



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

(11) PI 1007429-5 B1



(22) Data do Depósito: 05/01/2010

(45) Data de Concessão: 02/02/2021

(54) Título: MATERIAL COMPÓSITO ESTRUTURAL

(51) Int.Cl.: B32B 5/26; B32B 5/28; B32B 7/02; B29C 70/08; B32B 27/02; (...).

(30) Prioridade Unionista: 06/01/2009 US 61/142857.

(73) Titular(es): CYTEC TECHNOLOGY CORP..

(72) Inventor(es): CARMELO LUCA RESTUCCIA; CARMELO LOFARO.

(86) Pedido PCT: PCT GB2010000008 de 05/01/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/079322 de 15/07/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 06/07/2011

(57) Resumo: MATERIAL COMPÓSITO ESTRUTURAL, E, ESTRUTURA EM SANDUÍCHE DO COMPÓSITO CURADA OU NÃO CURADA. Um material compósito tem uma interfolha viscoelástica compreendendo uma camada não tecida, que pode ser posicionada semidobrada neste.

MATERIAL COMPÓSITO ESTRUTURAL

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Campo da invenção

[001] Materiais compósitos tendo propriedades de amortecimento acústico e vibracional são divulgados. Em particular, materiais compósitos que contêm uma interfolha viscoelástica são úteis, por exemplo, em estruturas encontradas em aeronaves, tais como revestimentos, vigas e armações de fuselagem. Também considerados são métodos de fabricar o material compósito e as estruturas e aeronaves que contêm o material compósito.

Descrição da Técnica Relacionada

[002] Compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra (PMCs) são materiais estruturais de alto desempenho que são comumente usados em aplicações que requerem resistência a ambientes agressivos, resistência alta, e/ou peso baixo. Exemplos de tais aplicações incluem componentes de aeronave (por exemplo, caudas, asas, fuselagens, hélices), cascos de barcos, e armações de bicicletas. PMCs podem compreender camadas de fibras que são ligadas juntas com um material de matriz, tal como uma resina polimérica. As fibras reforçam a matriz, que porta a maioria da carga sustentada pelo compósito, enquanto a matriz porta uma porção em minoria da carga sustentada pelo compósito e também transfere a carga das fibras quebradas para as fibras intactas. Desta maneira, PMCs podem suportar cargas maiores do que a matriz ou a fibra podem suportar sozinhas. Além disso, adaptando-se as fibras de reforço em uma geometria ou orientação particulares, o compósito pode ser eficientemente designado para minimizar o peso e o volume.

[003] Numerosos processos têm sido desenvolvidos para a fabricação de PMCs. Exemplos podem incluir deposição úmida em camadas, pré-impregnação, e infusão líquida. Em deposição úmida em camadas, a fibra de reforço é umedecida com o material de matriz, colocada em uma cavidade de molde, e deixada endurecer ou curar. Este processo pode ser realizado em

uma forma automatizada, tal como com uma pistola cortadora ou uma máquina que recebe rolos de fibra secos, os conduz através de um banho de imersão de resina, e coloca as fibras umedecidas no molde. Alternativamente, a resina pode ser aplicada manualmente usando escovas.

[004] Na pré-impregnação, componentes compósitos são fabricados com panos tecidos pré-impregnados ou prepregs. As fibras de reforço são impregnadas com a resina de matriz em uma forma controlada e congeladas de modo a inibir a polimerização da resina. Os prepregs congelados são depois embarcados e armazenados na condição congelada até que necessário. Quando da fabricação de partes compósitas a partir de prepregs, os prepregs são, descongelados até a temperatura ambiente, cortados até certo tamanho, e colocados na cavidade de molde. Uma vez no lugar, os prepregs são ensacados a vácuo e curados sob pressão para obter a fração em volume de fibra necessária com um mínimo de vazios.

[005] O uso de materiais compósitos avançados tem ganhado aceitação ampla durante as últimas décadas por causa de suas altas razões resistência-para-peso e dureza-para-peso. Materiais compósitos avançados mostram dureza mais alta mas desempenho de amortecimento inferior e comparam-se com metais e compósitos de matriz metálica. Assim, existe uma necessidade para materiais compósitos avançados tendo uma capacidade de amortecimento realçada de um sistema estrutural compósito com pouca redução na dureza e resistência.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] Em algumas formas de realização, um material compósito estrutural curado ou não curado compreende um componente estrutural; um componente de resina; e uma interfolha viscoelástica; em que o componente estrutural está em uma forma de uma pluralidade de camadas de fibra têxtil que compreende fibras estruturais; em que a interfolha viscoelástica compreende pelo menos uma camada fina de material não tecido posicionado

entre um par de camadas adjacentes da fibra têxtil; em que a interfolha viscoelástica e componente estrutural são parcial ou completamente impregnados com o componente de resina; e em que na cura a intercamada é integrada no material compósito estrutural. Em alguns aspectos, o componente de resina pode ser uma composição de termocura. Em alguns aspectos, as fibras estruturais compreendem fibras de carbono.

[007] Em alguns aspectos, a interfolha não tecida é embutida na composição de resina antes do processo de cura. Em alguns aspectos, o material não tecido compreende pelo menos um elastômero termoplástico ou uma combinação deste, e/ou pelo menos um polímero ou copolímero termoplástico e/ou combinação deste. Em outros aspectos, o material não tecido compreende pelo menos um copolímero selecionado do grupo consistindo em elastômeros termoplásticos estirênicos, poliolefinas elastoméricas e uma combinação destes. Além disso, em outros aspectos o material não tecido compreende um material termoplástico selecionado do grupo consistindo em poliésteres, poliamidas, poliolefinas e uma combinação destes.

[008] Em algumas formas de realização, a interfolha viscoelástica pode ser tratada por plasma para obter uma tensão superficial de pelo menos 35 dina/cm (0,00035 N/cm) em ambos os lados. Em alguns aspectos adicionais, a interfolha viscoelástica é co-curada com a pluralidade de camadas de fibra têxtil. Em alguns aspectos, o material não tecido tem uma interface controlada com a resina resultando em um valor de resistência ao descascamento dentro dos 70 % do valor do compósito não modificado. Em outros aspectos, a interfolha é posicionada na área de cisalhamento máximo do compósito. Em alguns aspectos, a interfolha viscoelástica é posicionada no meio de cada camada de fibra têxtil. A interfolha viscoelástica pode estar no semi-plano do material compósito estrutural e/ou posicionada em áreas próximas ao nível máximo de cisalhamento.

[0009] A interfolha viscoelástica pode compreender modificadores orgânicos ou inorgânicos, enchedores ou inclusões, e/ou compostos orgânicos e/ou outros inorgânicos, tais como aditivos de controle de fluxo, absorvedores de UV, enchedores, partículas metálicas, agentes de fosqueamento, pigmentos, antioxidantes, retardantes de chama, diluentes, estabilizadores, monômeros, pré-polímeros, melhoradores de flexibilidade, auxiliares de processamento e lubrificantes, auxiliares de processamento com base em fluoropolímero, óleos e ceras minerais, agentes de nucleação, filamentos de fibras, polímeros, bolhas de vidro, cerâmica e poliméricas, partículas metálicas, micro e nanoenchedores, partículas de núcleo-casca, micro e nanopartículas elastoméricas, nanocristais magnéticos e dielétricos, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, nanografita, nanoargilas, nanossílica, nanoalumina, nanopartículas de zircônia e titânia, nanopartículas de metal nobre e condutivas, nanofibras e nanofilamentos ou uma combinação destes.

[0010] Em alguns aspectos, a interfolha viscoelástica não causa uma redução de mais do que 10 % da temperatura de transição vítrea do compósito e/ou não causa uma redução de mais do que os 10 % da compressão depois da resistência ao impacto do compósito. Em outros aspectos, a interfolha viscoelástica pode causar uma redução de pelo menos 10 % da área de dano do compósito.

[0011] Em outros aspectos, a imersão de MEK durante 1 hora não causa uma redução de mais do que os 10 % na resistência ao cisalhamento interlaminar do compósito modificado não tecido.

[0012] Em outros aspectos, a interfolha viscoelástica não causa uma redução de mais do que os 10 % na força de compressão de furo aberto do compósito.

[0013] Em uma outra forma de realização um material estrutural compósito de amortecimento curado ou não curado compreendendo um pano viscoelástico e um componente de resina é divulgado em que o pano

viscoelástico pode compreender pelo menos uma camada fina de não tecido; em que o material não tecido compreende pelo menos um copolímero selecionado do grupo consistindo em elastômeros termoplásticos estirênicos, elastômeros, poliolefinas elastoméricas e uma combinação destes; em que o pano viscoelástico é parcial ou totalmente impregnado pelo componente de resina, em que o componente de resina pode ser uma resina de termocura.

[0014] Em alguns aspectos o material não tecido compreende ou compreende ainda um material termoplástico selecionado do grupo consistindo em poliésteres, poliamidas, poliolefinas, copolímeros e uma combinação destes.

[0015] Em alguns aspectos o não tecido viscoelástico compreende modificadores orgânicos ou inorgânicos, enchedores ou inclusões.

[0016] Em alguns aspectos os compostos orgânicos e inorgânicos adicionais são selecionados do grupo consistindo em aditivos de controle de fluxo, absorvedores de UV, enchedores, partículas metálicas, agentes de fosqueamento, pigmentos, antioxidantes, retardantes de chama, diluentes, estabilizadores, monômeros, pré-polímeros, melhoradores de flexibilidade, auxiliares de processamento e lubrificantes, auxiliares de processamento com base em fluoropolímero, óleos e ceras minerais, agentes de nucleação, filamentos de fibras, polímeros, bolhas de vidro, cerâmica e poliméricas, partículas metálicas, micro e nanoenchedores, partículas de núcleo-casca, nanocristais magnéticos e dielétricos, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, nanografita, nanoargilas, nanossílica, nanoalumina, nanopartículas de zircônia e titânia, nanopartículas de metal nobre, micro e nanopartículas condutivas, nanofibras e nanofilamentos ou uma combinação destes.

[0017] Em alguns aspectos o pano viscoelástico é revestido pelo menos em um lado com uma formulação de adesivo estrutural.

[0018] Em alguns aspectos a interfolha viscoelástica é tratada por plasma para obter uma tensão superficial de pelo menos 35 dina/cm (0,00035 N/cm) em ambos os lados.

[0019] Em uma outra forma de realização uma estrutura em sanduíche de compósito curada ou não curada compreendendo pelo menos o primeira e segundo revestimentos; pelo menos um núcleo estrutural; um componente de resina; e uma interfolha viscoelástica; em que os revestimentos são compostos por uma pluralidade de camadas de fibra têxtil, que compreendem fibras estruturais, e um componente de resina; em que o componente de resina pode ser um sistema de resina de termocura; em que a intercamada viscoelástica pode compreender pelo menos uma camada fina de material não tecido posicionado entre um par de camadas adjacentes da fibra têxtil nos revestimentos; em que a interfolha viscoelástica pode compreender pelo menos uma camada de não tecido entre os revestimentos e o núcleo em favo de mel; em que a intercamada viscoelástica e o componente estrutural são parcial ou completamente impregnados com o componente de resina; em que na cura a intercamada é integrada na estrutura compósita estrutural; em que a interfolha é posicionada na área de cisalhamento máximo dos revestimentos compósitos externos; em que as fibras estruturais compreendem fibras de carbono; em que a interfolha viscoelástica é embutida na composição de resina antes do processo de cura; em que o material não tecido compreende pelo menos um elastômero termoplástico ou uma combinação deste; em que o material não tecido compreende pelo menos um polímero ou copolímero termoplástico e/ou combinação deste; em que o material não tecido compreende pelo menos um copolímero selecionado do grupo consistindo em elastômeros termoplásticos estirênicos, poliolefinas elastoméricas e uma combinação destes; em que o material não tecido compreende ou compreende ainda um material termoplástico selecionado do grupo consistindo em poliésteres, poliamidas, poliolefinas, copolímeros e uma combinação destes;

em que a interfolha viscoelástica é tratada por plasma para obter uma tensão superficial de pelo menos 35 dina/cm (0,00035 N/cm) em ambos os lados.

[0020] Em uma outra forma de realização um material adesivo sustentado de interfolha para aplicações estruturais tendo desempenho de amortecimento vibracional e/ou acústico é divulgado. Ele compreende um componente de resina e uma interfolha viscoelástica; em que o material não tecido compreende pelo menos um copolímero selecionado do grupo consistindo em elastômeros termoplásticos estirênicos, poliolefinas elastoméricas e uma combinação destes; em que o material não tecido compreende ou compreende ainda um material termoplástico selecionado do grupo consistindo em poliésteres, poliamidas, poliolefinas, um de seus copolímeros e uma combinação destes; em que a interfolha viscoelástica é parcial ou completamente impregnada com o componente de resina; em que o componente de resina é uma resina de termocura; em que a interfolha viscoelástica é revestida pelo menos em um lado com uma formulação de adesivo estrutural; em que a interfolha viscoelástica é tratada por plasma para obter uma tensão superficial de pelo menos 35 dina/cm (0,00035 N/cm) em ambos os lados.

[0021] Em uma outra forma de realização, um método de fabricar um prepreg ou o material compósito estrutural compreende parcial ou totalmente co-curar a interfolha viscoelástica; e um prepreg compreendendo o componente de resina e o componente estrutural em uma deposição em camadas, em que a deposição em camadas compreende camadas empilhadas de dobras do prepreg integradas com a interfolha viscoelástica, para formar o prepreg ou material compósito estrutural. O método também pode compreender ainda integrar a interfolha viscoelástica e dobras empilhadas do prepreg para formar uma deposição em camadas, em que a interfolha viscoelástica é integrada em áreas selecionadas da deposição em camadas. Em alguns aspectos, o método pode compreender combinar a interfolha

viscoelástica e o componente estrutural com o componente de resina, tal como por impregnação, injeção ou infusão do componente de resina. Injeção pode compreender usar um saco, um mandril e/ou molde e opcionalmente usar canais para auxiliar o fluxo. O método também pode compreender curar a deposição em camadas ou combinação durante um período adequado para gelificação e/ou cura do componente de resina.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0022] A Figura 1 é uma ilustração de uma forma de realização do processo de fabricação de panos não tecidos relativo ao processo de sopro por fusão.

[0023] A Figura 2 é uma ilustração do aparelho de teste usado para medir o fator de perda de painéis não modificados e modificados não tecidos. Fator de perda (η) é computado pelos picos ressonantes obtidos da razão de amplitude *versus* espectro de frequência do analisador de FFT de canal duplo, que analisa os sinais de saída dos acelerômetros (razão de aceleração e diferença de fase). Acelerômetros em miniatura são usados para medir a aceleração de ponto de acionamento no agitador e a resposta do espécime de teste.

[0024] A Figura 3 ilustra o desempenho de amortecimento de compósito modificado não tecido *versus* frequência a -20°C como descrito no Exemplo 4. Quanto mais alto o fator de perda maior a energia dissipada. Assim, a análise modal mostrou propriedades de amortecimento melhoradas na faixa de frequências entre cerca de 100 e cerca de 5000 Hz e em uma faixa ampla de temperaturas, por exemplo, de -50°C a $+20^{\circ}\text{C}$, que inclui o comportamento de -20°C mostrado.

[0025] A Figura 4 ilustra a resistência a solvente de laminados modificados não tecidos usando um teste de cisalhamento de feixe curto, que mostra resistência interlaminar aparente do compósito modificado de interfolha antes e depois do condicionamento com metil etil cetona (MEK) de

acordo com o Exemplo 4b. A força de cisalhamento interlaminar aparente não é substancialmente afetada pelo condicionamento com metil etil cetona (MEK) sob condições de condicionamento de 1 hora na temperatura ambiente.

[0026] A Figura 5 ilustra que a compressão depois da resistência ao impacto de um compósito modificado não tecido de uma forma de realização da invenção é quase inalterada em comparação a um compósito não modificado como descrito no Exemplo 4c.

[0027] A Figura 6 ilustra que a área de dano depois de um impacto de 30J de um compósito modificado não tecido de uma forma de realização da invenção é reduzida em comparação a um compósito não modificado como descrito no Exemplo 4c.

[0028] A Figura 7 ilustra que a força de compressão de furo aberto bruta de um compósito modificado não tecido de acordo com uma forma de realização da invenção é quase inalterada em comparação a um compósito não modificado como descrito no Exemplo 4d.

[0029] A Figura 8 ilustra o efeito do laminado modificado não tecido sobre as propriedades térmicas, isto é, a temperatura de transição vítrea (T_g) do laminado, usando uma análise mecânica dinâmica (DMA) de um laminado não modificado e uma forma de realização de um laminado modificado de interfolha, não tecido como descrito no Exemplo 4. A análise DMA confirmou que a inserção do material não tecido divulgado não afeta substancialmente as propriedades térmicas, tal como T_g , do laminado modificado como descrito no Exemplo 4e.

[0030] A Figura 9 ilustra um exemplo da configuração do espécime de teste usado na geração dos dados de resistência ao descascamento do Exemplo 5.

[0031] A Figura 10 ilustra o diagrama de deslocamento de carga de cruzeta como debatido no Exemplo 5.

[0032] A Figura 11 ilustra os dados de resistência ao descascamento para uma forma de realização do compósito amortecido da presente divulgação e amostras comparativas geradas pelo teste de descascamento descrito no Exemplo 5: A) valor de referência; B) compósito modificado de película contínua; e C) material compósito amortecido de uma forma de realização da presente divulgação. Esta figura representa a quantidade de energia, normalizada pelo plano de fratura incipiente, que é necessário para iniciar uma fissura por deslaminção. A estrutura da interfolha resultou em valores de resistência ao descascamento mais altos.

[0033] A Figura 12 ilustra os dados de resistência ao descascamento para a forma de realização tratada com plasma diferente do compósito amortecido da presente divulgação e amostras comparativas geradas pelo teste de descascamento descrito no Exemplo 6. Incrementos entre os 20 e 100 % foram obtidos para os compósitos modificados não tecidos tratados com plasma se comparados ao laminado não modificado.

[0034] A Figura 13 ilustra a eficiência de uma estrutura não tecida integrada para processos de infusão de resina (A) comparada à estrutura modificada de película contínua (B). Uma penetração de resina perfeita foi obtida no caso da forma de realização não tecida divulgada enquanto áreas secas amplas são claramente visíveis para o painel de película contínua.

[0035] A Figura 14 ilustra uma vista em perspectiva de uma seção de uma das estruturas em sanduíche divulgadas na presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA FORMA DE REALIZAÇÃO PREFERIDA

[0036] O aumento recente no uso de materiais avançados na indústria aeroespacial tem levado a um interesse renovado no amortecimento acústico e vibracional de estruturas primárias e secundárias de aeronave e espaçonave comerciais e militares. Materiais compósitos são inerentemente mais leves e

mais duros do que metais, assim tendendo a ser mais suscetíveis e a experienciar níveis indesejáveis de vibração e ruído.

[0037] Técnicas e dispositivos de amortecimento ativo e passivo foram desenvolvidos para melhorar o desempenho na área de redução de carga dinâmica, redução de vibração e ruído em estruturas compósitas. Soluções padrão incluem estruturas restritas contendo camadas de amortecimento passivo formadas de materiais viscoelásticos (VEMs) que são ligados à superfície de emissão e fortalecidos por uma camada de compósito/metal externa. Estas estruturas restritas amorteceram a vibração e ruído mudando-se a fase de carregamento daquela da estrutura subjacente, através de uma combinação de tensão/compressão de massa e localizaram a deformação por cisalhamento dentro do material aplicado na interface da estrutura subjacente.

[0038] Uma desvantagem do uso de VEMs é o peso considerável adicionado à estrutura subjacente, resultando em eficiência de peso deficiente para sistemas de aeronave e espaçonave e em custos de montagem e mão-de-obra adicionais.

[0039] A indústria automotiva tem usado extensivamente complemento de camada múltipla, ao contrário de dispositivos de amortecimento acústico, integrados para reduzir o ruído, melhorando o conforto de viagem em veículos. Películas contínuas viscoelásticas, espumas e panos não tecidos com composição diferente e contendo vários aditivos foram usados para estas aplicações. Materiais de redução de ruído compreendendo um laminado de redução de ruído composto de camadas múltiplas, em que o laminado de redução de ruído inclui material acústico composto de uma camada de pano não tecido de fibra orgânica e sobreposto em pelo menos uma superfície principal deste, material de revestimento, e em que a camada de ar é disposta entre o laminado de redução de ruído e uma parte do corpo planar automotiva foi apresentado (WO2007/026411 A1).

Neste caso ondas longitudinais sonoras são atenuadas por uma série de mecanismos de reflexão-transmissão devido à estrutura não homogênea enquanto ondas de cisalhamento são dificilmente dissipadas. Microfibras orgânicas e fibras de grampo ativadas por calor com integridade estrutural suficiente sem o uso de uma camada secundária foram propostas para eletrodomésticos grandes, paredes de casas, aviões (em cabine de parede dupla ou entre o motor e a cabine) e embarcações (EP0833973B1 e WO97/00989). Combinações de filamentos tendo diferentes respostas de amortecimento a vibrações mecânicas e embutidas em uma matriz de resina foram propostas para alojamento de máquina e acessórios para esporte (EP0310203).

[0040] Materiais compósitos para amortecimento acústico e mecânico contendo uma pluralidade de camadas de material fibroso embutido em um material de matriz estrutural e contendo no meio delas películas de material perfurado viscoelástico são debatidos no Pedido de Patente US 2007/0071957. Neste caso a matriz estrutural é contínua através das perfurações entre as camadas adjacentes de material fibroso embutido na matriz estrutural. Portanto, a natureza contínua pelo menos parcial da película age como uma barreira para o fluxo de resina, que não é adequada para processos de infusão. Ao contrário, as formas de realização descritas aqui contêm uma intercamada fabricada de um material não tecido descontínuo que não age como uma barreira para o fluxo de resina. Em um aspecto, o material não tecido é fabricado de fibras aleatórias que permitem que a resina flua através da intercamada. O material compósito resultante portanto exhibe maior resistência do que o material tendo uma intercamada fabricada de uma película contínua ou parcialmente contínua.

[0041] O Pedido de Patente US 2008/0277057 A1 (The Boeing Company) refere-se a um compósito amortecido laminado incluindo uma intercamada que pode incluir um material viscoelástico tendo um meio de

reforço, em que o meio de reforço pode ser fibras embutidas no material viscoelástico, fibras estas que por si só podem ser formadas de um material viscoelástico secundário. O material viscoelástico em que as fibras são embutidas têm uma temperatura de transição vítrea mais baixa T_g do que as fibras viscoelásticas, que permite que as fibras ajam como um meio de reforço. Ao contrário, nas formas de realização descritas aqui, a resina tem uma T_g que é mais alta do que o material viscoelástico da interfolha. Assim, um meio de reforço não é requerido ou necessário nas formas de realização divulgadas aqui. Além disso, aspectos distintos das formas de realização divulgadas aqui, o material viscoelástico em que as fibras de reforço são embutidas é similar às películas viscoelásticas debatidas acima em relação ao Pedido de Patente US 2007/0071957.

[0042] O Pedido de Patente WO 2008/147754 A1 (The Boeing Company) debate uma estrutura compósita amortecida formada de um material de matriz e uma pluralidade de fibras de fio de efeito térmico de memória apoiada em uma matriz de material para o amortecimento da estrutura. O material de matriz pode incluir uma camada de resina contendo uma intercamada de material viscoelástico em que um grupo de fibras de fio são embutidas. As fibras de fio desvantajosamente aumentam o peso do material. Além disso, o material é difícil para fabricar. Ao contrário, as formas de realização aqui não requerem fibra de fio para obter amortecimento.

[0043] O Pedido de Patente US 2008/0152854 (3M Innovative Properties Company) relata uma fita de amortecimento compreendendo: 1) um suporte compreendendo uma película termoplástica tendo superfícies principais dianteiras e traseiras e uma folha de fibras resilientes tendo porções de âncora ligadas à película em locais de ligação espaçados ao longo da superfície dianteira do suporte, e porções arqueadas projetando da superfície dianteira do suporte entre os locais de ligação e 2) uma camada de adesivo

coabrindo porções significantes da superfície traseira do suporte. Esta fita de amortecimento não é integrada com o restante da estrutura, ao contrário de formas de realização descritas aqui.

[0044] Estruturas em sanduíche com propriedades de amortecimento acústico/vibracional foram desenvolvidas para vários componentes de aeronave tais como naceles de motor, painéis de assoalho e carenagens.

[0045] Painéis acústicos em sanduíche compreendendo uma camada resistente formando uma face dianteira aceitante de onda do painel, uma estrutura compartimentalizada formada pelo menos por dois núcleos em favo de mel separados por uma camada porosa e um refletor posterior são debatidos no Pedido de Patente US 2002/0078569 A1 (Airbus France). Neste caso a camada porosa é ajustada com uma série de guias tubulares em cada uma de suas faces a algumas das células dos núcleos compartimentalizados.

[0046] Na Patente US 7434659 B2 (Hexcel Corporation) uma estrutura acústica incluindo um núcleo em favo de mel tendo células em que tampas de septo estão localizadas é divulgada. A tampa tem uma porção ressonadora que estende-se transversalmente através da dita célula e uma porção de ancoragem que é ancorada às células em favo de mel por um adesivo.

[0047] O Pedido de Patente US 2007/0102239 (The Boeing Company) relata uma painel de assoalho de aeronave de compósito integralmente amortecido compreendendo um elemento de núcleo em favo de mel selado por uma folha de face superior impregnada com uma resina epóxi superior e uma folha de face de amortecimento inferior infundida com uma resina epóxi inferior altamente amortecida.

[0048] O Pedido de Patente US 2009/ 0184200 (The Boeing Company) refere-se a uma estrutura compreendendo um núcleo em favo de mel, que contém espuma e partículas de amortecimento, intercaladas entre os laminados compósitos.

[0049] Soluções de material tradicionais não satisfazem todos os requerimentos do material compósito corrente. Exemplos de tais requerimentos podem incluir peso, flexibilidade do material, moldabilidade, capacidade de drapejamento, manuseabilidade, processabilidade, e adequabilidade para a fabricação de compósito (incluindo infusão e processos de colocação de fibra automatizados). Estas soluções são limitadas em termos das economias de peso e formas que elas podem adotar devido à natureza inerente dos materiais usados (principalmente borracha vulcanizada). Estes materiais têm que ser manualmente aplicados à estrutura resultando em força de trabalho, tempo, e custos de manutenção adicionais. Além disso, alguns materiais podem causar uma redução significativa (mais do que 20 %) em uma ou mais propriedades mecânicas.

[0050] Em uma forma de realização da invenção, uma solução de material pode ser facilmente fabricada em qualquer forma e característica necessárias (por exemplo, diâmetro da fibra, razão de área para peso, espessura, permeabilidade ao ar e propriedades de tração) e integrada na estrutura a ser amortecida. Tais soluções são adequadas aos processos de fabricação de compósito corrente, incluindo infusão e colocação de fibra automatizada. O material de amortecimento pode ser aplicado durante a fabricação de revestimento de fuselagem e armações de fuselagem monolíticos ou em sanduíche sem etapas de produção adicionais e, se necessário, pode ser aplicado apenas às partes críticas dos componentes finais, reduzindo o peso e custos.

[0051] Um material estrutural integrado tendo propriedades de amortecimento acústico melhoradas pode incluir um laminado compósito tendo um material viscoelástico na área de cisalhamento máximo. Tratamentos de superfície, posicionamento e mecanismos de cisalhamento maximizam a dissipação de ondas acústicas/vibrações em calor. Tanto a composição do material viscoelástico assim como seu posicionamento podem

contribuir para as propriedades acústicas e mecânicas do compósito. Em uma forma de realização, uma interface controlada entre a interfolha viscoelástica e a resina resulta em desempenho excelente.

[0052] Uma interface controlada como usado aqui tem sua definição habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e refere-se a uma estrutura integrada com as seguintes características: 1) Um valor de resistência ao descascamento dentro dos 70 % do valor do compósito não modificado; e 2) Um não tecido mantendo um certo nível de integridade das propriedades de amortecimento acústico não obstante de alguma interação com a matriz de resina. O não tecido mantém certa interconectividade e não resulta em porções isoladas.

[0053] Os termos “aproximadamente,” “cerca de,” e “substancialmente” como usado aqui representam uma quantidade próxima à quantidade estabelecida que ainda realiza a função desejada ou obtém o resultado desejado. Por exemplo, os termos “aproximadamente,” “cerca de” e “substancialmente” podem referir-se a uma quantidade que está dentro de menos do que 10 %, dentro de menos do que 5 %, dentro de menos do que 1 %, dentro de menos do que 0,1 %, e dentro de menos do que 0,01 % da quantidade estabelecida.

[0054] O termo “parcialmente” ou “pelo menos uma porção de” como usado aqui representa uma quantidade de um todo que compreende uma quantidade do todo que pode incluir o todo. Por exemplo, o termo “uma porção de” pode referir-se a uma quantidade que é maior do que 0,01 %, maior do que 0,1 %, maior do que 1 %, maior do que 10 %, maior do que 20 %, maior do que 30 %, maior do que 40 %, maior do que 50 %, maior do que 60 %, maior do que 70 %, maior do que 80 %, maior do que 90 %, maior do que 95 %, maior do que 99 %, e 100 % do todo.

[0055] O termo “integrado” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e refere-se a

estruturas amortecidas que contêm uma combinação de elementos em uma estrutura que funciona cooperativamente e em que qualquer elemento é uma parte íntima da estrutura principal e não é facilmente separável, e em um aspecto não pode ser de nenhum modo separado. Em algumas formas de realização, uma estrutura amortecida integrada inclui compósitos que são co-curados com o material de amortecimento não tecido. Em outras formas de realização, o componente de resina penetra no material não tecido parcialmente ou substancialmente de modo completo. Assim, a composição de resina estrutural é contínua ou parcialmente contínua por toda a estrutura do compósito. No aquecimento, uma difusão e mistura parciais da interfolha dentro da matriz de resina podem ser obtidas melhorando ainda mais a resistência do compósito final e para formar uma estrutura integrada.

[0056] O termo “co-curado” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui o material que é curado em uma etapa única. Por exemplo, em um prepreg tendo uma interfolha parcial ou completamente impregnada com resina pode ser co-curado ou curado em uma etapa única. Em algumas formas de realização, a co-cura da intercamada tendo o material não tecido com o restante dos componentes no material compósito resulta em uma estrutura integrada.

[0057] O material não tecido pode ser usado para diferentes processos de fabricação. O material não tecido também pode ser usado para fabricar prepreps.

[0058] Em uma forma de realização, o material viscoelástico não tecido e a fibra ou pré-forma podem ser infundidos com resina simultaneamente ou durante o mesmo processo de infusão produzindo uma estrutura integrada. Nesta forma de realização, a camada viscoelástica não é uma película contínua ou uma película parcialmente contínua agindo como uma barreira de fluxo que é embutida em uma estrutura.

[0059] O termo “componente estrutural” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui um material compreendendo fibras estruturais e que está na forma de uma pluralidade de camadas de fibra têxtil, tal como pano de fibra de carbono tecido.

[0060] O termo “fibra estrutural” como usado aqui inclui fibras que aumentam a resistência do compósito final tais como fibras de vidro ou carbono e que portanto têm um módulo de elasticidade maior do que 50 GPa.

[0061] O termo “componente de resina” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui uma composição de resina estrutural adequada para fabricar revestimentos, vigas e armações de fuselagem.

[0062] Os termos “matriz,” “resina,” e “resina de matriz” como usado aqui têm seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e podem incluir um ou mais compostos compreendendo materiais de termocura e/ou termoplásticos. Exemplos podem incluir, mas não são limitados a, epóxis, agentes de cura de epóxi, fenólicos, fenóis, cianatos, imidas (por exemplo, poliimidas, bismaleimida (BMI), polieterimidas), poliésteres, benzoxazinas, polibenzimidazóis, polibenzotiazóis, poliamidas, poliamidimidas, polissulfonas, poliéter sulfonas, policarbonatos, tereftalatos de polietileno, e poliéter cetonas (por exemplo, poliéter cetona (PEK), poliéter éter cetona (PEEK), poliéter cetona cetona (PEKK) e semelhantes), combinações destes, e precursores destes.

[0063] Vantajosamente, o uso de uma estrutura amortecida integrada resulta em uma economia de peso significativa do elemento de amortecimento, e reduz custos de manutenção, contagem de peças e custos de mão-de-obra. Além disso, a redução no ruído pode resultar em economias de peso e custo adicionais minimizando-se tratamentos de amortecimento secundários usados

em uma fuselagem de aeronave, tais como cobertores de vidro excessivamente grandes, adornos, e outros dispositivos de instalação.

[0064] Os termos “amortecido” ou “amortecimento” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e incluem a dissipação de energia mecânica de uma estrutura vibrante. A dissipação de energia pode incluir a conversão de energia mecânica em energia térmica que depois é perdida para um ambiente da estrutura. Em uma forma de realização, o amortecimento é amortecimento de material passivamente fundamentado ou amortecimento viscoelástico. Em uma forma de realização, o laminado compósito mostra propriedades de amortecimento altas, por exemplo, um fator de perda alto η , em uma faixa ampla de frequências e temperaturas. Frequências adequadas incluem cerca de 200 a 5000 Hz. Temperaturas adequadas incluem cerca de -50°C a $+20^{\circ}\text{C}$, tal como -40°C a $+10^{\circ}\text{C}$, -30°C a $+20^{\circ}\text{C}$, -20°C a $+10^{\circ}\text{C}$ -10°C a $+20^{\circ}\text{C}$, ou 0°C a $+10^{\circ}\text{C}$.

[0065] O termo “pregreg” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica tal como descrito acima. Pregregs incluem folhas ou lamina de fibras que foram impregnadas com um material de matriz dentro de pelo menos uma porção de seu volume. A matriz pode estar presente em um estado parcialmente curado. Em uma forma de realização, o pregreg tem uma fração em volume de fibra entre cerca de 0,50 e 0,60 % em vol., na base do volume total do pregreg.

[0066] Os termos “curar” e “cura” como usado aqui têm seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e podem incluir processos de polimerização e/ou reticulação. A cura pode ser realizada por processos que incluem, mas não são limitados a, aquecimento, exposição à luz ultravioleta, e exposição à radiação. Em certas formas de realização, a cura pode ocorrer dentro da matriz. Antes da cura, a matriz pode compreender ainda um ou mais compostos que são, em torno da temperatura ambiente,

líquidos, semissólidos, sólidos cristalinos, e combinações destes. Em outras formas de realização, a matriz dentro do prepreg pode ser parcialmente curada de modo a exibir uma viscosidade ou pegajosidade selecionadas.

[0067] O termo “compósitos” como usado aqui cada tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica tal como descrito acima. Compósitos podem incluir uma pluralidade de prepregs. Prepregs podem ser consolidados em compósitos aplicando-se pelo menos um de calor, vácuo, e pressão externa. Os compósitos resultantes podem ser usados (mas não limitados a) em aplicações aeroespaciais.

[0068] Formas de realização dos compósitos descritos aqui têm uma força de cisalhamento interlaminar aparente que não é substancialmente afetada pelo condicionamento de solvente com metil etil cetona (MEK). Em algumas formas de realização 90 % desta força de cisalhamento são retidos depois do condicionamento com MEK, por exemplo, 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, ou 100 %. Por exemplo, em uma forma de realização, a força de cisalhamento interlaminar de um compósito antes do condicionamento com MEK, por exemplo, 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, ou 100 % é cerca de 84,59 e depois do tratamento com metiletilcetona é cerca de 83,34.

[0069] A frase “força de cisalhamento” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica. Espécimes podem ser testados em cisalhamento em uma variedade de modos. Em uma forma de realização, a força de cisalhamento aparente é o tensão de cisalhamento máximo calculada na metade da espessura de um espécime de teste no momento da primeira falha e pode ser medida através de flexão, tal como curvatura de 3 pontos. A força de cisalhamento em curvatura de 3-pt pode ser dada por

$$\tau = \frac{3 \cdot P_R}{4 \cdot b \cdot h}$$

em que P_R é a força máxima no momento da primeira falha, b é a largura do espécime, e h é a espessura do espécime.

[0070] O termo “fibra” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir um ou mais materiais fibrosos adaptados para o reforço de compósitos. Fibras podem tomar a forma de qualquer uma das partículas, flocos, filamentos, fibras curtas, fibras contínuas, folhas, dobras, e combinações destes. Fibras contínuas podem adotar ainda qualquer uma das configurações unidirecional, multidimensional (por exemplo, bi- ou tridimensional), não tecida, tecida, tricotada, costurada, enrolada, e trançada, assim como estruturas de esteira de rotação, esteira de feltro, e esteira de corte. Estruturas de fibra tecida podem compreender uma pluralidade de cabos tecidos tendo menos do que cerca de 1000 filamentos, menos do que cerca de 3000 filamentos, menos do que cerca de 6000 filamentos, menos do que cerca de 12000 filamentos, menos do que cerca de 24000 filamentos, menos do que cerca de 48000 filamentos, menos do que cerca de 56000 filamentos, menos do que cerca de 125000 filamentos, e mais do que cerca de 125000 filamentos. Em outras formas de realização, os cabos podem ser mantidos na posição por costuras de cabo cruzado, costuras de tricô de inserção em trama, ou uma pequena quantidade de resina, tal como um engomadura.

[0071] A composição das fibras pode ser variada, conforme necessário. Formas de realização da composição de fibra podem incluir, mas não são limitadas a, vidro, carbono, aramida, quartzo, polietileno, poliéster, poli-p-fenileno-benzobisoxazol (PBO), boro, carboneto de silício, poliamida, e grafita, e combinações destes. Em uma forma de realização, a fibra é carbono, fibra de vidro, aramida ou outros materiais termoplásticos. As fibras de reforço podem ser orgânicas ou inorgânicas. Além disso, as fibras podem

incluir arquiteturas de fibra têxtil incluindo aquelas que são contínuas ou não contínuas em forma.

[0072] O termo “não tecido” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir uma rede fibrosa, de auto-ligação que não é tecida. Em uma forma de realização, “não tecido” refere-se a qualquer material que foi formado sem o uso de processos de tecedura de fibra têxtil que produzem uma estrutura de fibras individuais que são intertecidas em uma maneira identificável. O pano não tecido pode ser fabricado de fibras curtas ou longas. O material não tecido pode ser adequado para processos de infusão de resina visto que o material não tecido permite que a resina flua devido à permeabilidade controlada do não tecido. Ao contrário, películas de VEM contínuas ou perfuradas criam uma barreira física ao fluxo de resina. Materiais não tecidos incluem estruturas de deposição úmida, de deposição seca (cardadas, de deposição ao ar), fundidas por entrançamento (de deposição por entrançamento, sopradas por fusão), entrançadas repentinamente, entrançadas eletrostáticas, perfuradas com jato de água, perfuradas com agulha. Polímeros representativos para o não tecido incluem poliolefinas tais como polipropileno de densidade baixa, média e alta, polietileno de densidade baixa, média e alta, polipropileno atático, sindiotático ou isotático e combinações destes, álcool vinílico de polietileno e combinações destes, polibutileno como poli(1-butenos), e poli(2-butenos), poli(3-metil-1-butenos), poli(1-butenos), e poli(2-butenos), poli(4-metil-1-penteno), poli(1-hexeno), poli(1-hepteno), poli(1-octeno), poli(1-noneno), poli(1-deceno), copolímeros poliolefínicos e elastômeros termoplásticos poliolefínicos e combinações destes; poliésteres tais como tereftalato de polietileno (PET) e tereftalato de polibutileno (PBT), copolímeros de poliéster éster; poliamidas tais como náilon 6 ou náilon 66, copolímeros de poliamida poliéster; poliuretanos e elastômeros termoplásticos de poliuretano com base em poliéster e éster; copolímeros de bloco de

poliestireno contendo polibutadieno, poliisopreno, polibutadieno hidrogenado, poliisopreno hidrogenado ou uma combinação destes; polímeros e copolímeros de vinila tais como cloreto de polivinila, cloreto de polivinilideno, álcool polivinílico e acetato de polietilenovinila, polímeros e copolímeros acrílicos, policarbonatos, politetrafluoroetileno, e outros polímeros agora conhecidos ou posteriormente desenvolvidos e combinações destes.

[0073] As microfibras não tecidas podem ser constituídas por fibras de bi- ou multicomponente. Microfibras podem ter estruturas mais complexas tais como bainha/núcleo, lado/lado, segmentos de torta, ilhas-em-um-oceano e elas podem ser fabricadas de polímeros diferentes ou combinações destes. Microfibras poliméricas podem conter enchedores ou modificadores orgânicos ou inorgânicos.

[0074] A superfície do não tecido pode estar sujeita a um pré-tratamento tal como um tratamento químico, um tratamento com plasma, um tratamento com descarga coroa, um tratamento com chama, explosão ou uma combinação destes para o propósito de melhorar ou realçar a resistência do adesivo e os mecanismos de interligação mecânica. Em alguns aspectos, a interfolha viscoelástica é tratada por plasma para obter a tensão superficial de pelo menos 35 dina/centímetros em ambos os lados.

[0075] O termo “interfolha” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui uma camada colocada entre outras camadas. Em uma forma de realização, a interfolha pode ser posicionada no meio de um plano de um compósito. Em uma outra forma de realização, a semidobra compreende a área de cisalhamento máximo. Em um caso simples cisalhamento e flexão podem ser determinados por análise de tensão da estrutura. Por exemplo, no caso de um feixe carregado na flexão a área de cisalhamento máximo está no eixo neutro. Em

estruturas mais complexas cálculos adicionais são necessários para determinar a tensão e para identificar a área de cisalhamento máximo.

[0076] Em uma outra forma de realização, a interfolha tem uma espessura de 20 a 2000/Mm, preferivelmente entre 50 e 700 μm e o mais preferivelmente entre 100 e 300 μm .

[0077] O termo “semi-plano” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui a porção no meio de uma dobra de um compósito que pode ser localizada em uma distância de aproximadamente 40 a 60 % da espessura do compósito a partir de uma ou mais superfícies do compósito.

[0078] O termo “cisalhamento máximo” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui uma força interna tangencial à seção na qual ele age resultando das forças aplicadas que fazem com que ou tendem a fazer com que duas camadas contíguas deslizem relativamente para atingir a outra na direção paralela ao seu plano de contato. A tensão de cisalhamento a partir da curvatura é máxima no semi-plano do feixe no eixo neutro. Em algumas formas de realização, a interfolha é posicionada entre as camadas de fibra têxtil no semi-plano do material compósito amortecido integrado, e em alguns aspectos tal posicionamento cria uma estrutura mais eficiente de peso e amortecimento em áreas selecionadas no nível de cisalhamento.

[0079] Em algumas formas de realização, a interfolha pode ser colocada em qualquer camada constituindo a estrutura do compósito, e em outras formas de realização a interfolha pode ser posicionada em áreas específicas dos compósitos e em alguns aspectos a interfolha pode ser posicionada em áreas selecionadas no nível de cisalhamento para criar estrutura mais eficiente de peso e amortecimento.

[0080] Em uma forma de realização, a interfolha, que pode ser uma camada viscoelástica descontínua, é posicionada em um compósito tal que uma “interface controlada” é obtida.

[0081] O termo “embutida” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e inclui uma interfolha que é totalmente incluída dentro da estrutura do compósito. Em alguns aspectos, a interfolha é uma parte integral da estrutura do compósito.

[0082] O termo “viscoelástico” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir um material que tem características tanto viscosas quanto elásticas quando passa por deformação. Materiais viscoelásticos têm elementos de ambas estas classes de polímero e, como tal, exibem esforço dependente do tempo. Ao passo que a elasticidade é usualmente o resultado da extensão da ligação ao longo de planos cristalográficos em um sólido regular, a viscoelasticidade é o resultado da difusão de átomos ou moléculas dentro de um material amorfo.

[0083] Elastômeros são usualmente termocuras em que as cadeias poliméricas longas reticulam durante a cura (processo de vulcanização). A elasticidade é derivada da capacidade das cadeias longas de se auto-reconfigurar para distribuir uma tensão aplicada. As reticulações covalentes garantem que o elastômero retornará à sua configuração original quando a tensão é removida. Como um resultado desta flexibilidade extrema, elastômeros podem se estender reversivelmente de 5 a 800 %, dependendo do material específico. Sem as reticulações ou com cadeias curtas, não facilmente reconfiguradas, a tensão aplicada resultaria em uma deformação permanente.

[0084] Elastômeros termoplásticos (TPE) são uma classe de copolímeros ou uma mistura física de polímeros que apresentam tanto propriedades termoplásticas quanto elastoméricas. Enquanto a maioria dos elastômeros são termocuras, termoplásticos são ao contrário relativamente

fáceis para usar na fabricação, por exemplo, por moldagem por injeção e sopro por fusão. Elastômeros termoplásticos apresentam vantagens típicas tanto de materiais semelhantes à borracha quanto de materiais plásticos. A principal diferença entre elastômeros de termocura e elastômeros termoplásticos é o tipo de reticulação. A reticulação em polímeros de termocura é uma ligação covalente criada durante o processo de vulcanização. Por outro lado a reticulação em polímeros elastoméricos termoplásticos é um dipolo mais fraco ou ligação de hidrogênio ou ocorre apenas em uma das fases do material.

[0085] Não tecido típico das formas de realização descritas aqui é fabricado de materiais que exibem um comportamento viscoelástico. Em particular a tangente de perda ($\tan\delta$) é um dos fatores usados para determinar a eficiência de amortecimento sonoro e vibracional. Assim como a composição não tecida de amortecimento alto tem uma figura superior do fator, uma energia dinâmica é absorvida e dissipada na forma de energia elétrica ou térmica, e a interfolha exibe uma excelente característica mecânica tais como propriedades de absorção acústica, ou propriedades de amortecimento vibracional. Uma composição de material de interfolha de amortecimento alto convencional é necessária para ter uma tangente de perda mais alta do que 1,0 e preferivelmente entre 1,5 e 2,0.

[0086] Além disso, a composição de interfolha é escolhida para garantir a adequabilidade para processos de fabricação de não tecido, captação de umidade baixa e resistência a solvente e fluidos agressivos.

[0087] Em uma forma de realização, elastômeros termoplásticos podem ser usados para fornecer um equilíbrio entre propriedades de processabilidade e compatibilidade/mecânicas/de resistência a solvente. Em uma forma de realização, o material viscoelástico é um elastômero termoplástico estirênico. O material viscoelástico pode ser um dibloco ou tribloco de poliestireno e bloco elastomérico flexível. Outros materiais

viscoelásticos incluem copolímeros do tipo de bloco de estireno, por exemplo tendo blocos de poliestireno e um poliisopreno rico ligado a vinila. Um tal exemplo pode incluir o copolímero de tribloco Hybrar 7311.

[0088] Em uma forma de realização, o material viscoelástico compreende elastômeros termoplásticos estirênicos (TPE-S). Elastômeros termoplásticos do tipo S são uma classe de copolímeros de bloco contendo dois blocos incompatíveis, isto é, um segmento elastomérico com uma T_g mais baixa e segmentos estirênicos com T_g mais alta, que formam uma estrutura separada de microfase na temperatura ambiente. O material pode ser considerado como uma matriz elastomérica fisicamente vulcanizada pela agregação de blocos finais de poliestireno (PS), que também agem como enchedor de reforço. Elastômeros termoplásticos do tipo S fornecem oportunidades para a melhora de amortecimento em uma faixa ampla de temperaturas e frequências, visto que o comportamento de microseparação tem um impacto positivo sobre o amortecimento.

[0089] TPE-S tem excelentes propriedades de amortecimento através de uma faixa ampla de temperaturas e frequências. Copolímeros de bloco estirênicos tendo um bloco flexível podem incluir poli(estireno-b-isopreno-b-estireno) hidrogenado (SEPS), um copolímero de um poliestireno e etileno-butileno (SEBS), um copolímero de um poliestireno e etileno-etileno-propileno (SEEPS), um copolímero de um poliestireno e isopreno (SIS), um copolímero de um poliestireno e butadieno (SBS), e um copolímero de um poliestireno e isopreno-butadieno (SIBS) ou uma combinação destes.

[0090] Formas de realização da interfolha descrita aqui podem ser fabricadas em várias formas tendo várias características, tais como diâmetro da fibra, área/peso, espessura, permeabilidade ao ar e propriedades de tração. Por exemplo, o diâmetro da fibra da fibra no compósito pode ser cerca de 10 a 20 μm , e em outras formas de realização 3 a 7 μm , 20 a 40 μm , ou 40 a 60 μm . Além disso, a massa por área unitária da interfolha pode ser cerca de 50 a

150 g/m², e em outras formas de realização 10 a 50 g/m², 150 a 300 g/m², ou 300 a 500 g/m². Também, a espessura da interfolha pode ser cerca de 100 a 400 µm e em outras formas de realização 50 a 100 µm, 400 a 600 µm, ou 600 a 1000 µm. A permeabilidade ao ar da interfolha pode ser cerca de 40 a 100 cc/cm²/s e 5 a 40 cc/cm²/s e em uma outra forma de realização 100 a 400 cc/cm²/s. Por exemplo, a força de tração MD da interfolha pode ser cerca de 2 a 10 N/1,5 cm, e em outras formas de realização 10 a 20 N/1,5 cm, 20 a 60 N/1,5 cm, ou 60 a 100 N/1,5 cm.

[0091] Em uma forma de realização, a inserção da interfolha viscoelástica no laminado compósito não afeta significativamente as propriedades térmicas (T_g), as propriedades termomecânicas, ou as propriedades ambientais (resistência à umidade, solvente e fluidos agressivos) do laminado compósito. Em uma outra forma de realização, a compressão de furo aberto e compressão depois das propriedades de resistência ao impacto são apenas levemente afetadas ou não afetadas pela inserção da interfolha viscoelástica no laminado compósito.

[0092] O termo “deposição em camadas” como usado aqui tem seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e pode incluir um ou mais preregs que são colocados adjacentes entre si. Em certas formas de realização, os preregs dentro da deposição em camadas pode ser posicionado em uma orientação selecionada com respeito um ao outro. Em uma outra forma de realização, os preregs podem ser opcionalmente costurados juntos com um material de cosedura de modo a inibir seu movimento relativo a partir de uma orientação selecionada. Em formas de realização adicionais, “deposições em camadas” podem compreender qualquer combinação de preregs totalmente impregnados, preregs parcialmente impregnados, e preregs perfurados como debatido aqui. Deposições em camadas podem ser feitas por técnicas que podem incluir, mas não são limitadas a, deposição em camadas manual, deposição em camadas de

fita automatizada (ATL), colocação de fibra avançada (AFP), e enrolamento de filamento.

[0093] Os termos “revestimento de fuselagem,” “viga de fuselagem” e “armação de fuselagem” como usado aqui têm seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e referem-se respectivamente aos painéis do corpo principal da aeronave, as armações circunferenciais criando seu esqueleto e os membros de reforço de endurecimento longitudinal. A combinação de armações e vigas é usada para fornecer ao vaso de fuselagem a dureza necessária e a quantidade suficiente de material para sustentar todo o carregamento da aeronave tanto a partir de um ponto de vista estático quanto a partir de um ponto de vista de fadiga. Para os elementos da viga em particular, o propósito principal é dividir a superfície do painel do revestimento em uma configuração ideal de modo que a deformação da superfície seja evitada. As vigas também contribuem para impedir que as fissuras difundam no painel de revestimento. Exemplos de armações de fuselagem incluem armações IST, armações C flutuantes com fixações de cisalhamento e armações Z flutuantes com fixações de cisalhamento.

[0094] Os termos “modificadores orgânicos,” “enchedores orgânicos,” “modificadores inorgânicos” e “enchedores inorgânicos” como usado aqui têm seu significado habitual como conhecido àqueles habilitados na técnica e podem incluir compostos orgânicos e inorgânicos tais como aditivos de controle de fluxo, absorvedores de UV, enchedores tais como sílica, grafita e nitreto de boro, argilas tais como mica, talco, e vermiculita, partículas metálicas, agentes de fosqueamento, pigmentos, antioxidantes, retardantes de chama, diluentes, estabilizadores, monômeros, pré-polímeros, melhoradores de flexibilidade, auxiliares de processamento e lubrificantes (incluindo auxiliares de processamento com base em fluoropolímero, óleos e ceras minerais), agentes de nucleação, filamentos de fibras, polímeros, bolhas de vidro, cerâmica e poliméricas, micro e nanoenchedores de partículas

metálicas tais como partículas de núcleo-casca, nanocristais magnéticos e dielétricos, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, nanografita, nanoargilas, nanossílica, nanoalumina, nanopartículas de zircônia e titânia, nanopartículas de metal nobre, micro e nanopartículas condutivas, nanofibras e nanofilamentos ou uma combinação destes adicionados a um material não tecido, usualmente para melhorar suas propriedades.

[0095] Processos de fabricação padrão para fabricar materiais compósitos podem ser usados. Por exemplo, em uma forma de realização, o compósito é fabricado usando um processo de fabricação de revestimento/armação de fuselagem típico.

EXEMPLOS

Exemplo 1

[0096] Vários elastômeros termoplásticos comercialmente disponíveis foram avaliados para estimar suas faixas de eficiência do amortecimento. Uma breve lista dos materiais avaliados e suas propriedades correspondentes é relatada na Tabela 1.

Tabela 1

Nome comercial	Grau	Tipo de polímero	Tg (° C)	Tan δ
Arnitel	EL630	TPC-E	20,56	0,05
Arnitel	EL550	TPC-E	-80	0,05
Arnitel	EL630	TPE-E	-60,5	0,05
Estane	58245	TPE-U	-22,7	0,40
Hybrar	7311	TPE-S	-13,6	2,10
Hybrar	7125	TPE-S	10,9	1,20
Hytrel	G3078	TPC-ET	-40,4	0,40
Hytrel	4056	TPC-ET	-20,32	0,20
Hytrel	4556	TPC-ET	-40,43	0,16
Hytrel	5526	TPC-ET	-8,06	0,14
Kraton	FG1924X	TPE-S	-41,1	1,50
Kraton	MD-6455P	TPE-S	-60,1	2,00
Kraton	G-1730M	TPE-S	-38,8	0,90
Kraton	G1642M	TPE-S	-31,2	1,50
Kraton	D1113BT	TPE-S	-48,9	2,30
Mobilon	MF100T	TPE-E	-54,8	0,45
Mobilon	MF100T-TB	TPE-E	-17,6	0,32
Onflex	U3565A	TPE-U	-19,0	0,30
Onflex	V3085	TPE-V	-28,3	0,20
Onlfex	U 5355A	TPE-U	-11,2	0,40

Onflex	VI045A	TPE-V	-41,8	0,40
Pebax	MX 1205	TPE-E	-55,5	0,17
Pebax	3533	TPE-E	-60,6	0,17
Pebax	2533	TPE-E	-62,5	0,15
Pebax	4033	TPE-E	-63,5	0,10
Septon	2002	TPE-S	-35,1	0,60
Septon	2063	TPE-S	-38,15	1,60
Septon	8076	TPE-S	-31,84	0,30

[0097] Polímeros foram selecionados de acordo com seus valores de $\tan \delta$ e faixa de temperaturas de transição vítrea. Polímeros com um valor de \tan mais alto do que 1,0, preferivelmente entre 1,0 e 1,6 e o mais preferivelmente acima de 2 foram selecionados.

Exemplo 2

[0098] Um elastômero termoplástico estirênico e em particular de um copolímero de estireno hidrogenado contendo unidades flexíveis de etileno-propileno, tais como Kuraray Septon 2063, foi usado como o componente principal para a fabricação de não tecidos divulgada neste exemplo. Diferentes porcentagens de Polipropileno (PP), Poliamida 6 (Náilon 6) ou Tereftalato de polibutileno (PBT) foram compostas com o elastômero termoplástico selecionado (Septon 2063). Um processo de sopro por fusão foi selecionado para a fabricação de não tecidos. Uma representação esquemática do processo é relatada na Figura 1. Uma lista de não tecidos e suas composições e propriedades correspondentes é relatada na Tabela 2.

Tabela 2

Código do não tecido	Composição	Peso (g/m ²)	Espessura (μm)	Força de tração (N/5 cm) MD	Permeabilidade ao ar (cc/cm ² /s)
1	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	77,9	394	24,1	18,3
2	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	134,3	614	8,0	45,7
3	50:50 de Septon 2063/Polipropileno	79,2	403	12,2	42,7
4	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	85,1	350	17,1	60
5	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	80,9	301	10,7	52,8
6	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	48,9	175	9,1	57,1
7	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	48,5	206	8,0	85,8
8	50:50 p/p de Septon 2063/Polipropileno	78,6	330	10,0	82,5
9	70:30 p/p Septon 2063/Tereftalato de polibutileno	162,7	774	3,1	165
10	70:30 p/p de Septon 2063/Náilon 6	196,8	1510	2,1	586

Exemplo 3

[0099] Neste exemplo a adequabilidade do material de amortecimento acústico integrado para os processos de infusão é demonstrada. Neste exemplo amostras de teste foram realizadas por infusão de resina em massa usando Película de HM de 1000 gsm CYCOM 977-2 e pré-formas trançadas de fibra de carbono triaxiais.

[00100] Três graus de não tecido diferentes (3, 6 e 7 na Tabela 2), caracterizados por uma razão de área/peso entre 48,5 e 79,2 gsm e uma permeabilidade ao ar entre 40,3 e 85,8 cc/cm²/s, foram selecionados para o exemplo divulgado.

[00101] Quatro amostras de teste foram fabricadas usando um método de deposição em camadas de dobra-por-dobra (Tabela 4). A interfolha foi colocada no semi-plano das amostras de teste. Dimensões de amostra de teste são relatadas na Tabela 3. A amostra de teste 1 foi fabricada sem nenhuma interfolha viscoelástica e codificada como valor de referência não modificado.

Tabela 3

Dimensões do espécime	
Comprimento	~ 250 mm
Espessura	~ 3 mm
Largura	~ 160 mm

[00102] Para cada amostra de teste, o tamanho da carga da resina foi calculado para satisfazer um teor de resina de parte acabada de 35 ± 5 por cento em peso.

[00103] Os experimentos mostraram que os não tecidos selecionados foram adequados para o processo de infusão. Uma penetração de resina completa foi obtida. Nenhuma área seca foi observada nos espécimes. O teor de resina correto foi obtido para todas as amostras de teste fabricadas como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4

Amostra de teste	Não tecido	Teor de resina (%) no espécime infundido
1	=	33,78
2	3	35,41
3	6	34,85
4	7	35,66

Exemplo 4

[00104] O impacto da solução de material integrado não tecido preferida sobre as seguintes propriedades do compósito foi avaliado:

- a) Amortecimento acústico
- b) Força de cisalhamento interlaminar aparente
- c) Compressão depois da resistência ao impacto
- d) Força de compressão de furo aberto
- e) Temperatura de transição vítrea

[00105] Medições de absorção como uma função da temperatura foram realizadas por um método de ressonância. Uma representação esquemática do sistema de medição é mostrada na Figura 2.

[00106] O espécime é forçado a vibrar em uma configuração livre em uma câmara termostática. Acelerômetros em miniatura são usados para medir a aceleração de ponto de acionamento no agitador e a resposta do espécime de teste. Os sinais de saída dos acelerômetros são analisados por um analisador

de espectro de transformação de Fourier rápido de canal duplo. O analisador determina a razão de aceleração e a diferença de fase dos dois acelerômetros, e também fornece uma fonte de ruído aleatória para conduzir o agitador em uma faixa de frequência de 30 Hz a 10 KHz. Os dados medidos são sempre testados e calculados em rms. A razão de amplitude exibida *versus* frequência resulta em vários picos ressonantes a partir dos quais a absorção (fator de perda) é computada. As medições foram feitas em uma faixa de temperatura de -50° C a +20° C em intervalos de 10° C.

[00107] Os painéis de teste foram preparados de acordo com EN2565. As dimensões dos espécimes são relatadas na Tabela 5.

[00108] Antes do teste os espécimes curados foram armazenados a $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e $(50 \pm 5)\%$ de umidade de acordo com EN2743.

Tabela 5

Dimensões do espécime	
Comprimento	$600 \pm 1\text{ mm}$
Largura	$200 \pm 1\text{ mm}$
Espessura	$\sim 1,65\text{ mm}$
Deposição em camadas	Quase-isotrópica

[00109] Amostras de teste de testes acústicos foram fabricadas a partir da fita unidirecional CYCOM® 977-2-34-24IMS. O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como interfolha para o exemplo e pré-impregnado com uma película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano do espécime. Para propósitos de comparação um espécime não contendo nenhuma interfolha foi fabricado e codificado como “valor de referência não modificado.”

[00110] O espécime de material integrado de não tecido divulgado resultou em excelente desempenho de amortecimento acústico na faixa de temperatura entre -50° C e 20° C e na faixa de frequência entre 30 e 5000 Hz como mostrado na Tabela 6. A solução de material integrado mostrou uma melhora significativa em propriedades de amortecimento acústico se comparada ao valor de referência não modificado como mostrado na Figura 3.

Tabela 6

Frequência (Hz)	η (Fator de perda)							
	-50° C	-40° C	-30° C	-20° C	-10° C	0° C	10° C	20° C
30	0,029659	0,024884	0,021369	0,017299	0,017796	0,016919	0,018449	0,022231
50	0,024247	0,02382	0,020797	0,015422	0,017421	0,017834	0,019663	0,021713
75	0,017989	0,022756	0,020225	0,015968	0,022802	0,019977	0,021552	0,020834
100	0,013062	0,022484	0,024257	0,020209	0,025529	0,022525	0,022367	0,016263
150	0,01065	0,022091	0,029561	0,026828	0,024995	0,021594	0,022389	0,012501
200	0,011543	0,021701	0,037767	0,033381	0,02447	0,019462	0,022411	0,012673
250	0,012059	0,021756	0,039757	0,033992	0,024211	0,016108	0,020219	0,012845
300	0,012525	0,021789	0,040965	0,032213	0,02323	0,020308	0,021309	0,021263
350	0,011419	0,021097	0,036746	0,031074	0,023759	0,02933	0,024431	0,031797
400	0,011055	0,021613	0,035966	0,036358	0,02941	0,041794	0,028337	0,03069
500	0,010702	0,022691	0,035915	0,045019	0,03781	0,048705	0,029584	0,02682
600	0,01127	0,023633	0,036783	0,057785	0,046602	0,060244	0,032412	0,032344
650	0,011616	0,02385	0,037996	0,068467	0,045692	0,055543	0,035751	0,034929
700	0,011869	0,024018	0,040352	0,074705	0,044889	0,04805	0,036608	0,036295
800	0,011776	0,024154	0,042106	0,07027	0,040032	0,047659	0,031946	0,030918
900	0,011776	0,024041	0,04672	0,064629	0,03821	0,058363	0,027516	0,03181
1000	0,011942	0,024068	0,047204	0,06475	0,035522	0,066499	0,025302	0,032759
1250	0,012236	0,025721	0,050315	0,067795	0,037927	0,062027	0,026946	0,032925
1500	0,012329	0,027786	0,044625	0,068021	0,044035	0,056166	0,02896	0,029003
2000	0,012686	0,030923	0,034065	0,061731	0,048751	0,04987	0,031932	0,027605
2500	0,01367	0,032956	0,028768	0,056415	0,050988	0,046309	0,033678	0,0327
3000	0,015765	0,033758	0,031322	0,052829	0,048099	0,038688	0,035252	0,0388
4000	0,018263	0,031645	0,036402	0,050927	0,046541	0,030753	0,035376	0,042116
5000	0,020243	0,02699	0,038776	0,048757	0,044155	0,023979	0,035966	0,041454

b)

[00111] A força de cisalhamento aparente de um espécime foi testada em compilação como um feixe simples de acordo com EN2563. Uma barra repousa em dois suportes na força aplicada por meio de um ponto central do bico de carregamento entre os suportes e foi medida de acordo com a seguinte fórmula:

$$\tau = \frac{3 \cdot P_R}{4bh}$$

onde:

Γ é a tensão de cisalhamento aparente, em MPa

P_R é a força máxima no momento da primeira falha, em N

b é a largura do espécime, em mm

h é a espessura do espécime, em mm

[00112] A força de cisalhamento interlaminar aparente do laminado modificado não tecido foi medida antes e depois da imersão com MEK. Nas condições iniciais os espécimes foram condicionados de acordo com EN 2743.

[00113] Para os testes depois da imersão com MEK, o condicionamento foi realizado de acordo com EN 2489. Painéis de teste foram fabricados a partir da fita unidirecional CYCOM 977-2-34-24IMS. Espécimes de teste foram tomados em painéis preparados de acordo com EN2565. Dimensões do espécime são relatadas na Tabela 7. Cinco amostras de teste foram testadas antes da imersão e outras cinco depois da imersão. A direção do comprimento dos espécimes foi paralela à orientação da fibra. O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como interfolha para o exemplo e pré-impregnado com película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano dos espécimes.

Tabela 7

Dimensões do espécime	
Comprimento	$20 \pm 0,25$ mm
Largura	$10 \pm 0,2$ mm
Espessura	$2 \pm 0,2$ mm

[00114] O condicionamento com MetilEtilCetona não afetou a resistência interlaminar aparente calculada das amostras de teste modificadas de interfolha. Em particular em uma forma de realização a força de cisalhamento interlaminar foi 84,59 MPa, e depois da imersão durante uma hora em solvente foi 83,34 MPa como mostrado na Figura 3.

c)

[00115] A compressão depois do teste de impacto visa determinar as características de resistência ao impacto de velocidade baixa de plásticos reforçados com fibra. O método mede a resposta do material a um conjunto específico de parâmetros de impacto para permitir comparação entre os materiais.

[00116] O espécime modificado de interfolha está sujeito ao impacto em uma energia de impacto definida e a força de compressão é medida de acordo com EN 6038. A profundidade do dente e a área determinada foram medidas.

[00117] Painéis de teste foram fabricados a partir da fita unidirecional CYCOM 977-2-34-24IMS. Os painéis de teste modificados de interfolha modificado foram preparados de acordo com o método B de EN 2565 para laminados reforçados com carbono. O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como interfolha para o exemplo e pré-impregnado com uma película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano dos espécimes. Uma deposição em camadas quase-isotrópica e aproximadamente espécimes de 4 mm foram usados para o teste. Dimensões e tolerâncias são definidas na Tabela 8.

[00118] Os espécimes modificados de interfolha foram impactados com uma energia de 30 J e a profundidade do dente medida. O escaneamento ultrassônico foi realizado para determinar o comprimento, largura e área do dano.

[00119] O condicionamento foi obtido depois do impacto. O teste foi realizado em 23 ± 2 mm 50 ± 5 % de umidade relativa.

[00120] Uma cruzeta de 0,5 mm/min foi selecionada. A carga foi continuamente registrada como uma função do tempo e da carga de falha na ruptura (P_R). A força de compressão depois do impacto em um nível E de energia de impacto específico é definida pela seguinte fórmula:

$$\sigma_r = \frac{P_r}{w \cdot t} (MPa)$$

onde P_R é a carga de falha na ruptura (N)

w é a largura do espécime (mm)

t é a espessura do espécime (mm)

[00121] As dimensões do espécime são relatadas na Tabela 8

Tabela 8

Dimensões do espécime	
Comprimento	$150 \pm 0,2$ mm
Largura	$100 \pm 0,2$ mm
Espessura	~ 4 mm
Deposição em camadas	Unidirecional

[00122] O não tecido 3 (Tabela 2) foi depositado em camadas no semi-plano de cada amostra de teste.

[00123] O uso do não tecido preferido na estrutura de compósito integrado resultou em uma queda mínima na compressão depois da resistência ao impacto como mostrado na Figura 5. Além disso a modificação determinou uma redução na área de dano se comparada à amostra de teste não modificada como mostrado na Figura 6.

[00124] O teste de compressão de furo aberto é um método para determinar a força de tração de furo aberto de compósitos com reforço unidirecional. Os espécimes de furo aberto modificados de interfolha são testados em tensão de modo a determinar as propriedades mecânicas de tensão do laminado.

[00125] Uma velocidade de cruzeta de $2 \pm 0,2$ mm/min foi selecionada. A carga foi continuamente registrada como função do deslocamento de cruzeta. A força de compressão de furo aberto elástica normalizada foi calculada pela carga máxima experienciada pelo espécime dividido pela área em seção transversal dentro do comprimento de calibre usando a fórmula relatada:

$$\sigma_{chc} = \frac{P_{\mu}}{t_{\eta} \bullet W} (MPa)$$

onde P_{μ} é a carga máxima (N)

w é a largura do espécime (mm)

t_{η} é a espessura nominal (espessura de dobra curada especificada na especificação relevante do material multiplicada pelo número de dobras no laminado de teste) (mm)

[00126] Painéis de teste foram fabricados a partir da fita unidirecional CYCOM 977-2-34IMS. Painéis de teste foram preparados de acordo com o método B de EN 2565 para laminados reforçados com fibra de carbono.

[00127] Uma deposição em camadas quase-isotrópica e aproximadamente espécimes de 4m foram usados para o teste. A variação nas medições de espessura para qualquer laminado estava dentro de $\pm 2 \%$ da espessura medida média. O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como interfolha para o exemplo e pré-impregnado com uma película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano dos espécimes. Para propósitos de comparação amostras de teste não incluindo nenhuma interfolha não tecida foram fabricadas e codificadas como valor de referência não modificado.

[00128] Os painéis foram submetidos ao Teste Não Destrutivo (NDT) (por exemplo, escaneamento C) para estabelecer a liberdade de defeitos detectáveis.

[00129] O mecanismo de perfuração estava de acordo com os requerimentos de AIPS 01-02-005. Seis espécimes de teste foram testados.

[00130] Os espécimes foram testados a $(23 \pm 2)^\circ$ e condicionados de acordo com EN2823.

[00131] As dimensões do espécime são relatadas na Tabela 9.

Tabela 9

Dimensões do espécime	
Comprimento	$180 \pm 0,1 \text{ mm}$
Metade do comprimento	$90 \pm 0,05 \text{ mm}$
Espessura	$\sim 4 \text{ mm}$
Largura	$32 \pm 0,2 \text{ mm}$
Metade da largura	$16 \pm 0,1 \text{ mm}$
Diâmetro do furo	
Min.	6,339
Max.	6,384

[00132] A inserção do não tecido no semi-plano da estrutura de compósito integrado resultou em uma queda menor na força de compressão do furo aberto se comparado ao valor de referência não modificado como mostrado na Figura 7.

[00133] O impacto da interfolha não tecida sobre as propriedades térmicas do laminado foi avaliado por Análise Mecânica Dinâmica (DMA)

usando um teste controlado de esforço de multifrequência. Uma força sinusoidal deforma o espécime em uma amplitude constante em uma frequência única enquanto o material é aquecido em uma taxa constante. A magnitude da tensão aplicada e o esforço resultante são usados para calcular a dureza e portanto o módulo do material sob tensão. Medindo-se o intervalo de tempo no deslocamento comparado à força aplicada as propriedades de amortecimento do material foi determinada. O intervalo de tempo foi relatado como um atraso de fase (um ângulo). O amortecimento é chamado $\tan \delta$, representando a tangente do atraso de fase. DMA foi realizada na faixa de temperaturas entre cerca de 50° C e 260° C, com uma taxa de aquecimento de $5 \pm 0,2^\circ \text{C/min}$ e cerca de 1 Hz de frequência.

[00134] Painéis de teste foram fabricados a partir da fita unidirecional CYCOM 977-2-34IMS. Os painéis de teste foram preparados de acordo com EN2565. Dimensões do espécime são relatadas na Tabela 10.

Tabela 10

Dimensões do espécime	
Comprimento	$40 \pm 0,4 \text{ mm}$
Metade do comprimento	$10 \pm 0,4 \text{ mm}$
Espessura	$2 \pm 0,2 \text{ mm}$

[00135] O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como a interfolha para o exemplo e pré-impregnado com película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano dos espécimes.

[00136] Antes do teste espécimes curados foram armazenados a $(23 \pm 2^\circ \text{C})$ e $(50 \pm 5) \%$ de umidade de acordo com EN2743.

[00137] A temperatura de transição vítrea é definida como a temperatura onde a amostra exhibe uma mudança dramática no comportamento mecânico e de amortecimento com temperatura crescente quando submetida a um deslocamento com oscilação. O início da T_g é definido como a temperatura como a interseção de temperatura de tangentes extrapoladas esboçadas a partir de pontos na curva de módulo de armazenamento antes e

depois do início do evento de transição vítrea. O teste foi realizado usando um modo de cantiléver-curvatura único. Três espécimes foram testados e os resultados da Tg estavam dentro de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ de sua média.

[00138] O uso da solução de não tecido preferido não afeta substancialmente a temperatura de transição vítrea da estrutura integrada como mostrado na Figura 8. Diferenças de menos do que 1°C foram observadas entre o não tecido modificado e espécimes não modificados.

Exemplo 4

[00139] Exemplo comparativo da resistência ao descascamento do material integrado de não tecido divulgado *versus* um compósito modificado de película contínua Smactane[®] (disponível da Smac Toulon France).

[00140] O Teste de Descascamento mede a resistência necessária para romper uma superfície ligada. Depois que a amostra foi medida quanto à espessura, ela foi colocada em uma posição fixa em um testador universal. O espécime foi puxado na velocidade especificada até que a parte ou a ligação falhe. Tipos de falha foram observados como falha coesiva, de adesivo, ou substrato.

[00141] O espécime pré-fissurado foi carregado continuamente por forças de descascamento até que um comprimento de fissura propagada total de aproximadamente 100 mm fosse obtido. Durante a propagação da fissura, as cargas e deslocamento de cruzeta da máquina de teste foram registrados continuamente. A resistência ao descascamento foi calculada a partir do comprimento de fissura propagada e da energia aplicada determinados a partir do diagrama de carga-deslocamento de cruzeta como mostrado na Figura 10.

[00142] As dimensões dos Espécimes de Teste de Descascamento da Figura 9 são relatadas na Tabela 11.

Tabela 11

Dimensões do espécime	
Comprimento (L)	205,0 ± 5 mm
Comprimento da fissura inicial (l)	25,0 ± 1 mm
Largura (w)	25,0 ± 0,2 mm
Espessura (t)	3,0 ± 0,2 mm

[00143] A direção da fibra para a fita foi 0° para o comprimento do espécime.

[00144] Painéis de teste foram fabricados a partir da fita unidirecional CYCOM 977-2-34-24IMS. Os painéis de teste foram preparados de acordo com EN2565. O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como interfolha para o exemplo e pré-impregnado com película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano dos espécimes.

[00145] A fissura inicial foi introduzida usando uma camada dupla de película de liberação de politetrafluoroetileno (PTFE) com dimensões do comprimento de fissura foi colocada no semi-plano do laminado entre a interfolha viscoelástica e a dobra da fita imediatamente adjacente a ela.

[00146] A interfolha não tecida e a película contínua usada para o exemplo comparativo e suas características correspondentes são relatadas na Tabela 12:

Tabela 12

Interfolha	Espessura (µm)	Peso g/m2
Smactane®	200	220
Não tecido 3	403	80

[00147] Espécimes foram testados secos no estado conforme curado na temperatura ambiente, depois do condicionamento de acordo com o Teste de EN 2743.

Teste

[00148] O espécime foi alinhado na posição fixa do teste. A película de liberação incorporada foi carregado até que um comprimento de fissura inicial de cerca de 10 a 15 mm fosse obtido. O espécime foi carregado

constantemente com uma velocidade de cruzeta de 10 mm/min até que um comprimento de fissura total de cerca de 100 mm fosse obtido. A carga e deslocamento de cruzeta foram registrados.

[00149] A seguinte fórmula foi usada para calcular a resistência ao descascamento.

$$PS = \frac{A}{aw} \times 10^6$$

PS é a resistência ao descascamento

A é a energia para obter o comprimento de fissura propagado total (Figura 10)

a é o comprimento de fissura propagado

w é a largura do espécime

[00150] O uso de uma interfolha de película contínua, como no caso da amostra de teste modificada Smactane®, resulta em uma queda significativa na resistência ao descascamento devido à natureza isotrópica da interfolha. A película age como uma barreira contínua na estrutura do compósito. Ao contrário quando a interfolha não tecida preferida foi colocada no semi-plano da amostra de teste valores de resistência ao descascamento excelentes foram registrados. A criação de uma interface adaptada entre a resina e o não tecido resulta em uma melhora clara em valores de resistência enquanto mantendo as propriedades de amortecimento acústico excelentes.

Exemplo 5

[00151] Neste exemplo comparativo diferentes tratamentos com plasma foram usados para modificar a superfície do não tecido. Amostras de teste foram preparadas como no Exemplo 5. A resistência ao descascamento foi calculada como no Exemplo 5.

[00152] Painéis de teste foram fabricados a partir da fita unidirecional CYCOM 977-2-34-24IMS. Os painéis de teste foram preparados de acordo com EN2565. O não tecido 3 (Tabela 2) foi selecionado como a interfolha

para o exemplo comparativo e pré-impregnado com película de 94 gsm CYCOM 977-2 HM. A interfolha pré-impregnada depois foi depositada em camadas no semi-plano dos espécimes.

[00153] Condições de tratamento são relatadas na Tabela 13.

Tabela 13

Condições de tratamento	
Velocidade linear	~ 3 a 10 m/min
Intervalo do bocal/amostra	~ 10 a 15 mm
Potência	~ 1 a 3 KW
Dina	~ 40 a 70

[00154] Uma lista completa das amostras de teste analisadas e tratamentos com plasma é relatada na Tabela 14.

[00155] A tensão superficial depois do tratamento com plasma foi medida por tintas de teste. A medida é fundamentada no princípio de que se o líquido umedece a superfície depois da aplicação da tinta, a tensão superficial do material sendo testado é mais alta do que o valor de teste correspondente. O teste é repetido com o valor de teste mais alto seguinte até que o umedecimento falhe para ocorrer. Consequentemente, a tensão superficial do material corresponde ao valor da tinta de teste que o umedeceu por último durante pelo menos 2 segundos.

Tabela 13

Código da Amostra	Interfolha	Tratamento com plasma	Gás	Tensão superficial Dina/cm	Resistência ao descascamento (J/m ²)
Valor de referência não modificado	-	-	-	-	500
1	3	Atmosférica	Ar 1	52	600
2	3	Atmosférica	Ar 2	> 70	924
3	3	Atmosférica	Nitrogênio/ Hidrogênio 90:10	54	632

[00156] Uma melhora entre os 20 e 96 % na resistência ao descascamento foi observada para as estruturas de interfolha de não tecido

modificado por plasma depois do tratamento se comparado à amostra de teste de valor de referência não modificado como mostrado na Figura 12.

Exemplo 6

[00157] O exemplo comparativo do processo de infusão entre materiais compósitos de interfolha não tecidos e de película contínua.

[00158] Os processos de infusão foram realizados como descrito no Exemplo 3. O não tecido 3 (Tabela 2) e uma película contínua com base na mesma composição de material e espessura foram usados como interfolha para as formas de realização divulgadas neste exemplo.

[00159] A película contínua age como uma barreira de fluxo e impede a impregnação completa da amostra de teste. Uma área seca grande é claramente visível na superfície da amostra de teste modificada de película contínua como mostrado na Figura 13b. Ao contrário, o uso da solução de material integrada de não tecido preferido resultou em uma estrutura perfeitamente impregnada contendo o teor de resina calculado como mostrado na Figura 13 a.

REIVINDICAÇÃO

1. Material compósito estrutural curado ou não curado, caracterizado pelo fato de que compreende

um componente estrutural em uma forma de uma pluralidade de camadas de têxtil que compreende fibras com um módulo de elasticidade superior a 50 GPa, doravante designadas por fibras estruturais;

um componente de resina; e

uma interfolha viscoelástica tendo uma espessura variando de 50 μm a 1000 μm e uma massa por unidade de área de 10 g/m^2 a 500 g/m^2 , posicionada entre um par de camadas adjacentes do dito têxtil, dita interfolha viscoelástica sendo uma camada fina de material não tecido compreendendo pelo menos um elastômero termoplástico, ou uma mistura do mesmo, e o diâmetro da fibra na interfolha estando na faixa de 3 μm a 7 μm , ou de 10 μm a 60 μm ;

em que a interfolha viscoelástica e o componente estrutural são parcial ou completamente impregnados com o componente de resina; e

em que, após a cura, a interfolha viscoelástica é integrada no material compósito estrutural.

2. Material compósito estrutural, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras estruturais compreendem fibras de carbono.

3. Material compósito estrutural, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a resina é selecionada a partir do grupo que consiste em epóxis, agentes de cura de epóxi, fenólicos, fenóis, cianatos, poliimidas, bismaleimida (BMI), poliéterimidas, poliésteres, benzoxazinas, polibenzimidazoles, polibenzotiazóis, poliamidas, poliamidimidas, polissulfonas, poliéter sulfonas, policarbonatos, tereftalatos de polietileno e poliéter cetonas que podem ser poliéter cetona (PEK), poliéter

éter cetona (PEEK) e poliéter cetona cetona (PEKK), combinações dos mesmos e seus precursores.

4. Material compósito estrutural, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a resina é selecionada a partir de resinas epóxi.

5. Material compósito estrutural, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o material não tecido compreende pelo menos um copolímero selecionado do grupo consistindo em elastômeros termoplásticos estirênicos, poliolefinas elastoméricas e uma combinação destes.

6. Material compósito estrutural, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o material não tecido compreende um elastômero termoplástico estirênico que é um copolímero de bloco tendo um segmento elastomérico com uma Tg mais baixa e segmentos estirênicos com Tg mais alto, e que forma uma estrutura separada de microfase na temperatura ambiente.

7. Material compósito estrutural, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras estruturais compreendem fibras de vidro.

8. Material compósito estrutural, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as fibras estruturais compreendem fibras de aramida.

Figura 1

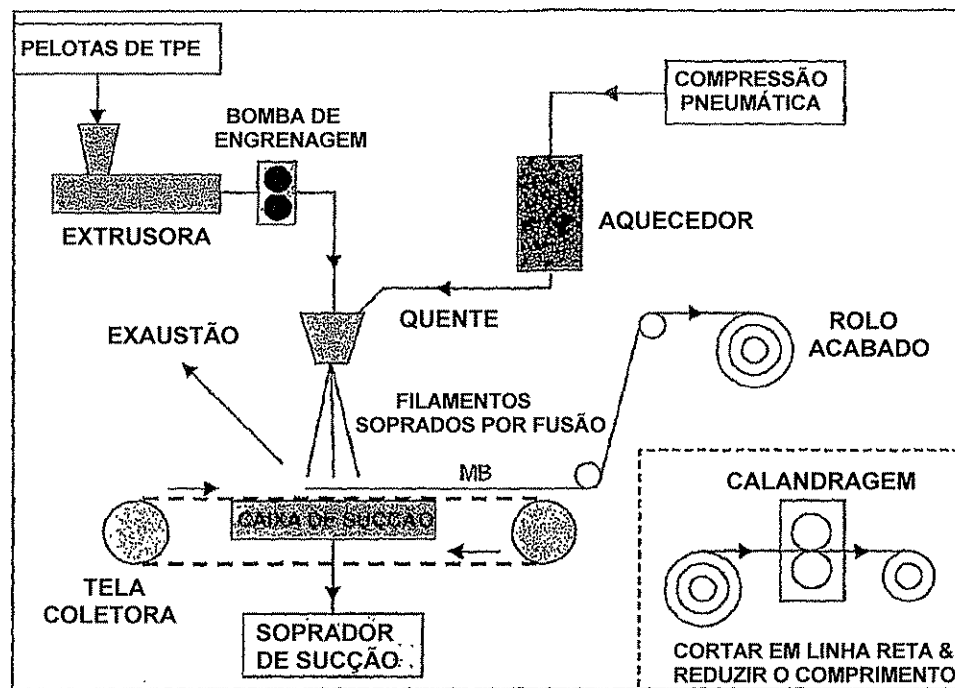


Figura 2

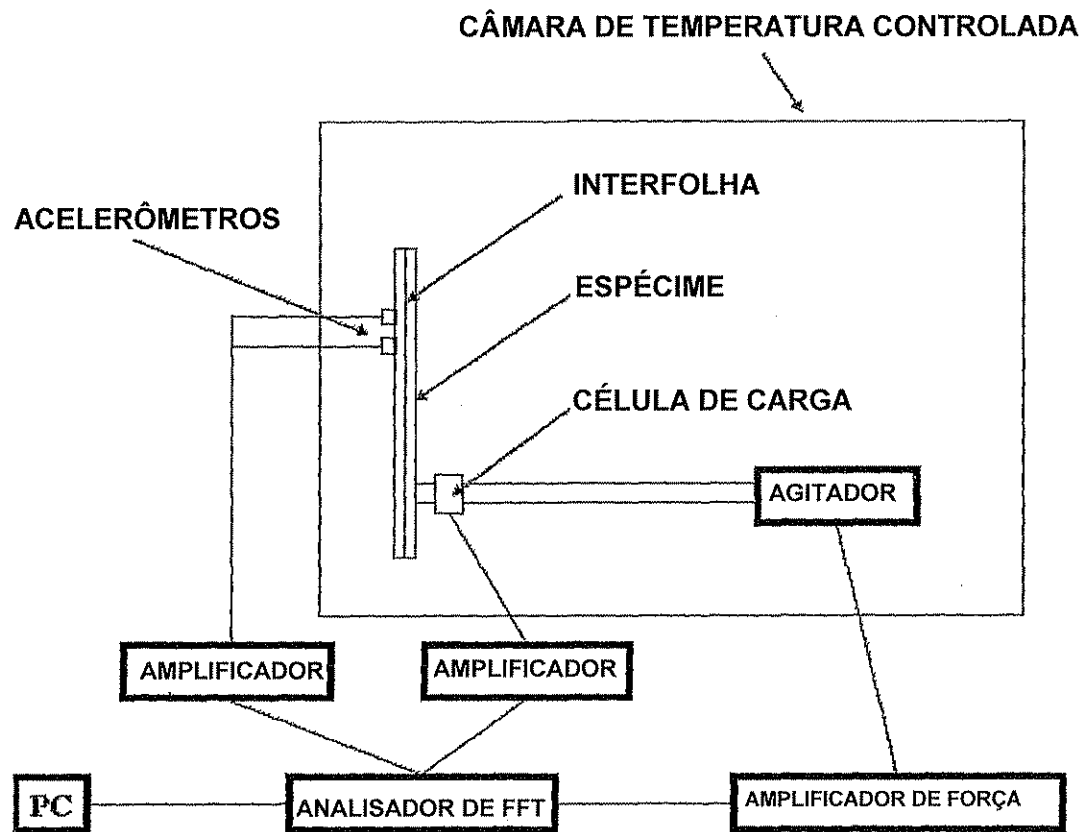


Figura 3

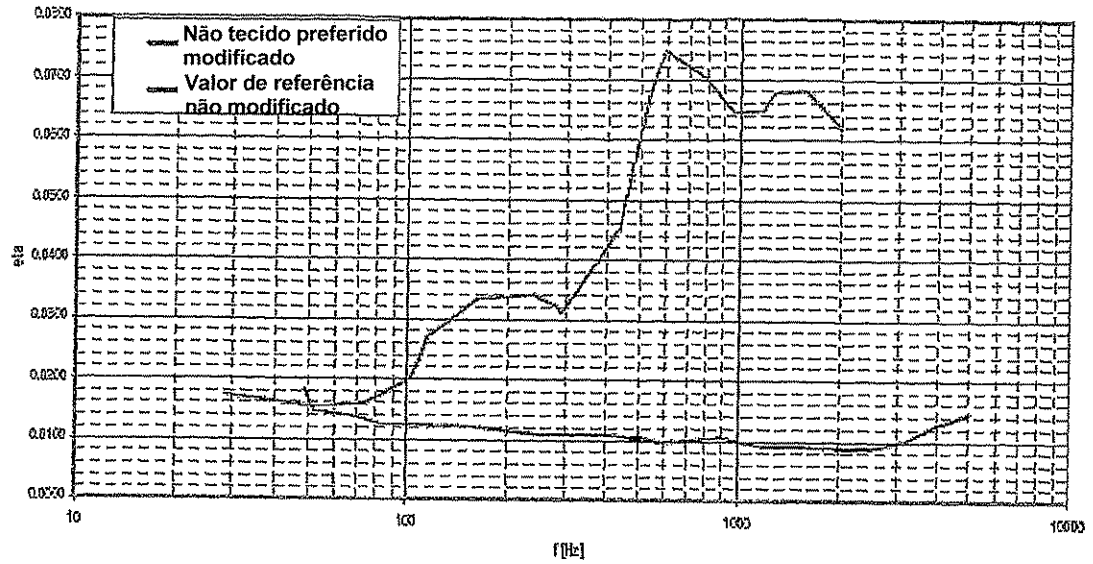
 $T = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 

Figura 4

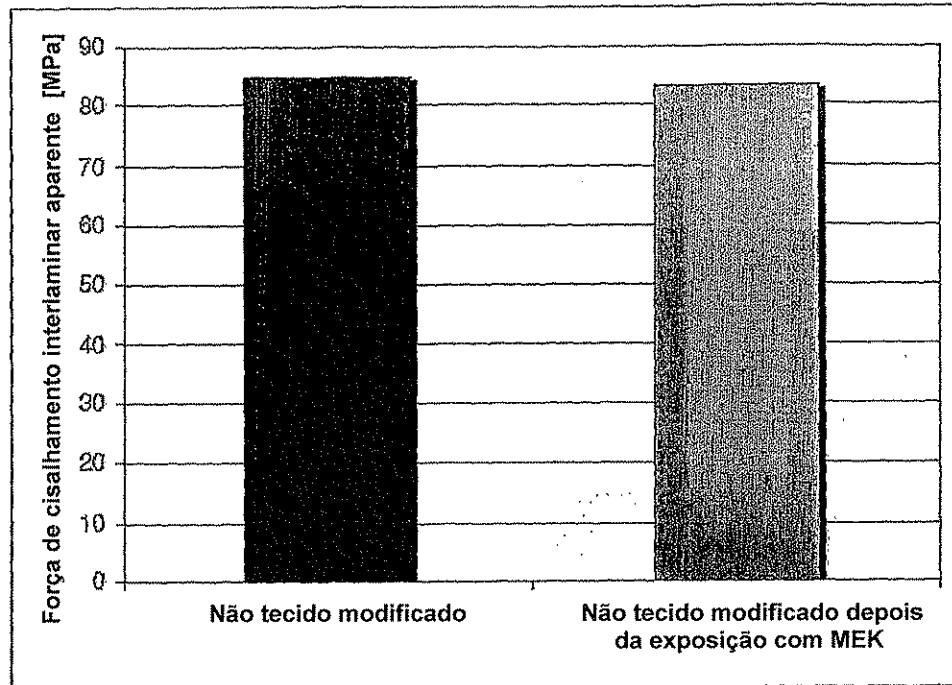


Figura 5

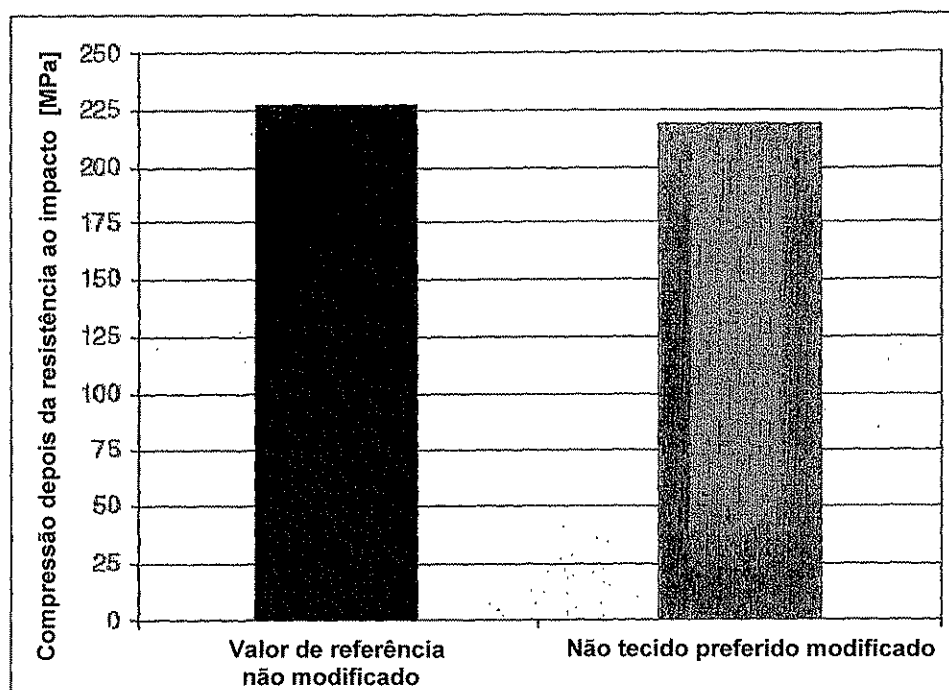


Figura 6

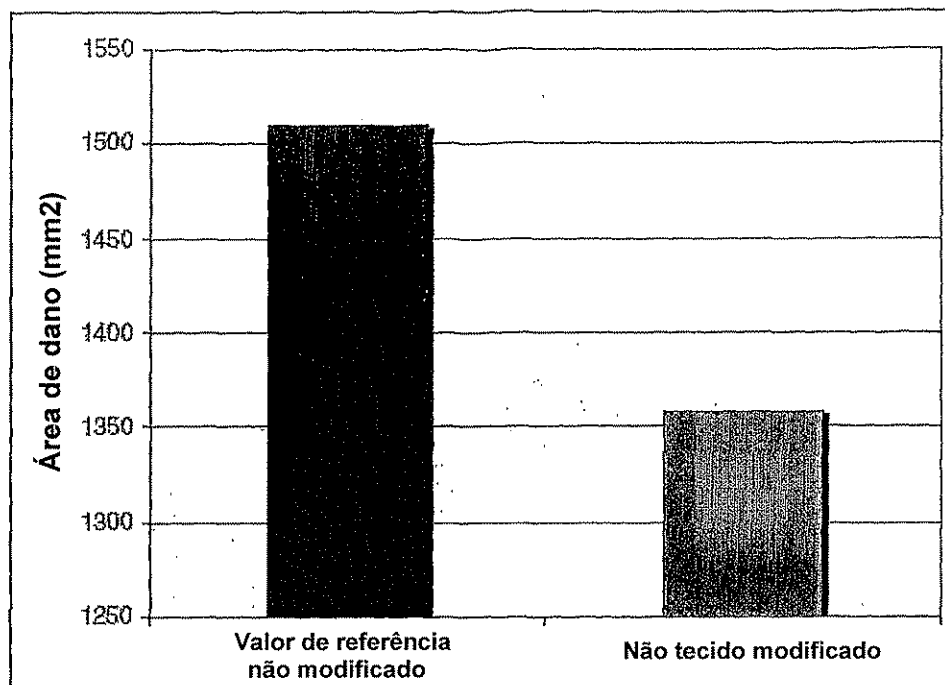


Figura 7

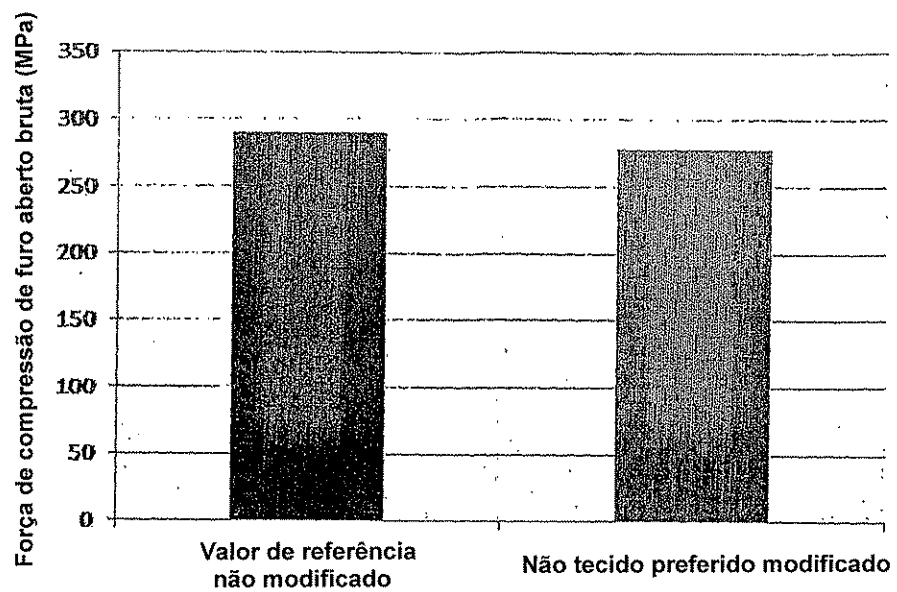


Figura 8

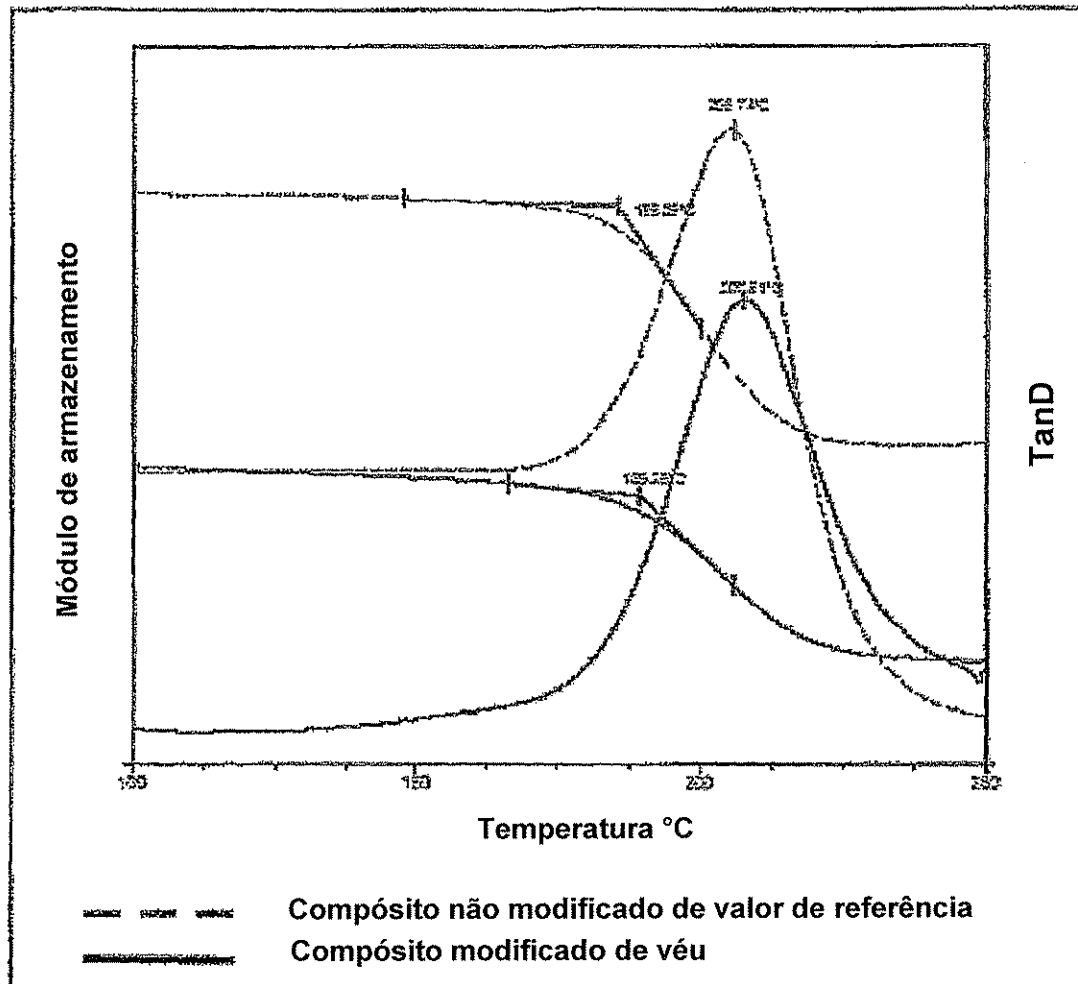


Figura 9

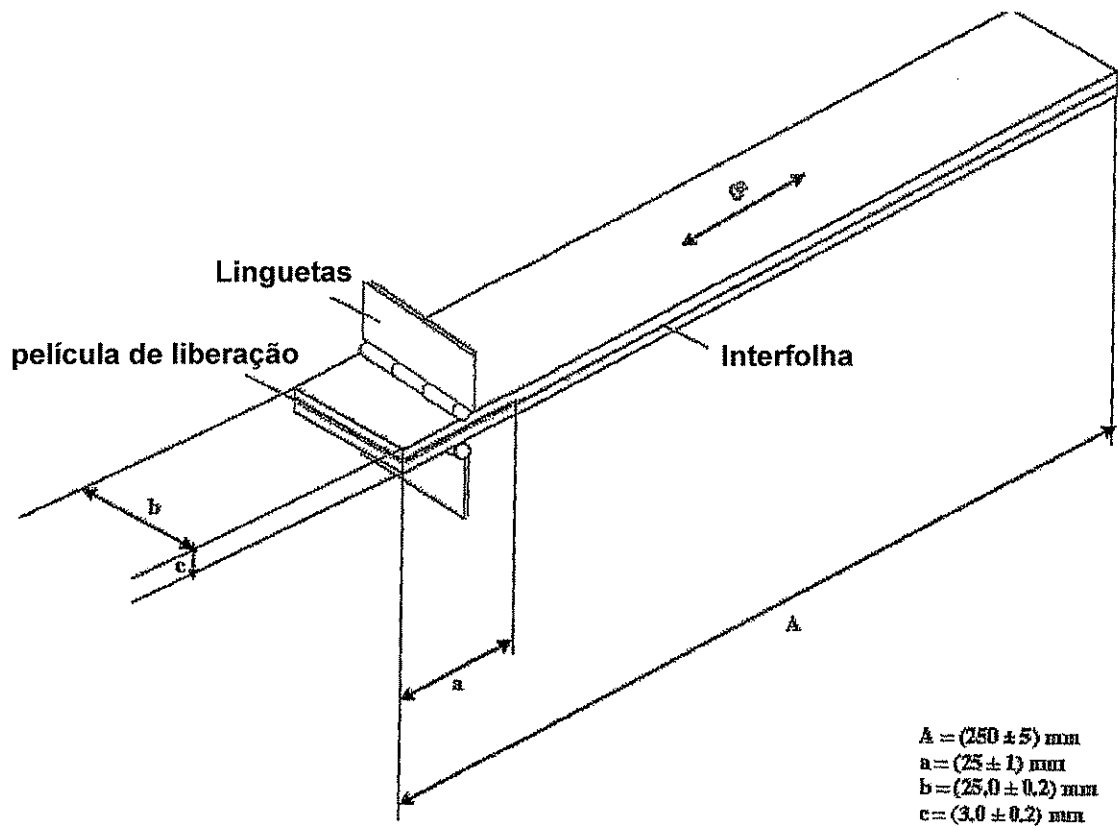
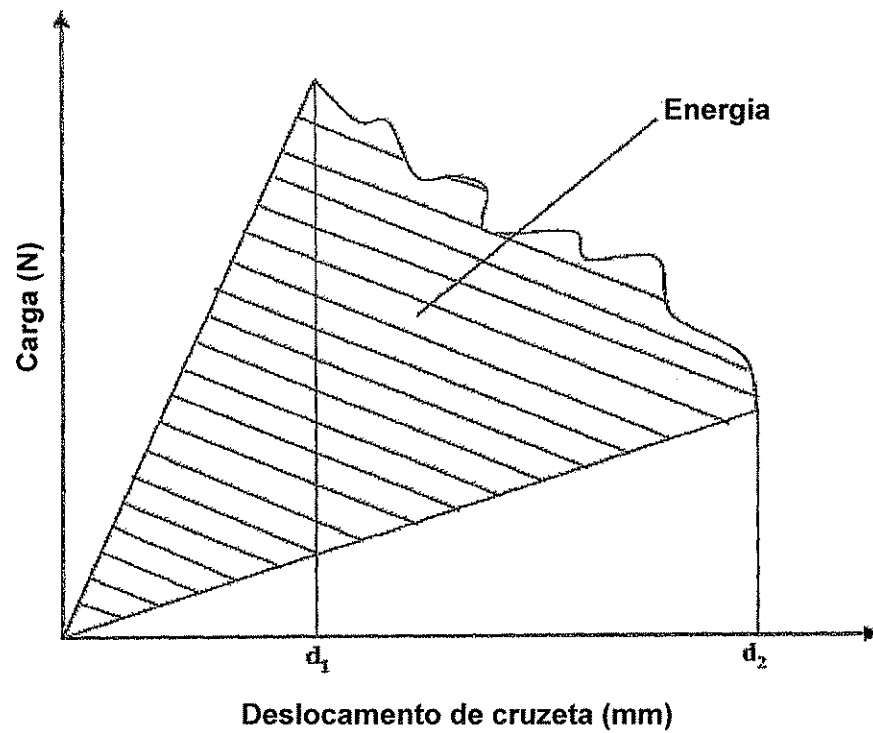


Figura 10



d_1 : Deslocamento de cruzeta no comprimento inicial da fissura
 d_2 : Deslocamento de cruzeta no comprimento final da fissura

Figura 11

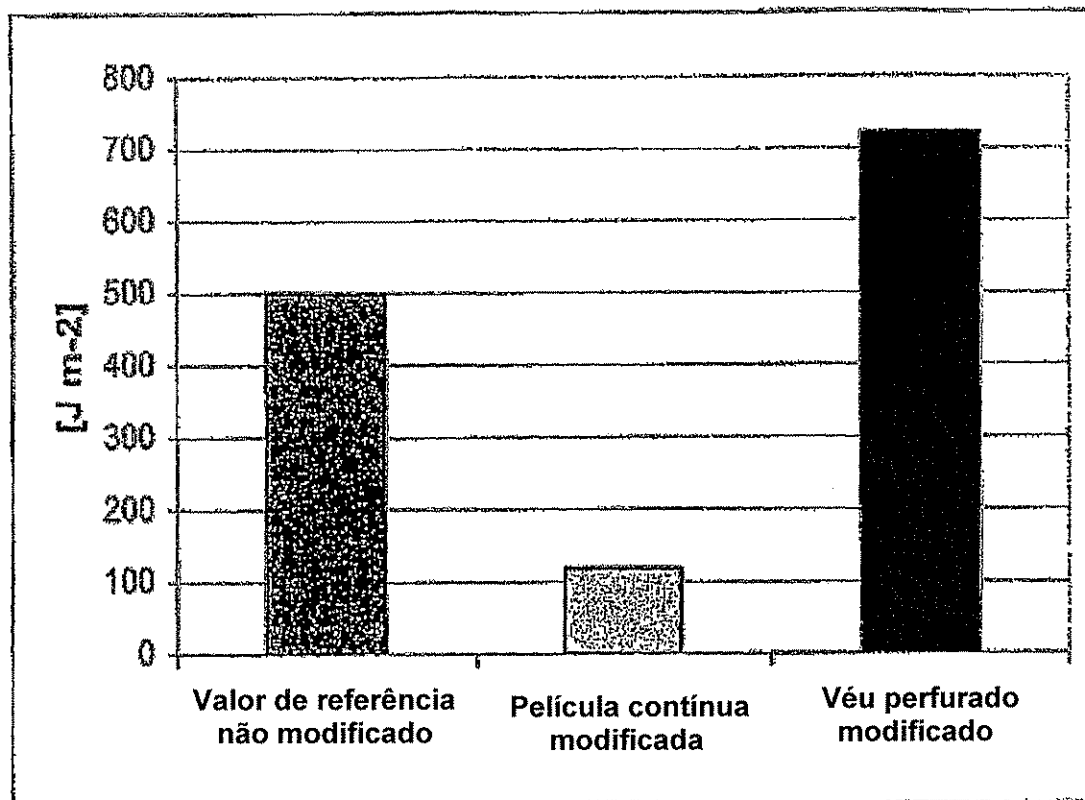


Figura 12

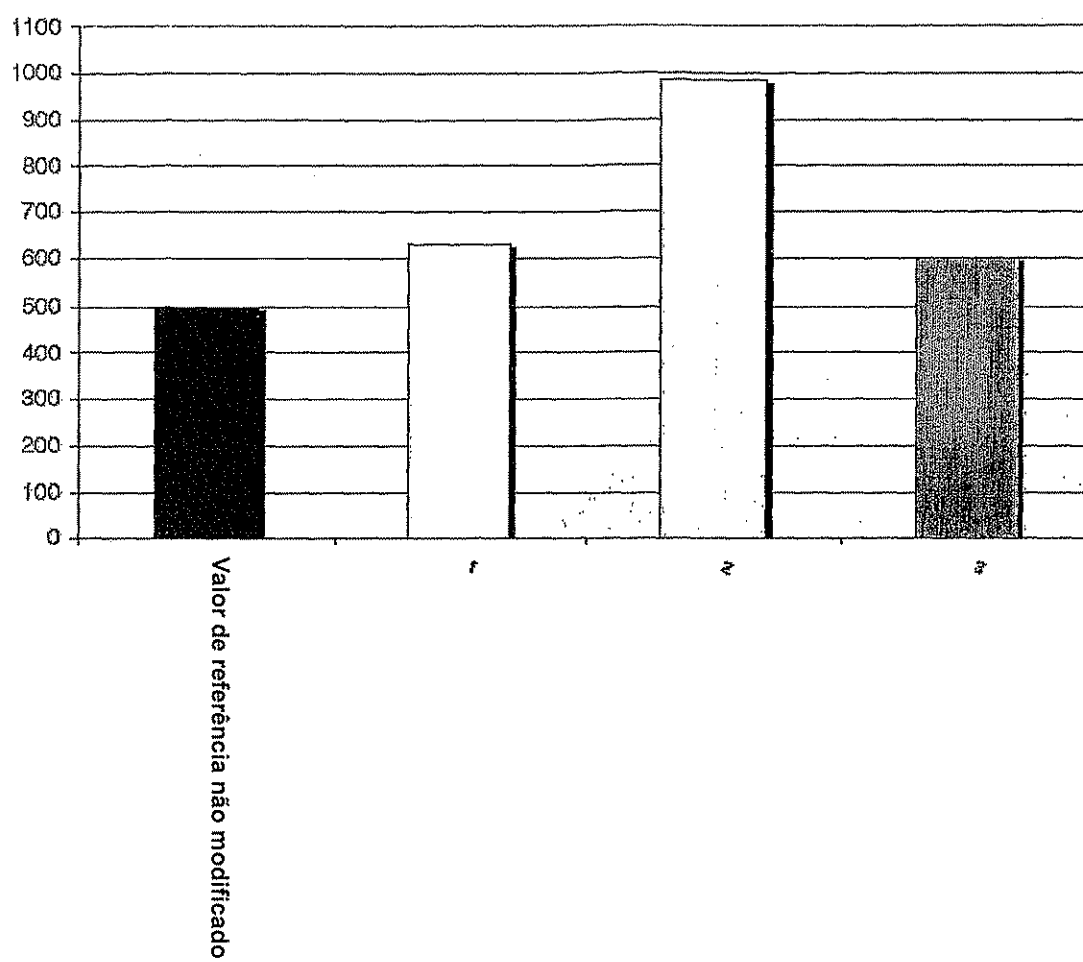


Figura 13

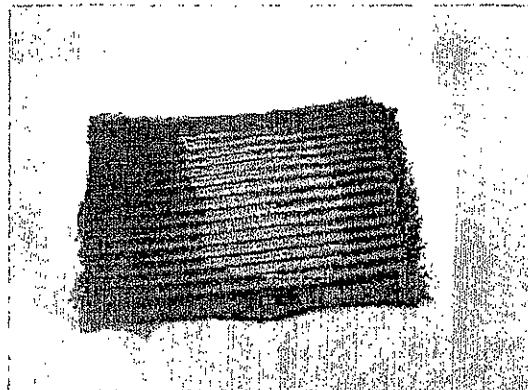
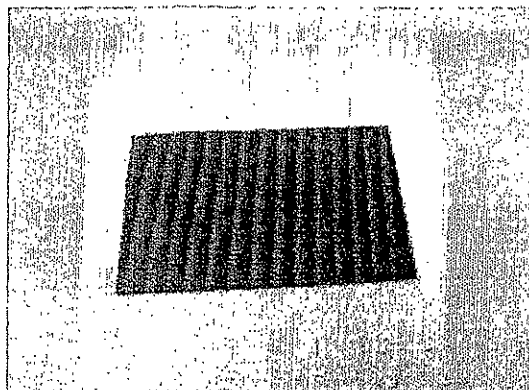


Figura 14

