



República Federativa do Brasil
Ministério de Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0809308-3 A2



(22) Data de Depósito: 21/03/2008
(43) Data da Publicação: 23/09/2014
(RPI 2281)

(51) Int.Cl.:
E04B 1/78

(54) Título: ESTRUTURAS DE MEMBRANA
ARQUITETÔNICA E MÉTODOS PARA A PRODUÇÃO
DAS MESMAS

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 23/03/2007 US 60/896,664,
24/03/2007 US 60/896,904, 26/03/2007 US 60/908,057

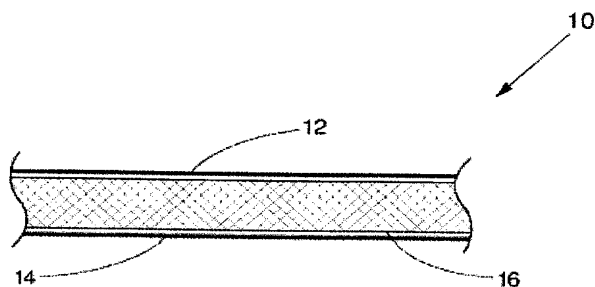
(73) Titular(es): Birdair, Inc, Cabot Corporation, Geiger Gossen
Hamilton Campbell Engineers Pc

(72) Inventor(es): Hobart C. Kalkstein, Kris P. Hamilton, Martin J.
Augustyniak

(74) Procurador(es): Orlando de Souza

(86) Pedido Internacional: PCT US2008057810 de
21/03/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/118776de
02/10/2008



ESTRUTURAS DE MEMBRANA ARQUITETÔNICAS E MÉTODOS PARA A PRODUÇÃO DAS MESMAS

PEDIDOS RELACIONADOS

Este pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório US 60/896.664, depositado em 23 de março de 2007; Pedido Provisório US 60/896.904, depositado 24 de março de 2007; e Pedido Provisório US 60/908.057, depositado em 26 de março de 2007. Os ensinamentos destes pedidos são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

As membranas arquitetônicas, também conhecidas como estruturas de tração ou tensionadas, são usadas cada vez mais na construção de aeroportos, instalações de armazenamento, arenas, centros de atividade, esportes ou locais de encontro, abóbadas, museus, alojamento e assim por diante. As membranas arquitetônicas fornecem grande flexibilidade de projeto em telhado, dosséis, toldos e outras estruturas de envoltório. Podem ser fabricados à medida em vários formatos. Os módulos pré-montados também estão disponíveis.

Os exemplos de projetos existentes que incorporam as membranas arquitetônicas incluem o Talisman Center em Calgary, Canadá, o Millennium Dome no Reino Unido, o aeroporto internacional de Denver, os telhados suportados a ar, tais como o usado na abóbada de Indianápolis RCA, e muitos outros.

As membranas arquitetônicas podem ser caracterizadas com relação a sua iluminação, energia, durabilidade ou propriedades acústicas e para performance ao fogo usando técnicas conhecidas, códigos e padrões industriais, tais

como, por exemplo, aqueles desenvolvidos pela Sociedade Americana para Teste e Materiais (ASTM). A transmissão de luz e reflectância espectral, por exemplo, podem ser determinados usando a ASTM E424; propriedades acústicas usando ASTM E-90; e performance ao fogo usando ASTM E-108 ou ASTM E-84.

As membranas arquitetônicas existentes incluem aquelas conhecidas sob o nome Sheerfill® fornecidas por Saint-Gobain Corporation. Geralmente as membranas arquitetônicas de Sheerfill® são baseadas em tecidos de fibra de vidro revestidos de Teflon® tecidos. Na instalação real, as membranas arquitetônicas de Sheerfill® são frequentemente usadas conjuntamente com um ou mais forros adicionais projetados, por exemplo, para minimizar distúrbios acústicos. As características de diversos tipos de membranas arquitetônicas de Sheerfill® são descritas, por exemplo, em Birdair's Technical Specification & Fabric Characteristics, disponíveis de www.birdair.com, os ensinamentos são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

Geralmente, os envoltórios baseados nas membranas arquitetônicas são mais claros do que estruturas permanentes, podem mais facilmente ser levantados e desmontados, e tendem a suportar forças destrutivas, tais como terremotos.

O projeto com membranas arquitetônicas frequentemente leva em consideração alguns dos mesmos critérios, por exemplo, carregamento básico, pressões de vento e outros considerados ao projetar edifícios convencionais. Tais critérios são definidos pelos códigos de edificação locais

ou códigos modelos tendo jurisdição. Além disso, o processo de projeto pode também incluir princípios em relação à geometria de tração da membrana, geração de formato, comportamento biaxial, estresse e análises estruturais, e assim por diante.

Com uma demanda aumentada para conservação de energia e materiais e práticas de construção "verde", uma necessidade continua a existir para membranas arquitetônicas leves que mantêm a flexibilidade no projeto e aplicações para as quais são normalmente usadas e ainda liberação de transmissão de luz melhorada e bom isolamento térmico. Uma necessidade também existe para sistemas tendo alta reflectância e acústica elevada, por exemplo, propriedades de reflectância de UV.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A invenção geralmente relaciona-se a uma estrutura que pode ser empregada em aplicações de tecido arquitetônicas e/ou estruturais. Muitos aspectos preferidos da invenção relacionam-se a uma estrutura de membrana arquitetônica que inclui um material tendo propriedades de transmissão de luz ou isolante, e preferivelmente ambas.

Os materiais que podem ser incorporados nas estruturas de membrana arquitetônicas da invenção incluem aerogéis e outros materiais, tais como porosos, por exemplo, materiais microporosos ou nanoporosos. Em exemplos específicos, o material é granular. Em outros exemplos, o material é um monólito, ou um material compósito. Em ainda outros exemplos, o material tem uma condutividade térmica (valor k) que permanece substancialmente o mesmo e diminui preferivelmente com carga e/ou compressão. Em exemplos

adicionais, a estrutura inclui um isolador de mancal de carga.

Em implementações específicas da invenção a estrutura de membrana arquitetônica é uma estrutura de multi-camada.

5 Por exemplo, a estrutura compreende uma primeira camada, uma segunda camada e um material, tal como aerogel monolítico ou particulado, ou um compósito de aerogel, entre a primeira e segunda camadas. Os arranjos nos quais o aerogel, ou outro material apropriado, é aderido ou de
10 outra maneira fixado a uma única camada também podem ser empregados.

Os aspectos da invenção também são direcionados a uma estrutura de membrana arquitetônica tendo uma condutividade térmica ou valor k que permanece essencialmente o mesmo ou
15 diminui com carga e/ou compressão.

Em muitas implementações, as membranas arquitetônicas da invenção têm uma ou mais das seguintes propriedades: uma transmitância de luz maior do que 0,25, preferivelmente maior do que 0,5%, e até 0,80% e maior; uma reflectância de
20 pelo menos 60%, preferivelmente de pelo menos 70%, mais preferivelmente de 80% e maior; um coeficiente de ganho solar de pelo menos 0,05; um valor de R na faixa de 3 a 38; e/ou outros, como descritos mais abaixo.

As modalidades da invenção também relacionam-se a um
25 método para fabricar uma estrutura de membrana arquitetônica. Em um exemplo, o método compreende a fixação de um material de aerogel entre uma primeira e segunda camadas.

As modalidades da invenção podem ser usadas em
30 envoltórios arquitetônicos ou estruturais tais como telhado,

dosséis, paredes, toldos, estruturas suportadas por ar, por exemplo, almofadas ou travesseiros, e outros elementos de construção, onde a estrutura divulgada aqui pode substituir as membranas arquitetônicas existentes, que são feitas de tecido ou filme estrutural flexível, revestido ou laminado e podem cumprir exigências de carga impostas e transmitir as cargas aos elementos de suporte.

Como com membranas arquitetônicas convencionais, a estrutura da invenção é leve, tem propriedades de tração apropriadas para a tecnologia de estrutura de tecido e pode suportar quantidades razoáveis de neve acumulada. Pode ser projetada para vários formatos e aplicações e pode ter boa durabilidade e propriedades de resistência ao fogo. Em muitos casos, a estrutura é translúcida, diminuindo ou minimizando a necessidade para iluminação interior. Preferivelmente tem boas propriedades de isolamento e pode ajudar a reduzir as exigências de aquecimento e/ou resfriamento e custos. Em algumas modalidades, a invenção torna possível o uso de elementos de tecido mais leves, mais translúcidos para obter a mesma força total e custos menores do que sistemas de isolamento existentes.

Por exemplo, o compósito tipo sanduíche divulgado aqui pode ser mais fino do que os sistemas existentes que empregam as membranas de Sheerfill®. O arranjo de tri-camada utilizado em alguns aspectos da invenção também pode ser mais simples e mais fácil para fabricar do que alguns dos sistemas de membrana existentes que incluem quatro ou mais camadas. Em muitos casos, quando a membrana ou camada inferior do compósito tipo sanduíche da invenção é instalada e tensionada, está estruturalmente em uso e pode,

portanto, servir como uma barreira ao espaço fechado de modo que o ajuste e o revestimento podem ser seguramente iniciados cedo durante o processo de construção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

5 Nos desenhos acompanhantes, os caracteres de referência referem-se às mesmas partes durante todas vistas diferentes. Os desenhos não são necessariamente dimensionados; ao invés, ênfase foi colocada em ilustrar os princípios da invenção. Dos desenhos:

10 A FIG. 1 é uma vista de seção transversal de um compósito arquitetônico ou estrutural da invenção, mostrando as camadas externas e inserção, ou camada interna.

15 A FIG. 2 é uma vista de seção transversal de um arranjo incluindo um sistema de fixação que fixa um compósito arquitetônico ou estrutural da invenção.

 A FIG. 3 é uma vista de seção transversal de outro arranjo incluindo outra versão de um sistema de fixação que fixa um compósito arquitetônico ou estrutural da invenção.

20 A FIG. 4A é uma vista lateral de seção transversal de uma construção incluindo um telhado que pode empregar o compósito da invenção.

 A FIG. 4B é uma vista plana da construção mostrada na FIG. 4A.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

25 As características acima e outras da invenção incluindo vários detalhes de construção e combinações de partes, e outras vantagens, serão descritas agora mais particularmente em referência aos desenhos acompanhantes e indicados nas reivindicações. Será compreendido que o
30 método e dispositivo particulares incorporando a invenção

são mostrados por modo de ilustração e não como uma limitação da invenção. Os princípios e características desta invenção podem ser empregados em várias e numerosas modalidades sem sair do escopo da invenção.

5 A invenção relaciona-se geralmente aos elementos arquitetônicos e/ou estruturais, mais especificamente às "estruturas de tecido" também referidas aqui como "estruturas de membrana arquitetônicas", "estruturas arquitetônicas" ou simplesmente como "estruturas" ou
10 "compósitos", os últimos dois termos sendo usados permutavelmente. Em muitas modalidades a invenção relaciona-se a uma estrutura arquitetônica que é flexível e em multi-camada, isto é, tem duas ou mais camadas.

 Em alguns aspectos a estrutura é uma estrutura
15 tensionada ou de tração que tipicamente suporta o estresse de tensão somente, sem compressão ou dobra. Em exemplos específicos, a estrutura divulgada aqui cumpre um Padrão Industrial proposto por suportar a tensão ou cisalhamento somente no plano da membrana.

20 Em outros aspectos a estrutura pode ser usada como um substituto para as membranas arquitetônicas existentes empregadas em aplicações de tecido estruturais, tais como, por exemplo, membranas de tração, membranas arquitetônicas suportadas por ar, almofadas ou travesseiros, membranas
25 plissadas, membranas suportadas de tensegridade, revestimentos flexíveis suportados de abóbada e armação, fachadas de construção, telhados, envoltórios de construção, e assim por diante. Os tecidos arquitetônicos existentes podem ser classificados como estruturas permanentes ou
30 estruturas móveis e o compósito divulgado aqui pode ser

utilizado em combinação com ou como um substituto para ambos.

Em implementações específicas da invenção, o compósito ou estrutura incluem uma primeira camada, uma segunda
5 camada, estas camadas também que estão sendo referidas aqui como "camadas externas", e uma camada interna, também referida aqui como "camada de inserção" ou "inserção" entre a primeira e segunda camadas. É mostrada na FIG. 1, por exemplo, a estrutura de tri-camada 10 a qual inclui as
10 camadas externas 12 e 14 e a inserção 16 impressada no meio. Com relação às instalações de envoltório reais, as camadas externas podem ser referidas como as camadas inferiores e superiores, com a camada superior para fora do interior da estrutura arquitetônica. Uma ou ambas camadas externas
15 podem ser fornecidas com um ou mais forros ou revestimentos. Quando instaladas uma ou ambas camadas pode ser tensionadas.

As camadas e/ou inserções adicionais podem ser empregadas. Por exemplo, uma primeira inserção pode ser encontrada empilhada em uma primeira camada e coberta com
20 uma segunda camada que, por sua vez, suporta uma segunda inserção, coberta com uma outra camada, com inserções opcionais e camadas adicionais dispostas acima.

Em alguns aspectos da invenção, uma ou mais camadas interiores (não mostradas na FIG., 1) podem estar presentes,
25 por exemplo, intercaladas, dentro da inserção. Em outros aspectos, pelo menos uma camada externa adicional, (também não mostrada na FIG. 1) é disposta acima ou abaixo da camada superior ou inferior, respectivamente.

Estas camadas podem ser usadas para melhorar as
30 propriedades desejadas na estrutura total, por exemplo,

aumentar a força total, aumentar a resistência ao desgaste, fornecer propriedades acústicas, solares e/ou de luz desejáveis. As camadas interiores e/ou camadas externas adicionais podem ocupar a superfície inteira de estrutura
5 ou podem ser fornecidas em regiões específicas. [0032]

As camadas externas podem ser as mesmas ou diferentes. O tecido ou membranas arquitetônicas existentes, ou camadas do mesmo, podem ser empregadas. Uma ou ambas camadas externas podem ser membranas de tecido reforçadas. As
10 camadas externas não estruturais também podem ser usadas. Uma ou ambas camadas externas podem incluir um forro ou podem as próprias ser um compósito. As membranas usadas em estruturas suportadas por ar também podem ser utilizadas como uma ou ambas camadas externas.

15 As camadas externas são feitas sob medida e formadas para cumprir as especificações de construção e projeto e podem ter a mesma espessura ou diferente. A espessura de camada pode ter, por exemplo, pelo menos aproximadamente 0,10 milímetro (mm) e até aproximadamente 60 mm. Geralmente,
20 as camadas têm uma espessura dentro da faixa de aproximadamente 22 mm a aproximadamente 40 mm.

Em um exemplo, uma ou ambas camadas externas incluem materiais tecidos. Em outro exemplo, uma ou ambas camadas externas são não tecidas.

25 Em aspectos preferidos da invenção, pelo menos um e preferivelmente ambas as camadas externas são translúcidas. As camadas externas tendo resistência estrutural, a fogo, a UV, a mofo, a água e/ou ao tempo são preferidas.

Materiais que podem ser empregados para fabricar uma
30 ou ambas camadas externas incluem, mas não são limitadas a,

fibra de vidro, materiais de malha, por exemplo, malha de metal, placa fibrosa, aramidos, olefinas, náilon, acrílicos, poliéster, fibras naturais, por exemplo, algodão, halopolímeros, por exemplo, politetrafluoroetileno (PTFE),
5 disponível, por exemplo, sob o nome comercial de Teflon®, e assim por diante, bem como combinações de materiais. As folhas tais como, por exemplo, aquelas feitas de tetrafluoroetileno de etileno (ETFE), disponível, por exemplo, sob a designação de Tefzel® da Du Pont também
10 podem ser usadas.

Se tecidas ou não tecidas, a primeira e/ou segunda camadas podem ser revestidas com PTFE, vinil, por exemplo, cloreto de polivinila (PVC), silicone, uretanos, acrílico, dióxido de titânio (TiO₂), outros materiais ou combinações
15 dos mesmos. O revestimento pode ser aplicado por pintura, imersão, pulverização, técnicas de depósito de vapor, laminação ou outros processos conhecidos na técnica.

Em uma modalidade, pelo menos uma e preferivelmente ambas camadas externas são fabricadas de materiais de membrana Sheerfill® disponíveis de Saint-Gobain Corporation.
20 Outras membranas de fibra de vidro Revestidas de PTFE disponíveis comercialmente que podem ser usadas incluem as membranas Solus® de Taconic International Ltd., Duraskin® de Verseidag Seemee US Inc. ou membranas de fibra de vidro
25 revestidas de PTFE de Chukoh Chemical Industries LTD. Também apropriadas são as membranas de PTFE (ePTFE) tecidas expandidas, tais como aquelas conhecidas sob o nome comercial de Tenara® de W.L. Gore Assoc. Inc.

As membranas de fibra de vidro revestidas de silicone
30 comercialmente disponíveis que podem ser utilizadas incluem

Archifab® de Fabrimax, Atex® de Interglas e Sky® 300 das Ferrari Textiles. As membranas de poliéster revestidas de silicone são aquelas sendo desenvolvidas por PD Interglas. As membranas de poliéster tingidas por solução estão
5 comercialmente disponíveis como Weatherman FR® por Safety Components Fabric Technologies Inc ou Fireset HUV® de Glen Raven Custom Fabrics L.L.C.

As membranas a base de olefina incluem aquelas conhecidas sob o nome de Nova-Shield® por Engineered Coated
10 Products, de Twillium® por Inter Wrap e Landmark® por Synthesis Fabrics. Os exemplos de malha tricotada de ponto aberto de olefina incluem Politex® de Solarfab Inc. e Coolaroo® de Gale Pacific. O fluoreto de polivinilideno (PVDF) tecido está disponível comercialmente de Duckers &
15 Friends sob a designação de Fugalux®.

Os poliésteres revestidos de acrílico comercialmente disponíveis que podem ser empregados para formar as primeira e/ou segunda camadas incluem Main Street® de John Boyle, Avenue® de Graniteville Specialty Fabrics e Holiday®
20 de Marchem Coated Fabrics Inc.

As membranas fotovoltaicas, tais como Power-Film® de PowerFilm Inc. e Power Plastics® de Konarka Technologies podem também ser usadas.

Uma ou ambas camadas externas também podem ser feitas
25 de outros materiais que são flexíveis e preferivelmente fortes o suficiente para aplicações de membrana de tração arquitetônica.

Opcionalmente, uma ou ambas as camadas externas são revestidas com um filme refletivo de ultravioleta (UV), uma
30 tintura ou filme resistente a risco ou outro revestimento

apropriado.

Se as camadas externas adicionais e/ou camadas interiores são empregadas, podem ser fabricadas de materiais, tais como aqueles divulgados aqui ou de outros
5 materiais apropriados.

Os arranjos usando uma inserção fixada, por exemplo, por adesão, a uma camada também podem ser empregados. Por exemplo, uma estrutura de membrana arquitetônica pode consistir de uma única camada forrada pela inserção ou pode
10 incluir uma camada tendo a inserção fixada a ela.

Em muitas implementações da invenção, a estrutura de membrana arquitetônica inclui aerogel ou outro material poroso, preferivelmente nanoporoso. Em alguns exemplos, o material pode ser fornecido como um forro a uma ou ambas
15 camadas externas. Em modalidades preferidas, o material está presente na camada de inserção em que pode consistir, consistir essencialmente ou pode compreender aerogel e/ou outro material poroso.

Os aerogéis são sólidos porosos de baixa densidade
20 tendo um grande volume de poro de intrapartícula. Geralmente, são produzidos removendo o líquido de poro de um gel molhado. Entretanto, o processo de secagem pode ser complicado pelas forças capilares nos poros de gel, que podem causar encolhimento ou densificação de gel. Em uma
25 abordagem de fabricação, o colapso da estrutura tridimensional é essencialmente eliminado usando a secagem supercrítica. Um gel molhado também pode ser seco usando uma pressão ambiente, também referida como processo de secagem não supercrítica. Quando aplicada, por exemplo, a
30 um gel molhado a base de sílica, a modificação de

superfície, por exemplo, aparo de bordas, realizado antes da secagem, previne o encolhimento permanente no produto seco. O gel pode ainda encolher durante a secagem, mas retorna recuperando sua porosidade anterior.

5 O produto referido como "xerogel" também é obtido de géis molhados dos quais o líquido foi removido. O termo frequentemente designa um gel seco comprimido pelas forças capilares durante a secagem, caracterizado por mudanças permanentes e colapso da rede de fase sólida.

10 Por conveniência, o termo "aerogel" é usado aqui em um sentido geral, referindo-se a ambos "aerogéis" e "xerogéis".

Os aerogéis têm tipicamente baixas densidades de massa (aproximadamente $0,15 \text{ g/cm}^3$ ou menos, preferivelmente aproximadamente $0,03$ a $0,3 \text{ g/cm}^3$), áreas de superfície
15 muito elevadas (geralmente de aproximadamente 300 a aproximadamente 1.000 metros quadrados por grama (m^2/g) e maior, preferivelmente de aproximadamente 600 a aproximadamente $1000 \text{ m}^2/\text{g}$), porosidade elevada (aproximadamente 90% e maior, preferivelmente maior do que
20 aproximadamente 95%), e um volume de poro relativamente grande (aproximadamente 3 mililitros por grama (mL/g), preferivelmente aproximadamente $3,5 \text{ mL/g}$ e mais elevados). Os aerogéis podem ter uma estrutura nanoporosa com poros menores que $1 \text{ micron } (\mu\text{m})$. Frequentemente, os aerogéis têm
25 um diâmetro de poro médio de aproximadamente 20 nanômetros (nm). A combinação destas propriedades em uma estrutura amorfa dá valores de condutividade térmica baixos (por exemplo, 9 a 16 (mW)/m.k em uma temperatura média de 37°C e 1 atmosfera de pressão). Os aerogéis podem ser quase
30 transparentes ou translúcidos, dispersando luz azul, ou

podem ser opacos.

Um tipo comum de aerogel é a base de sílica. Os aerogéis baseados em óxidos de metais diferentes de silício, por exemplo, alumínio, zircônio, titânio, háfnio, vanádio, ítrio e outros, ou misturas dos mesmos podem ser também utilizados.

Também são conhecidos aerogéis orgânicos, por exemplo, resorcinol ou melamina combinado com formaldeído, polímeros dendríticos, e assim por diante, e a invenção também poderia ser praticada usando estes materiais.

Os materiais de aerogel e processos apropriados para sua preparação são descritos, por exemplo, no Pedido de Patente US 2001/0034375 a Schwertfeger e col., publicado em 25 de outubro de 2001, os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

O material de aerogel empregado pode ser hidrofóbico. Como usado aqui, os termos "hidrofóbico" e "hidrofobizado" refere-se a aerogel parcialmente hidrofobizado, bem como completamente. A hidrofobicidade de um aerogel parcialmente hidrofobizado pode ser aumentada. Em aerogéis completamente hidrofobizados, um grau de cobertura máximo é alcançado e essencialmente todos os grupos quimicamente atingíveis são modificados.

A hidrofobicidade pode ser determinada pelos métodos conhecidos na técnica, tais como, por exemplo, medidas de ângulo de contato ou por molhabilidade de metanol (MeOH). Uma discussão de hidrofobicidade com relação aos aerogéis é encontrada na Patente US N°. 6.709.600 B2 emitida a Hrubesh e col. em 23 de março de 2004, os ensinamentos das quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

Os aerogéis hidrofóbicos podem ser produzidos usando agentes hidrofobizantes, por exemplo, agentes sililantes, compostos contendo halogênio e em particular flúor, tais como alcóxisilanos ou os alcóxisiloxanos contendo flúor, por exemplo, trifluoropropiltrimetóxisilano (TFPTMOS), e outros compostos hidrofobizantes conhecidos na técnica. Os agentes hidrofobizantes podem ser usados durante a formação de aerogéis e/ou em etapas de processamento subsequentes, por exemplo, tratamento de superfície.

Os compostos sililantes tais como, por exemplo, silanos, halosilanos, haloalquilsilanos, alcóxisilanos, alcóxialquilsilanos, alcóxihalosilanos, disiloxanos, disilazanes e outros são preferidos. Os exemplos de agentes sililantes apropriados incluem, mas não são limitados a, dietildiclorosilano, alilmetildiclorosilano, etilfenildiclorosilano, feniletildietoxisilano, trimetilalcóxisilanos, por exemplo, trimetilbutóxisilano, 3,3,3-trifluoropropilmetildiclorosilano, sindifeniltetrametildisiloxano, triviniltrimetilciclotrisiloxano, hexaetildisiloxano, pentilmetildiclorosilano, divinildipropoxisilano, vinildimetilclorosilano, vinilmetildiclorosilano, vinildimetilmetóxisilano, trimetilclorosilano, hexametildisiloxano, hexenilmetildiclorosilano, hexenildimetilclorosilano, dimetilclorosilano, dimetildiclorosilano, mercaptopropilmetildimetóxisilano, bis{3-(triethóxisilil)propil}tetrasulfito, hexametildisilazano e combinações dos mesmos.

O aerogel pode estar em forma granular, pélete, grânulo, pó, ou outro particulado e em qualquer tamanho de

partícula apropriado para uma aplicação pretendida. Por exemplo, as partículas podem estar dentro da faixa de aproximadamente 0,01 microns (μm) a aproximadamente 10,0 milímetros (mm) e preferivelmente ter um tamanho de partícula médio na faixa de 0,3 a 4,0 mm.

Os exemplos de materiais de aerogel disponíveis comercialmente na forma particulada são aqueles fornecidos sob o nome comercial de Nanogel® por Cabot Corporation, Billerica, Massachusetts. Os grânulos de Nanogel® têm área de superfície elevada, são maiores do que aproximadamente 90% porosos e estão disponíveis em um tamanho de partícula variando, por exemplo, de aproximadamente 8 μm a aproximadamente 10 mm.

O aerogel também pode ser produzido em formato monolítico, por exemplo, como uma estrutura rígida, semirrígida, semiflexível ou flexível, por exemplo, os compósitos em forma de lona que incluem fibras. Os monólitos flexíveis ou semiflexíveis são preferidos para uso na inserção descrita aqui.

Se em formato particulado ou monolítico, o aerogel pode incluir um ou mais aditivos tais como fibras, opacificantes, pigmentos de cor, tinturas e misturas dos mesmos. Por exemplo, um aerogel de sílica pode ser preparado para conter aditivos, tais como fibras e/ou um ou mais metais ou compostos dos mesmos. Os exemplos específicos incluem alumínio, estanho, titânio, zircônio ou outros metais não silicosos, e óxidos dos mesmos. Exemplos não limitantes de opacificantes incluem negro de carbono, dióxido de titânio, silicato de zircônio, e misturas dos mesmos. Os aditivos podem ser fornecidos em quaisquer

quantidades apropriadas, por exemplo, dependendo das propriedades desejadas e/ou aplicação específica.

Os materiais de compósito que incluem fibras e aerogel (por exemplo, aerogéis reforçados de fibra) e, 5 opcionalmente, pelo menos um aglutinante também podem ser empregados. As fibras podem ter qualquer estrutura apropriada. Por exemplo, as fibras podem não ter nenhuma estrutura (por exemplo, fibras desassociadas). As fibras podem ter uma estrutura de matriz ou estrutura tipo lona 10 similar que pode ser padronizada ou irregular e aleatória. Os compósitos preferidos de materiais compreendendo fibras incluem compósitos formados de aerogéis e fibras em que as fibras têm a forma de uma estrutura fibrosa refinada (*lofty*), placa ou uma forma que se assemelha a uma esponja de palha 15 de aço. Os exemplos de materiais apropriados para uso na preparação da estrutura fibrosa refinada incluem fibra de vidro, fibras poliméricas orgânicas, fibras de sílica, fibras de quartzo, fibras a base de resina orgânica, fibras de carbono, e similares. O material tendo uma estrutura 20 fibrosa refinada pode ser usada sozinha ou em combinação com um segundo, material de célula aberta, por exemplo, um material de aerogel. Por exemplo, uma manta pode ter um aerogel de sílica dispersado dentro de um material tendo uma estrutura fibrosa refinada.

25 Outros materiais de compósito apropriados em formar a camada de inserção incluem pelo menos um aerogel e pelo menos uma espuma sintática. O aerogel pode ser revestido para prevenir a intrusão do polímero nos poros do aerogel, como descrito, por exemplo na Publicação Internacional N°. 30 WO 2007047970, com o título Aerogel Based Composites, os

ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

Em um exemplo específico, a inserção é ou inclui um monólito de aerogel rachado, tal como descrito na Patente
5 US N°. 5.789.075, emitida em 4 de agosto de 1998 a Frank e col., os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade. Preferivelmente, as rachaduras envolvem os fragmentos de aerogel que são conectados por fibras. Os fragmentos de aerogel podem ter
10 um volume médio de $0,001 \text{ mm}^3$ a 1 cm^3 . Em um compósito, os fragmentos de aerogel têm um volume médio de $0,1 \text{ mm}^3$ a 30 mm^3 .

Em outro exemplo específico, a inserção é um compósito que inclui o material de aerogel, um aglutinante e pelo
15 menos um material de fibra como descrito, por exemplo, na Patente US N°. 6.887.563, emitida em 3 de maio de 2005 a Frank e col., os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

Outros exemplos específicos de inserções a base de
20 aerogel são os compósitos de rede de fibra/aerogel que incluem fibras bicomponentes como divulgado na Patente US N°. 5.786.059 emitida em 28 de julho de 1998 a Frank e col., os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade. Tais compósitos usam pelo
25 menos uma camada de rede de fibra e partículas de aerogel, em que a rede de fibra compreende pelo menos um material de fibra bicomponente, o material de fibra bicomponente tendo regiões de fusão maiores e menores e as fibras da rede sendo ligadas não somente às partículas de aerogel, mas
30 também entre elas pelas regiões de fusão menores do

material de fibra. Em algumas aplicações, as fibras de bicomponentes são fibras fabricadas que são compostas de dois polímeros firmemente interconectados de construções químicas e/ou físicas diferentes e tendo regiões com pontos
5 de fusão diferentes, isto é regiões de fusão menores e maiores.

Como descrito na patente referida acima, as fibras bicomponentes podem ter uma estrutura de núcleo-cobertura. O núcleo da fibra é um polímero, preferivelmente um
10 polímero termoplástico, cujo ponto de fusão é maior do que o do polímero termoplástico que forma a cobertura. As fibras bicomponentes são preferivelmente fibras bicomponentes de poliéster/copolíéster. É também possível usar as variações de fibra bicomponente composta de
15 poliéster/poliolefina, por exemplo poliéster/poliétileno, ou poliéster/copoliolefina ou fibras bicomponentes tendo um polímero de cobertura elástica. As fibras bicomponentes lado a lado podem também ser empregadas.

A rede de fibra pode ainda compreender pelo menos um
20 material de fibra simples que se torna ligado às regiões de fusão menores das fibras bicomponentes no curso de consolidação térmica. As fibras simples são fibras de polímero orgânico, por exemplo, fibras de poliéster, poliolefina e/ou poliamida, preferivelmente fibras de
25 poliéster. As fibras podem ser redondas, trilobal, pentalobal, octalobal, fitada, como uma árvore de Natal, formato de altere ou de outra maneira formato de estrela na seção transversal. É similarmente possível usar fibras ocas. O ponto de fusão destas fibras simples deve estar acima do
30 das regiões de fusão mais baixas das fibras bicomponentes.

Em exemplos específicos adicionais, a camada de inserção está na forma de uma folha ou manta de aerogel. A folha ou manta podem incluir, por exemplo, partículas de aerogel dispersadas nas fibras. Em outros casos, a folha ou
5 manta incluem a placa fibrosa com aerogel contínuo por toda parte. As folhas ou mantas podem ser produzidas, por exemplo, de estruturas de gel molhadas como descrito nas Publicações de Pedido de Patente US N°. 2005/0046086 A1, publicado em 3 de março de 2005 e 2005/0167891 A1,
10 publicado em 4 de agosto de 2005, ambos a Lee e col., os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

A inserção também pode consistir de, consistir essencialmente de ou pode incluir um material poroso
15 diferente de um aerogel. Em exemplos específicos, o material é microporoso ou, preferivelmente, um óxido nanoporoso de um metal, tal como silício, alumínio, zircônio, titânio, háfnio, vanádio, ítrio e outros, e/ou misturas dos mesmos. Como usado aqui, o termo
20 "microporosos" refere-se aos materiais tendo poros que são de aproximadamente 1 micron e maior; o termo "nanoporosos" refere-se aos materiais tendo poros que são menores do que aproximadamente 1 micron, preferivelmente menos do que aproximadamente 0,1 micron. O tamanho de poro pode ser
25 determinado pelos métodos conhecidos na técnica, tal como porosímetro de intrusão de mercúrio, ou microscopia. Preferivelmente os poros são interconectados gerando o tipo de porosidade aberta.

As combinações de materiais isolantes, tais como
30 descritas acima também podem ser empregadas. Por exemplo, a

inserção pode incluir tipos diferentes de aerogel, por exemplo, na forma particulada e/ou monolítica.

Os aerogéis também podem ser combinados com um material de não aerogel, por exemplo com um ou mais
5 isoladores convencionais, tais como gás, por exemplo, argônio, ar, dióxido de carbono, vácuo; perlita; fibra de vidro; sílica; aluminoasilicatos; plásticos; ou outros conhecidos na indústria de construção civil. Se a translucidez é importante, o material de aerogel pode ser
10 combinado com o material transparente ou translúcido de não aerogel, por exemplo, os microgrânulos ou microsferas de vidro, tais como aqueles comercialmente disponíveis de 3M Corporation.

O material de não aerogel pode ter um tamanho de
15 partícula apropriado para a aplicação. Por exemplo, um tamanho de partícula apropriado do material de não aerogel pode estar dentro da faixa de aproximadamente 0,05 mm e aproximadamente 4 mm.

Os materiais de aerogel e de não aerogel podem ser
20 misturados dentro de qualquer proporção apropriada à aplicação. As exigências de custo, propriedades de isolamento, transmissão de luz, função de compósito dentro da construção total são alguns dos fatores que podem ser considerados. Geralmente, o material de não aerogel pode
25 estar presente na mistura em uma quantidade qualquer de 0% a 99%. Por exemplo, os materiais de aerogel e não aerogel podem ser misturados em razões de 20:80 a 80:20, por exemplo, 60:40, 50:50 ou 40:60. Outras razões podem ser usadas.

30 Opcionalmente, o material empregado para formar a

camada de inserção ou inserção, por exemplo, as partículas de aerogel frouxas ou outro material granular, podem ser envolvidas em um filme ou embalagem feita de um ou mais polímeros tais como náilon, policarbonato, folhas de metal, ou outros materiais apropriados, formando um travesseiro, lona, saco, e similares. O material pode também estar presente em camadas.

A camada de inserção é feita sob medida e formada para cumprir especificações de construção e projeto. Em exemplos ilustrativos, a inserção tem uma espessura de aproximadamente 0,3175 cm ou maior. Preferivelmente, a inserção tem uma espessura dentro da faixa de aproximadamente 25 mm a aproximadamente 200 mm.

Em um aspecto da invenção, a camada de inserção tem uma densidade menor do que aproximadamente $0,5 \text{ g/cm}^3$, preferivelmente menor do que aproximadamente $0,3 \text{ g/cm}^3$ e mais preferivelmente menor do que aproximadamente $0,1 \text{ g/cm}^3$. Em outro aspecto da invenção, a inserção tem uma fração de volume vazio de pelo menos 10% e preferivelmente pelo menos 50%. Em exemplos específicos, a inserção tem uma % de volume vazio de pelo menos 90%.

Em implementações preferidas, a inserção tem uma transmissão de luz maior do que 0% e é preferivelmente translúcida. Como usado aqui, o termo "translúcida" refere-se a uma transmitância de luz (%T) de pelo menos 0,5% quando medida em comprimentos de onda de luz visível. Preferivelmente, o material de inserção tem um %T de pelo menos 10% para uma espessura de 0,635 cm. Como um exemplo, uma inserção feita de material de Nanogel® e tendo uma espessura de 25 mm tem uma transmissão de luz visível de

aproximadamente 53%, enquanto uma inserção feita de Nanogel®, tendo uma espessura de 50 mm, tem uma transmissão de luz visível de aproximadamente 26%. Em aspectos adicionais da invenção, o material isolante elimina o
5 brilho, permitindo uma distribuição macia, profunda de luz diurna. A transmissão de luz através de um isolador de Nanogel®, por exemplo, pode ser referida como difusa.

Uma camada de inserção que é um isolador é preferida. Como usado aqui, o termo "isolante" ou "isolador" refere-se
10 a propriedades de isolamento térmico, acústico ou elétrico. Em implementações preferidas, a inserção combina dois ou mais tipos de propriedades de isolamento.

Em um exemplo a inserção é um isolador térmico. Em muitas implementações, a inserção tem um valor R de pelo
15 menos 2, mais preferivelmente entre 3 e 38. O "valor R" é um parâmetro conhecido em descrever os materiais de construção e é uma medida de resistência térmica ao fluxo de calor.

Em outro exemplo a camada de inserção tem uma
20 condutividade térmica substancialmente constante (valor k), dentro da faixa de aproximadamente 12 a aproximadamente 30 (mW)/m.K em 37°C e 1 atmosfera (101,32kPa) de pressão. Também são preferidas as inserções para as quais a condutividade térmica ou valor k da inserção permanece
25 constante, ou preferivelmente diminui com carga ou compressão.

Em um exemplo adicional, a inserção é um isolador acústico. As partículas de aerogel Nanogel®, por exemplo, retardam a velocidade de som através da estrutura,
30 reduzindo o ruído, em particular na faixa de frequência

baixa a média de 40 a 500 Hz.

Em ainda outro exemplo a inserção é um isolador elétrico.

As inserções hidrofóbicas são preferidas. Mais
5 preferidas são inserções resistentes a água e mofo. As inserções apropriadas podem também ter propriedades resistentes ao fogo ou à prova de fogo.

A camada de inserção pode ser resiliente e/ou compressível. Em algumas implementações da invenção, o
10 material de inserção tem a compressibilidade elástica, em que a aplicação de uma pressão a uma quantidade de volume do material compressível resulta em uma redução do volume ocupado pelo material compressível, e em que após a liberação da pressão o volume do material compressível
15 aumenta e preferivelmente retorna substancialmente ao mesmo valor que antes da aplicação da pressão. Assim a resposta elástica à compressão ou "retorno compressivo" resulta na recuperação de espessura de inserção, preferivelmente da espessura de inserção completa, quando a compressão é
20 removida.

Em um exemplo a inserção é compressível e tem uma força de retorno compressiva que permite o material ser firmemente mantido no lugar entre as camadas. A inserção pode ser capaz de suportar pressões de 68,9 kPa, ou
25 preferivelmente 68,9 kPa, ou mais preferivelmente 689,5 kPa, ou ainda mais preferivelmente 6894,8, sem dano ou destruição permanente. A inserção pode experimentar compressão volumétrica a um segundo volume isto é, por exemplo, 5% a 80% menos do que seu volume inicial quando
30 colocado sob carga compressiva. A inserção pode então

retornar a um volume final que é substancialmente maior do que o segundo volume enquanto a carga é diminuída. Este comportamento permite sistemas em que a inserção substancialmente preenche o volume entre as camadas mesmo se esse volume está mudando devido à carga de vento, deformação, compressão mecânica ou outras forças externas.

Incorporando um material tal como descrito acima em uma estrutura ou compósito apropriado para aplicações de membrana arquitetônica pode ser conduzido durante a fabricação do compósito. Os conjuntos existentes também podem ser recondicionados ou retroadaptados para incluir um material, tal como aerogel, in situ ou fora. Por exemplo, uma membrana arquitetônica existente pode ser forrada com uma manta monolítica de aerogel, opcionalmente suportada por uma camada, tal como a primeira ou segunda camada descritas acima, ou por outros meios. As almofadas ou travesseiros suportados por ar também podem ser projetados ou retroadaptados para incluir o aerogel ou outros materiais descritos aqui.

Diversas abordagens podem ser empregadas para produzir estruturas de membrana arquitetônicas. Em um exemplo uma estrutura monolítica, por exemplo, uma manta de aerogel, é incorporada na estrutura ou compósito empilhando ou mergulhando. Por exemplo, uma inserção monolítica pode ser disposta sobre uma camada inferior então coberta com uma camada superior. O material, por exemplo, grânulos perdidos, retidos em uma cobertura ou embalagem podem ser incorporados em uma forma similar.

Para produzir o compósito, um material, por exemplo, aerogel na forma monolítica ou granular, ou como parte de

um compósito, também pode ser fornecido em um espaço de abertura formado entre a primeira e segunda camadas descritas acima. Os conjuntos tendo camadas múltiplas podem conter o material em um, mais de um, ou todos os espaços de
5 abertura. O material particulado, por exemplo, aerogel pode ser adicionado a um espaço de abertura, enquanto o material monolítico, por exemplo, uma manta de aerogel, pode ser fornecida a outro.

Em um exemplo, a estrutura é produzida colocando o
10 material particulado como a inserção entre as camadas, por exemplo, introduzindo o material particulado no espaço definido pelas duas camadas externas, então usando um mecanismo para firmemente envolver o material entre as camadas. Os processos que podem ser usados para fazer o
15 invólucro incluem a compressão mecânica, tensionamento de camada, selagem a vácuo, ou outras abordagens. Quando o material de inserção é compressível e elástico, será firmemente mantido no lugar sem agrupamento, deslizamento, ou quebra significativa. O nível de compressão volumétrica
20 sob 1 atmosfera de pressão pode ser 10% ou mais, preferivelmente 25% ou mais, ou ainda mais preferivelmente 40% ou mais quando comparado à densidade de massa inicial.

Em implementações específicas a compressão do material é suficiente para acomodar, superar ou sustentar uma
25 mudança de volume em um espaço de abertura em casos onde a mudança de volume é causada pelo vento, deformação, força mecânica ou qualquer combinação dos mesmos.

Em outro exemplo, os aerogéis ou outro material apropriado são incorporados dentro da estrutura de membrana
30 arquitetônica pelas técnicas divulgadas, por exemplo na

Patente US Nº. 6.598.283 B2, emitida a Rouanet e col. em 29 de julho de 2003, os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade. A Patente US Nº. 6.598.283 B2 descreve, por exemplo, um método que inclui o

5 fornecimento de um primeiro recipiente selado compreendendo partículas de aerogel sob uma primeira pressão de ar que é menor do que a pressão atmosférica. O volume não contido das partículas de aerogel na primeira pressão de ar é menor do que o volume não contido das partículas de aerogel sob

10 uma segunda pressão de ar que é maior do que a primeira pressão de ar. O primeiro recipiente selado é colocado dentro de um segundo recipiente, por exemplo, o espaço entre as camadas externas e o primeiro recipiente selado é rompido para igualar a pressão de ar entre o primeiro e

15 segundo recipientes na segunda pressão de ar e para aumentar o volume das partículas de aerogel, desse modo formando ao artigo isolante.

As técnicas descritas na Publicação de Pedido de Patente US Nº. 2006/0272727 A1, a Dinon e col., publicado

20 em 7 de dezembro de 2006 também podem ser adaptadas para incorporar o material de inserção nas estruturas divulgadas aqui. Publicação de Pedido de Patente US Nº. 2006/0272727 divulga um conjunto de tubulação-em-tubulação isolado compreendendo (a) pelo menos uma tubulação interna, (b) uma

25 tubulação externa disposta em torno de pelo menos uma tubulação interna para criar um espaço anelar entre as tubulações externas e internas, (c) material compressível, poroso, flexível disposto no espaço anular, e (d) um resto de um recipiente que previamente foi posicionado no espaço

30 anelar e previamente manteve o material compressível em um

volume menor do que o volume do material compressível no espaço anelar. Um método para fazer tal conjunto de tubulação-em-tubulação isolado é também descrito.

Em exemplos específicos, o material granular frouxo é usado conjuntamente com um material de aglutinante entre as camadas. As camadas podem firmemente envolver o material, como descrito acima, ou podem frouxamente envolver o material. Em invólucros frouxos, as camadas podem ser mantidas separadas por ar em uma forma tipo travesseiro. Neste caso, o material de inserção pode completamente preencher a região de travesseiro interna ou poderia parcialmente preencher a região, sendo fixado a uma ou mais das camadas externas por uma aglutinante opcional.

Outras abordagens apropriadas podem ser empregadas para incorporar materiais granulares em estruturas suportadas por ar, por exemplo, travesseiros ou almofadas. Além disso, as estruturas de travesseiro ou almofada suportadas por ar podem ser formadas utilizando materiais monolíticos e/ou compósitos, por exemplo, mantas de aerogel e similares.

Para reduzir ou minimizar a sedimentação e a formação de espaços vazios, o espaço ou volume de abertura entre as camadas externas podem ser "superenchido" ou "superempacotado". Os sistemas superempacotados podem ter uma densidade pelo menos tão alta quanto a densidade de torneira. Para partículas de aerogel, o superenchimento é a uma densidade mais alta do que a densidade de torneira. Em sistemas enchidos com partículas de aerogel que são muito leves comparadas a uma armação relativamente pesada, a densidade pode ser consideravelmente maior do que a

densidade de torneira, por exemplo aproximadamente 105 a aproximadamente 115% - 120% e maior de densidade de torneira.

Opcionalmente, a umidade pode ser removida do material de inserção antes, durante ou após de ser adicionada para formar a estrutura de membrana arquitetônica.

A fabricação ou processo de fabricação pode ainda incluir a aderência de dois ou mais da primeira camada, camada de inserção e a segunda camada (isto é, camadas) uma a outra. As técnicas não aderentes também podem ser empregadas, resultando em pelo menos duas das camadas sendo não aderentes. As abordagens específicas para unir duas ou mais das camadas incluem costurar as camadas juntas, laminar as camadas juntas, ligação por pó das camadas juntas, ou outras técnicas apropriadas. As camadas podem ser diretamente conectadas, ou podem ser indiretamente conectadas juntas por materiais de intervenção.

As técnicas apropriadas que podem ser usadas para produzir a estrutura de membrana arquitetônica da invenção incluem, mas não são limitadas a, laminação, adesivos, imprensar entre duas camadas tensionadas, costura, rebite, fusão em material frouxo, processamento úmido em uma forma de compósito e outros.

Os compósitos arquitetônicos da invenção podem ser terminados em painéis. Para terminar as bordas de compósito e/ou cantos da estrutura de compósito podem ser selados ou grampeados juntos. As condições de borda para painéis utilizando compósitos da invenção são ilustradas na FIG. 2 e na FIG. 3. Também são mostrados na FIG. 2 e na FIG. 3 os sistemas ou dispositivos de fixação que podem ser

empregados em combinação com os compósitos da invenção.

É mostrado na FIG. 2, por exemplo, um dispositivo de fixação que inclui as barras de borda 40 para fixar o painel 42. O painel 42 inclui um compósito, tal como descrito acima, tendo a inserção 16 e as camadas externas opcionalmente seladas 12 e 14. O painel é fornecido com as bordas amarradas ou frisadas 52. As barras de borda 40 apertam as camadas e podem ser presas aos componentes de suporte ou perímetro.

Outra abordagem para prender um compósito, tal como descrito acima é ilustrada na FIG. 3. É mostrado na FIG. 3 o dispositivo de fixação 60 para fixar o painel 62 compreendendo um compósito tendo a inserção 16. Neste exemplo, o compósito inclui a camada externa não estrutural 64 e a única camada externa de tecido reforçada 66 e o painel é preso usando a borda amarrada 72 e o grampo 74.

Os sistemas de fixação descritos na FIG. 2 e na FIG. 3 podem ser fabricados inteiros ou em parte de alumínio ou outros materiais apropriados. Os meios de fixação diferentes daqueles descritos na FIG. 2 e na FIG. 3 também podem ser empregados.

As estruturas de membrana arquitetônicas da invenção podem ter uma espessura substancialmente constante, a espessura estando, por exemplo, dentro da faixa de aproximadamente 0,635 cm a aproximadamente 10,16 cm, preferivelmente dentro da faixa de aproximadamente 0,95 cm a aproximadamente 7,62 cm.

Em implementações preferidas, a estrutura pode ter uma medida de resistência térmica ao fluxo de calor, referida aqui como "valor R" de pelo menos 2, preferivelmente dentro

da faixa de aproximadamente 3 a 38. Um valor R desejável para a estrutura total ou compósito é um valor que é maior do que o valor R das camadas externas na ausência de inserção.

5 Preferivelmente, as propriedades de isolamento térmico da estrutura de membrana arquitetônica aumentam com carga ou compressão. Em implementação específica, a estrutura tem uma condutividade térmica (valor k) que permanece constante ou, preferivelmente, diminui com carga e/ou compressão.

10 Em algumas modalidades, a estrutura de membrana arquitetônica tem uma luz, por exemplo, luz visível, transmitância (% T) maior do que 0%, por exemplo, pelo menos aproximadamente 0,25%, preferivelmente pelo menos aproximadamente 0,5%, por exemplo, dentro da faixa de
15 aproximadamente 0,5% e aproximadamente 2%, mais preferivelmente pelo menos 2, por exemplo, dentro da faixa de aproximadamente 2% e 10%, e mais preferivelmente maior do que aproximadamente 10% e até 80% ou maior. Também preferidos são os compósitos tendo alta reflectância de luz,
20 por exemplo, de pelo menos 60%, preferivelmente de pelo menos 70% e mais preferivelmente de 80% ou mais. As abordagens apropriadas para medir a transmitância de luz e reflectância espectral são expostas em European Standard EN 410 ou em ASTM E424.

25 Os coeficientes de ganho de calor solar podem estar, por exemplo, na faixa de aproximadamente 0,21 a 0,73.

 A estrutura arquitetônica preferivelmente fornece o isolamento acústico com as propriedades particulares de absorção e difusão de som, e com desempenho melhorado na
30 avaliação de OITC (classe de transmissão interna externa)

na faixa entre 40 e 400 Hz.

Em implementações preferidas, a estrutura de membrana arquitetônica inclui um isolador de mancal de carga, isto é, um isolador que retém ou substancialmente retém uma ou mais
5 de suas propriedades de isolamento, por exemplo, suas propriedades de isolamento térmico, sob uma carga mecânica.

Em exemplos específicos, a inserção transfere uma carga entre as camadas externas sob condições, tais como vento, onde uma camada, por exemplo, membrana, resistir
10 pressões de uma direção, no compósito, e a outra camada ou membrana resiste à pressão da mesma direção, por exemplo longe do compósito. Estas pressões podem ser da ordem de 0,48 a 1,91 kPa. A estrutura divulgada aqui preferivelmente também resiste às cargas de neve, onde as pressões ocorrem
15 tipicamente na camada superior somente; estas pressões podem variar de 0,96 kPa a 4,79 kPa.

Em algumas implementações, uma ou ambas camadas externas são parcialmente e, preferivelmente inteiramente suportadas pela inserção.

20 Em outros exemplos da invenção, a estrutura de membrana arquitetônica divulgada aqui tem propriedades de resistência ao fogo e preferivelmente é à prova de fogo. Além disso, a estrutura pode ser resistente à água, tempo e/ou mofo.

25 A estrutura ou compósito pode constituir um elemento arquitetônico, elemento estrutural ou pode servir como ambos. Como com as membranas arquitetônicas convencionais, o compósito da invenção pode ser usado para produzir os módulos pré-montados.

30 Em algumas implementações, a estrutura de membrana

arquitetônica é uma almofada ou travesseiro suportado por ar.

Em outras implementações, a estrutura ou compósito da invenção é usado como uma estrutura tensionada, tendo um formato que é determinado pela tensão no compósito e pela geometria da estrutura de suporte. Tipicamente, a estrutura inclui elementos flexíveis (por exemplo, compósito e cabos), elementos não flexíveis (por exemplo, estruturas, mastros, feixes, anéis, ou arcos) e a ancoragem (por exemplo, suportes e fundações). Preferivelmente, quando instalada, a camada tensionada é a camada inferior.

Além das curvas tridimensionais, os compósitos da invenção podem ser pré-tensionados, por exemplo, a um valor de pretensão calculado baseado no carregamento previsto durante o ciclo de vida da estrutura arquitetônica ou do compósito. Preferivelmente, a pretensão é alta bastante para ter um mínimo de tensão em ambas direções sob qualquer condição possível. Se a pretensão é muito baixa, o compósito pode se tornar suscetível às vibrações causadas pelo vento. Se a pretensão é muito elevada, o compósito pode exigir a estrutura e/ou fundação de suporte pesada e cara.

Os formatos que podem ser usados sozinho ou em combinação incluem sinclástico, por exemplo, esferas ou abóbadas, anticlástico, por exemplo tipo sela, e outros. Assim os compósitos da invenção podem ser levantados ou pré-fabricados como abóbadas, cônicas, forma de onda, *synclassic*, *anticlassic*, plissado e outros formatos.

Os compósitos de membrana arquitetônica de acordo com as invenções podem ser usados em estruturas de envoltório,

tais como telhados, toldos, dosséis, tendas e estruturas tipo tendas, paredes, telas artísticas, estruturas estéticas ou outras que podem ser integradas no projeto e construção de aeroportos, instalações de armazenamento, hangares, arenas, centros de atividade, esportes ou locais de encontro, abóbadas, estufas, edifícios residenciais ou comerciais, instalações de fábrica, museus, hotéis, universidades, estações de trem, ônibus ou metrô, áreas de espera, teatros, casas de ópera, anfiteatros, corredores entre edifícios, articulações de conexão em instalações industriais e assim por diante.

As estruturas de envoltório que incluem os compósitos divulgados aqui podem ser usadas como substitutos ou além dos envoltórios que empregam membranas arquitetônicas existentes.

A estrutura de membrana arquitetônica divulgada aqui pode ser usada como revestimento ou pode ser integrada em abóbadas e outras construções, tais como descritas nas Patentes US N^{os}. 4.736.553 emitida a Geiger em 12 de abril de 1988; 5.103.600 emitida a Geiger e Campbell em 14 de abril de 1992; 5.261.193, emitida em 16 de novembro de 1993 e 5.430.979, emitida em 11 de julho de 1995, ambas a Wieber e col.; Patente US N^o. 5.502.928 emitida a Terry em 2 de abril de 1996; Patente US N^o. 6.282.842 B1 emitida a Simens em 4 de setembro de 2001; e muitas outras. Pode ser um substituto ou pode ser combinado com materiais existentes, por exemplo, os compósitos flexíveis descritos na Patente US N^o. 7.153.792 emitida em 26 de dezembro de 2006 a Sahlin e col. Os ensinamentos destas patentes são incorporados aqui por referência em sua totalidade.

É mostrado na FIG. 4A e 4B, por exemplo, está o edifício 200, incluindo paredes 202 e 204 e telhado 206. Um compósito, tal como descrito aqui é suportado pelos feixes 208. Alternativamente ou além dos feixes 208, outros meios para a sustentação podem ser empregados, por exemplo, cabeamento e/ou pressão de ar.

As abordagens de engenharia para integrar compósitos divulgados aqui em vários projetos arquitetônicos depende da finalidade do envoltório, sua função, formato, propriedades procuradas e outros fatores. Estas abordagens podem ser as mesmas ou diferentes daquelas conhecidas ou sendo desenvolvidas com relação às membranas arquitetônicas existentes.

Os exemplos são descritos, por exemplo, na Patente US N°. 5.502.928 emitida em 2 de abril de 1996 a Terry e 4.736.553 emitida a Geiger em 12 de abril de 1988, os ensinamentos os quais são incorporados aqui por referência em sua totalidade. Outros exemplos são descritos nas publicações, tais como a seguinte disponível de www.geigerenginners.com: (i) *Design Experience with Nonlinear Tension Based Systems: Tens, Trusses and Tensegridade* por D. Campbell, D. Chen, e P. Gossen P.E.; (ii) *Membrane Designs and Structures in the World*, editado por Kazuo Ishii; (iii) *Tensioned Fabric Membrane Roofs for "Tensegridade" Domes* por D. Campbell, e col. Estas publicações são incorporadas aqui por referência em sua totalidade.

Enquanto esta invenção foi particularmente mostrada e descrita com referências às modalidades preferidas da mesma, será compreendido por aquelas hábeis na técnica que várias

mudanças na forma e detalhes podem ser feitas aqui sem sair do escopo da invenção englobada pelas reivindicações apenas.

REIVINDICAÇÕES

1. Estrutura de membrana arquitetônica caracterizada pelo fato de que compreende aerogel.

2. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel está presente em um compósito de aerogel, em um monólito ou está na forma particulada.

3. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel está presente em uma manta, lona ou placa.

4. Estrutura de membrana, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel está presente em uma trama de fibra/compósito de aerogel.

5. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a estrutura tem uma espessura substancialmente constante.

6. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a estrutura tem uma primeira camada, uma segunda camada e uma camada de inserção incluindo o aerogel entre as referidas primeira e segunda camadas.

7. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que a camada de inserção tem uma espessura de pelo menos 0,9525 cm.

8. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que compreende camadas externas ou camadas internas adicionais que são intercaladas na camada de inserção.

9. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo

menos uma das referidas primeira e segunda camadas é tecida.

10. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma das referidas primeira e segunda camadas é
5 não tecida.

11. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma das referidas primeira e segunda camadas inclui fibra de vidro, poliéster, politetrafluoroetileno, malha de
10 metal, lona fibrosa ou qualquer combinação dos mesmos.

12. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma das referidas primeira e segunda camadas é revestida com politetrafluoroetileno, dióxido de titânio,
15 vinila, silício ou qualquer combinação dos mesmos.

13. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que um espaço definido pelas referidas primeira e segunda camadas é preenchido substancialmente completamente pelo aerogel.

20 14. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que um espaço definido pelas referidas primeira e segunda camadas é preenchido parcialmente pelo aerogel.

15. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que a
25 primeira camada e a segunda camada têm a mesma espessura.

16. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que a primeira camada ou segunda camada tem uma espessura de pelo
30 menos aproximadamente 0,0762 cm.

17. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos duas da primeira camada, a camada de inserção, e a segunda camada são aderidas uma a outra.

5 18. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos duas da primeira camada, a camada de inserção e a segunda camada não são aderidas uma a outra.

19. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com
10 a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma borda ou canto é selado ou grampeado.

20. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que tem um valor de isolamento térmico R de pelo menos 2.

15 21. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que tem uma % de T maior do que 0%.

22. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a
20 estrutura é uma estrutura tensionada.

23. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 22, caracterizada pelo fato de que o aerogel está disposto entre uma primeira camada e uma segunda camada e somente uma das referidas camadas está
25 tensionada.

24. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel está disposto entre uma primeira camada e uma segunda camada e transfere uma carga entre as referidas camadas.

30 25. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com

a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel é aderido a uma camada.

26. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que quando
5 instalado, o aerogel está sob compressão.

27. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 26, caracterizada pelo fato de que a compressão é suficiente para acomodar uma mudança de volume em um espaço de abertura e em que a mudança de volume é
10 causada por vento, deformação, força mecânica ou qualquer combinação dos mesmos.

28. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel tem uma resposta elástica à compressão.

15 29. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel está presente em uma camada tendo um valor de condutividade térmica que diminui com carga ou compressão.

30. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o
20 compósito tem propriedades de isolamento térmico, propriedades de isolamento elétrico, propriedades de isolamento acústico ou qualquer combinação das mesmas.

31. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel
25 está presente em uma camada tendo uma densidade não maior do que $0,5 \text{ g/cm}^3$.

32. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o aerogel
30 está presente em uma camada tendo um volume vazio de pelo

menos 50%.

33. Envelope estrutural ou arquitetônico caracterizado pelo fato de que compreende a estrutura de membrana arquitetônica da reivindicação 1.

5 34. Envelope, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que ainda compreende pelo menos um elemento adicional selecionado do grupo consistindo de um elemento flexível, um elemento não flexível, e um elemento de ancoragem.

10 35. Envelope, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que o envelope é um telhado, cobertura, toldo, parede, estrutura estética ou artística.

15 36. Envelope, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que o aerogel enche substancialmente um espaço entre camadas quando submetidas à compressão volumétrica seguidas pela expansão volumétrica.

37. Construção caracterizada pelo fato de que compreende o envelope da reivindicação 33.

20 38. Construção, de acordo com a reivindicação 37, caracterizada pelo fato de que a construção é um aeroporto, armazém, hangar, arena, centro de atividade, local de esportes, local de encontro, abóbada, estufa, edifício residencial ou comercial, instalação de fábrica, museu, hotel, estação de trem, ônibus ou metrô, toldo, corredor ou
25 universidade.

39. Sistema caracterizado pelo fato de que compreende um dispositivo de fixação e a estrutura de membrana arquitetônica da reivindicação 1.

30 40. Estrutura de membrana arquitetônica caracterizada pelo fato de que compreende um material granular.

41. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 40, caracterizada pelo fato de que tem um valor de isolamento térmico R entre 3 e 38.

5 42. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 40, caracterizada pelo fato de que tem uma % de T na faixa de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 80%.

10 43. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 40, caracterizada pelo fato de que tem uma refletância de pelo menos 80%.

44. Estrutura de membrana arquitetônica caracterizada pelo fato de que tem uma condutividade térmica que permanece essencialmente a mesma ou diminui com carga ou compressão.

15 45. Estrutura de membrana arquitetônica caracterizada pelo fato de que compreende substancialmente um isolador de mancal de carga.

20 46. Estrutura de membrana arquitetônica caracterizada pelo fato de que compreende uma primeira camada de membrana, uma segunda camada de membrana e um material nanoporoso entre as referidas camadas.

25 47. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 46, caracterizada pelo fato de que o material nanoporoso é um monólito, um material particulado ou um compósito nanoporoso.

48. Estrutura de membrana arquitetônica, de acordo com a reivindicação 46, caracterizada pelo fato de que ainda compreende um material aglutinante entre as referidas camadas.

30 49. Método para fabricar uma estrutura de membrana

arquitetônica caracterizado pelo fato de que compreende fixar um material de aerogel entre uma primeira e segunda camadas.

50. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que pelo menos duas da primeira camada, uma camada de inserção contendo o material de aerogel e a segunda camada são aderidas uma a outra.

51. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que pelo menos duas entre a primeira camada, uma camada de inserção contendo o material de aerogel e a segunda camada são laminadas uma a outra.

52. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que ainda compreende a selagem ou grampeamento de pelo menos uma borda ou um canto da estrutura de membrana arquitetônica.

53. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que o material de aerogel está na forma particulada.

54. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que o material de aerogel é embutido em um espaço entre as referidas camadas por compressão mecânica, tensionamento de camada, selagem à vácuo ou qualquer combinação dos mesmos.

55. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que o material de aerogel é fornecido em pelo menos um recipiente colocado entre as referidas camadas.

56. Método, de acordo com a reivindicação 55, caracterizado pelo fato de que compreende ainda o rompimento do recipiente.

57. Método, de acordo com a reivindicação 49, caracterizado pelo fato de que o material de aerogel é fornecido em uma manta, lona ou um compósito.

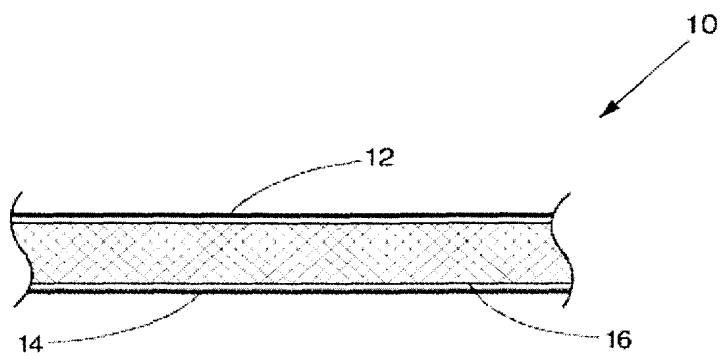


Fig. 1

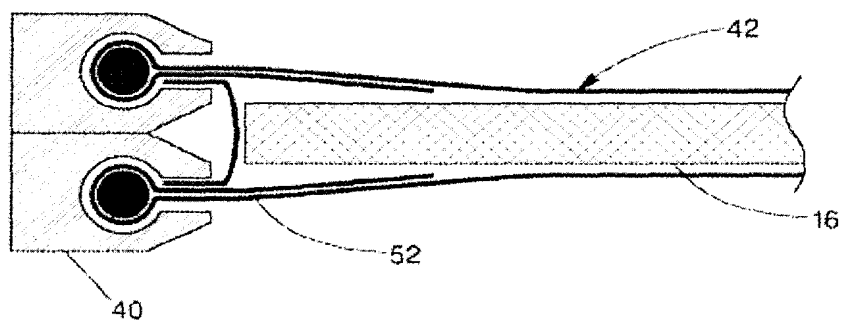


Fig. 2

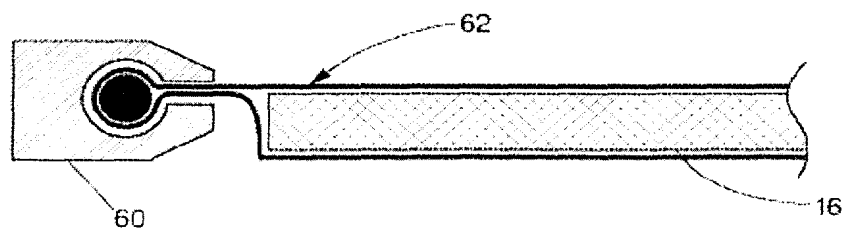


Fig. 3

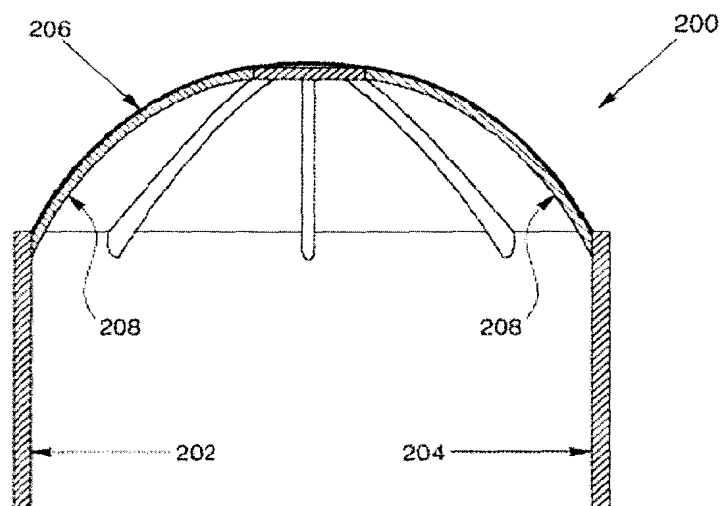


Fig. 4A

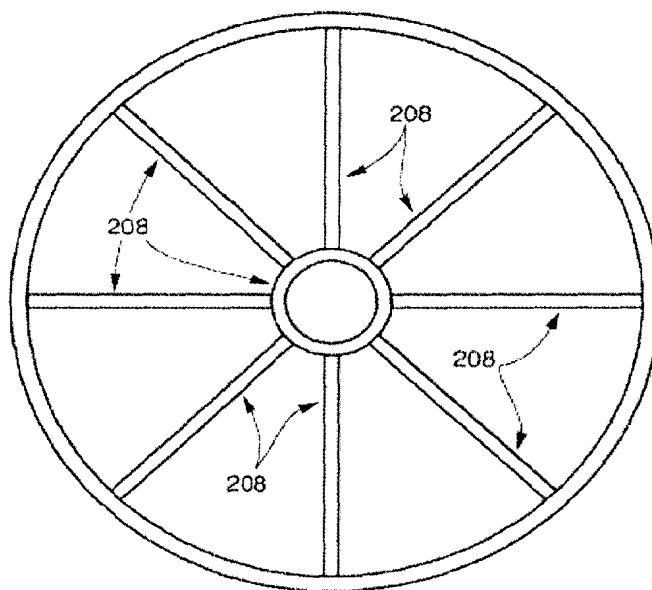


Fig. 4B

RESUMO**ESTRUTURAS DE MEMBRANA ARQUITETÔNICA E MÉTODOS PARA A
PRODUÇÃO DAS MESMAS**

Uma estrutura de membrana arquitetônica
5 preferivelmente inclui um material de aerogel disposto, por
exemplo, entre duas camadas externas. O aerogel pode estar
na forma monolítica ou granular ou pode estar presente em
um compósito de aerogel. Um método para fabricar uma
estrutura de membrana arquitetônica inclui a fixação de uma
10 inserção, por exemplo, uma manta de aerogel, aerogel
compósito ou granular, entre uma primeira e segunda camadas.
A estrutura de membrana arquitetônica pode ser usada como
um painel tensionado em envelopes, tais como telhado,
coberturas, toldos ou em outras aplicações de tecido
15 estrutural ou arquitetônicas.