso na forma de uma placa para um sistema de blindagem multicamada visando a proteção contra disparo de fuzil com munição de alto poder de impacto. Esta proteção corresponde ao nível III da norma internacional relacionada com projétil calibre 7,62 mm ou 5,56 mm.

[0026] No sistema de blindagem multicamada, plaquetas de cerâmica compõem a camada frontal responsável pela erosão do projétil e dissipação de boa parte da energia de impacto. A placa de compósito, como segunda camada, é colada às plaquetas cerâmicas com adesivo de poliuretano.

[0027] A placa de compósito, como segunda camada, tem como função capturar a nuvem de fragmentos resultantes do impacto do projétil contra a camada frontal de plaquetas cerâmicas.

[0028] A captura dos fragmentos pela placa de compósito ocorre por mecanismos de incrustação nas fibras de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno. Os fragmentos, tanto metálicos do projétil quanto cerâmicos da camada frontal são muito mais duros e penetram com facilidade nas fibras de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno.

[0029] A quantidade de 30% de fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno no compósito é suficiente para evitar a fragmentação da frágil matriz polimérica de poliéster. Isto permite que a placa de compósito mantenha sua integridade para proteção contra disparos subsequentes de fuzil.

[0030] O desempenho balístico da placa de compósito de poliéster reforçada com fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno é comparável ao de placas, com a mesma dimensão, feitas com tecidos sintéticos como o Kevlar® que é pelo menos 5 vezes mais caro.

[0031] A redução da espessura apresenta resultados abaixo daqueles previstos em norma mesmo com 7 mm de primeira camada, e ainda uma redução no custo e peso.

## **REIVINDICAÇÕES**

1. Material composto **caracterizado por** polímero termofixo reforçado com fibra natural.
2. Material composto da reivindicação 1 é, em termos de engenharia, **caracterizado por** um compósito pelo fato de ter boa adesão da fase dispersa, que é uma fibra natural, e a matriz polimérica como fase contínua.
3. Compósito indicado na reivindicação 2 será **caracterizado por** processo de uma matriz de polímero de poliéster incorporada com 30 % em volume de fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno.
4. Processo de fabricação **caracterizado por** um preparo do compósito descrito na reivindicação 3 compreende as seguintes etapas
  - ✓ Acomodar a fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno, correspondente à proporção desejada de 30% em volume dentro de molde metálico adequado;
  - ✓ Adicionar resina de poliéster ainda fluida e tampar o molde.
5. Os detalhes do processamento da reivindicação 4 são **caracterizados por**:
  - ✓ Molde metálico retangular com dimensões de placa balística para uso em colete pessoal ou veículo militar;
  - ✓ Aplicar no molde tampado, já preenchido com o tecido e resina de poliéster, uma pressão de 5 MPa na temperatura ambiente por um período de 5 horas.
6. O processo **caracterizado por** reivindicações 3 a 5 permite fabricar placas com espessura de até 50 mm e dimensões laterais de até 300 mm em moldes de aço ao carbono especificados para tal.
7. O processo **caracterizado por** reivindicação 5 consiste na desmoldagem da placa com auxílio de parafusos de encaixe facilitada pelo uso de graxa de silicone, previamente aplicada na superfície interna do molde.
8. A placa de compósito **caracterizado por** fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno reforçando matriz poliéster é própria para uso como camada em

blindagem balística visando proteção contra disparo de fuzil com munição calibres 7,62 mm ou 5,56 mm.

9. O material cerâmico é **caracterizado por** espessuras de 7, 8, 9 e 10 mm compreendendo as seguintes etapas

- ✓ Utilizar a alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dopada com nióbia ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) na proporção na de 4% em massa com geometria hexagonal;
- ✓ Os pós de alumina, nióbia e o polietileno glicol, em fase líquida, são pesados e acondicionados em um moinho de bolas de alumina por 12h;
- ✓ Deixar por 48h em uma estufa a 80°C para secagem.

10. Processo de fabricação **caracterizado por** um preparo da cerâmica descrito na reivindicação 9 compreende as seguintes etapas

- ✓ Maceração e peneiramento para obtenção do pó;
- ✓ Prensagem sob uma pressão de 30 MPa;
- ✓ Corpos verdes são levados ao forno para serem sinterizados.

11. Blindagem multicamada, **caracterizado por** uma placa de compósito da presente invenção está colada com adesivo poliuretano a uma camada frontal de cerâmica, responsável por erodir o projétil e atenuar seu impacto.

12. Compósito no sistema balístico multicamada **caracterizado por** função de capturar os fragmentos de cerâmica e projétil resultantes do impacto frontal.

13. A redução da espessura do material cerâmico **caracterizado por** diminuição no custo e peso.



**RESUMO****OTIMIZAÇÃO DE SISTEMA DE BLINDAGEM MULTICAMADAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ POLIÉSTER COM FIBRA DE PIAÇAVA FUNCIONALIZADA COM ÓXIDO DE GRAFENO**

A atual invenção apresenta otimização da espessura da primeira camada e conseqüentemente redução do peso do sistema blindagem multicamadas. O uso de sistemas de blindagem multicamadas utilizando materiais compósitos de matriz polimérica reforçada com fibras naturais tem sido estudado como potencial candidato para substituição desses mesmos sistemas que empregam fibras sintéticas na sua estrutura, como a fibra de aramida. No entanto, quando consideramos outros materiais, é necessário que o sistema blindagem multicamadas com compósitos de fibra natural apresentem uma diminuição de peso do sistema. O sistema é composto de cerâmica de alumina como primeira camada e compósito de matriz poliéster reforçado com fibra de piaçava funcionalizada com óxido de grafeno como segunda camada. A espessura da camada cerâmica é variada desde 10 até 7 mm. Suas características tornam tão resistente quanto economicamente vantajoso para utilização em blindagens balísticas multicamadas visando proteção contra disparos de fuzil (calibre 7,62 mm) de alto poder de impacto. A redução da espessura apresenta resultados abaixo daqueles previstos em norma mesmo com 7 mm de primeira camada, e ainda uma redução no custo e peso. A presente invenção descreve ainda detalhes técnicos relevantes para a produção do compósito incluído a faixa de composição bem como as condições de temperatura e pressão adequadas ao seu desempenho balístico.