



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

(21) **PI0902767-0 A2**



(22) Data de Depósito: 13/02/2009
(43) Data da Publicação: 25/05/2010
(RPI 2055)

(51) *Int.Cl.:*
E02B 11/00

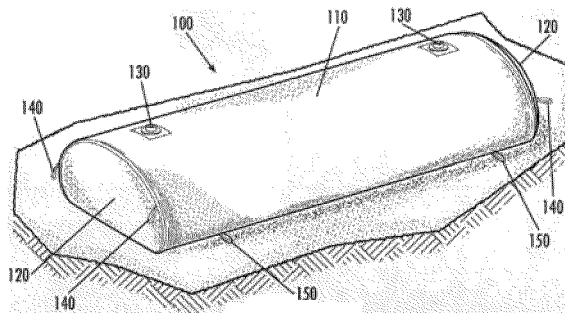
(54) Título: **TUBO DE GEOTÊXTIL COM
EXTREMIDADES ACHATADAS**

(30) Prioridade Unionista: 15/02/2008 US 61/029,017

(73) Titular(es): Nicolon Corporation

(72) Inventor(es): Benjamin Zachary Dymond, Raymond Herman
Plaut, Thomas Stephens

(57) **Resumo:** TUBO DE GEOTÊXTIL COM EXTREMIDADES ACHATADAS. A presente invenção refere-se a um tubo geotêxtil flexível permeável à água dotado de extremidades planas quando preenchido com o material de preenchimento. O tubo tem painéis de preenchimento separados que são fixados a um corpo tubular nas extremidades opostas do corpo tubular. Em uma modalidade da presente invenção, os painéis de preenchimento separados são configurados de modo a possuírem o mesmo formato do corpo tubular quando o mesmo estiver preenchido e instalado. A seção transversal do corpo tubular pode ser determinada antes da instalação determinando-se a relação entre a altura, circunferência, o material de preenchimento, e o ambiente ao redor no qual se planeja que o tubo seja instalado.





PI0902767-0

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "TUBO DE
GEOTÊXTIL COM EXTREMIDADES ACHATADAS".

Referência Cruzada a Pedidos Relacionados

O presente pedido reivindica a prioridade ao pedido provisório
5 U.S. número de série 61/029.017, intitulado "Geotextile Tube with Flat Ends,"
depositado em 15 de fevereiro de 2008, estando a totalidade de seu conteú-
do aqui incorporada, a título de referência.

Campo da Invenção

Vários aspectos e modalidades da presente invenção se referem
10 a tubos geotêxteis.

Antecedentes

As praias e outros acidentes geográficos que cercam grandes
massas de água vêm sendo sempre submetidos a fortes erosões causadas
pelas correntes e pelas ondas. A erosão pode levar ao desaparecimento de
15 enormes quantidades de faixas de areia, deixando o solo superior exposto à
energia direta das ondas. A exposição à energia das ondas pode levar a
uma erosão adicional do solo superior e a possíveis danos às estruturas ad-
jacentes. Realizaram-se muitas tentativas para evitar a ocorrência dessa
erosão. Desenvolveram-se estruturas marítimas para dissipar a potência da
20 ação das ondas e proteger a margem da praia contra a ação das ondas. No
entanto, muitas dessas estruturas, tais como quebras-mar e muralhas à bei-
ra mar, apresentaram deficiências próprias. As estruturas sólidas, como
quebra-mar, são construídas por rochas e blocos de concreto e sua constru-
ção e instalação são dispendiosas. Adicionalmente, essas estruturas apre-
25 sentam enormes dimensões, podem, ainda, abalar o ambiente, e podem ser
visualmente repulsivas. Da mesma forma, a natureza sólida dessas estru-
turas pode levar a erosões adicionais; a força das ondas é redirecionada, e
não dissipada, ao fundo das estruturas, causando erosão na base das estru-
turas sólidas.

30 Desenvolveram-se estruturas flexíveis, como tubos preenchidos
com lastro, para solucionar muitos dos problemas supramencionados. Com
a finalidade de resistir aos constantes golpes das ondas, esses tubos devem

ser fabricados a partir de um material permeável a líquidos com uma suficiente resistência à tensão, resistência da costura, e resistência ao desgaste. Os geotêxteis consistem em um tipo de material que satisfaz esses critérios. Quando construídos, os tubos geotêxteis são preenchidos com um material de lastro, tal como uma pasta fluida de areia e concreto. Embora os tubos criem uma barreira contra as ondas, a natureza permeável dos tubos, em combinação com o material preenchido, absorve grande parte da energia gerada pela colisão das ondas, levando a uma maior redução da erosão na parte superior e inferior do tubo geotêxtil. Os tubos geotêxteis proporcionam, também, uma solução com melhor custo benefício do que as estruturas sólidas.

Muito embora os tubos geotêxteis possam ser uma alternativa melhor que as estruturas supramencionadas, sua construção e instalação atual apresentam diversas desvantagens. As dimensões dos tubos geotêxteis são limitadas com base na resistência à tensão do geotêxtil, assim como nos limites de tensão das costuras. Portanto, na maioria dos casos, as estruturas marítimas exigem a instalação de múltiplos tubos geotêxteis. No entanto, a construção de tubos geotêxteis não ajuda em sua própria modularidade. Tradicionalmente, cada tubo é fabricado a partir de um pedaço contínuo de tecido dobrando-se o tecido ao meio e, então, segurando-se as extremidades adjacentes juntas. Uma vez preenchidas com a pasta fluida, as extremidades do geotêxtil se tornam contraídas, formando um tubo geotêxtil com extremidades inclinadas, conforme mostrado na Figura 1. Visto que os tubos geotêxteis não apresentam uma seção transversal uniforme ao longo de seu comprimento, dispô-los em uma configuração extremidade em extremidade não resulta em uma barreira com uma altura uniforme e topo plano, o que seria essencial para formar uma barreira eficaz contra a energia das ondas. Adicionalmente, muitas estruturas marítimas exigem uma altura maior do que a altura proporcionada por um tubo, necessitando que os tubos sejam empilhados uns em cima dos outros. Quando os tubos forem colocados sobre as junções das extremidades inclinadas, os tubos superiores afundam nos espaços entre os tubos inferiores, criando uma superfície supe-

rior com altura desuniforme.

Com a finalidade de combater essa deficiência, as extremidades estreitas 12 dos tubos geotêxteis 10 tradicionais são sobrepostas entre si, conforme mostrado na Figura 2, criando problemas adicionais. Sobrepondo-se, cada comprimento eficaz do tubo geotêxtil é diminuído, exigindo que mais tubos geotêxteis sejam usados para formar a estrutura marítima necessária resultando em maiores custos. Em segundo lugar, os vãos criados entre os tubos pela sobreposição atrapalham o desempenho da estrutura marítima. Com a finalidade de se obter uma junção isenta de vãos e uma estrutura com um topo plano relativamente contínuo, tubos geotêxteis menores 20, conforme mostrado na Figura 3, são usados para preencher os vãos criados pela sobreposição, o que aumenta os custos de instalação. Em terceiro lugar, a sobreposição aumenta a dificuldade de ancorar e prender as extremidades dos tubos geotêxteis durante a instalação, o que pode aumentar as chances de comprometer a integridade das junções formadas entre os tubos geotêxteis adjacentes. A sobreposição solta em múltiplos tubos empilhados pode comprometer, ainda, a integridade estrutural de toda a estrutura protetora e pode ter uma aparência estranha.

Portanto, há uma necessidade por tubos geotêxteis que, quando colocados em uma configuração de extremidade em extremidade, formem junções isentas de vãos. Adicionalmente, há uma necessidade por tubos geotêxteis que possam ser preenchidos até uma altura uniforme.

Sumário

A presente invenção atende a esses problemas e preocupações proporcionando-se um tubo flexível permeável à água dotado de extremidades planas quando preenchido com material de preenchimento, um método para fabricar tal tubo, e um método de instalação do tubo. O tubo tem painéis de extremidade separados que são fixados a um corpo tubular nas extremidades opostas do corpo tubular. Em uma modalidade desta invenção, os painéis de extremidade separados são configurados de modo a terem o mesmo formato do corpo tubular quando o mesmo estiver preenchido e instalado. O fato de o formato dos painéis de extremidade ser igual ao formato

da seção transversal tem como consequência um tubo dotado de uma seção transversal uniforme ao longo do comprimento do tubo e uma altura uniforme mediante o recebimento do material de preenchimento. A seção transversal do corpo tubular pode ser determinada antes da instalação determinando-se a relação entre a altura, circunferência, o material de preenchimento, e o ambiente ao redor no qual se planeja a instalação do tubo.

Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 é uma vista em perspectiva de um tubo geotêxtil da técnica anterior.

10 A Figura 2 é uma vista em perspectiva de dois tubos geotêxteis sobrepostos do tipo mostrado na Figura 1.

A Figura 3 é uma vista em perspectiva dos tubos geotêxteis da Figura 2 com um tubo geotêxtil menor da técnica anterior.

15 A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um tubo geotêxtil de acordo com uma modalidade da invenção.

A Figura 5 é uma vista em perspectiva explodida do tubo da Figura 1.

A Figura 6 mostra uma vista em perspectiva de um tubo geotêxtil de acordo com outra modalidade da presente invenção.

20 A Figura 7 é um gráfico de uma seção transversal de um tubo de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A Figura 8 é uma representação escalar de uma seção transversal de um tubo de acordo com uma modalidade da presente invenção.

25 A Figura 9 é uma vista esquemática dos componentes de um tubo geotêxtil de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A Figura 10 é uma vista em perspectiva de um tubo geotêxtil não-preenchido de acordo com uma modalidade da presente invenção.

30 A Figura 11 é uma vista em perspectiva de um tubo preenchido adjacente a um tubo não-preenchido de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A Figura 12 é uma vista em perspectiva das extremidades adjacentes dos tubos geotêxteis da Figura 11.

A Figura 13 é uma vista em perspectiva dos tubos instalados de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A Figura 14 mostra outra vista em perspectiva dos tubos instalados de acordo com outra modalidade da presente invenção.

5 A Figura 15 mostra outra vista em perspectiva dos tubos instalados de acordo com outra modalidade da presente invenção.

Descrição Detalhada

As modalidades da presente invenção proporcionam tubos dotados de substancialmente extremidades planas destinados à instalação ao longo das margens da praia para evitar a erosão e proteger contra a ação das ondas. Muito embora as modalidades preferenciais dos tubos discutidos se destinem ao uso em proteger contra a erosão, os tubos não são, de forma alguma, limitados a este uso. Os tubos podem ser usados em outras estruturas marítimas, tais como bermas, quebra-ondas, represas, núcleos para dunas de areia, diques e quebras-mar. Da mesma forma, os tubos podem ser usados para diversos outros propósitos diferentes de barreiras ou sustentação, que incluem, mas não se limitam a, contenção e desidratação.

As Figuras 4 e 5 ilustram um tubo 100 de acordo com uma modalidade da presente invenção. O tubo 100 tem um corpo tubular cilíndrico 110 e painéis de extremidade 120 que são substancialmente planos na direção vertical quando o tubo estiver preenchido. As dimensões do tubo 100 variam dependendo de seu uso pretendido, conforme será discutido mais adiante. O tubo 100 pode incluir, também, uma série de portas de preenchimento 130 orientadas nas aberturas 132 no interior do corpo tubular. As portas de preenchimento 130 permitem que se conecte uma bomba ao tubo 100 que serve para preencher a partir interna do tubo com vários materiais de preenchimento, como pasta fluida de areia. Um exemplo de uma porta de preenchimento é discutido no Pedido de Patente U.S. Número de Série 11/258.525, intitulado "Methods, Systems, and Apparatus for a Fill Port for a Flexible Container," estando a totalidade de seu conteúdo aqui incorporada, a título de referência. Podem-se encontrar, também, laços de fixação 140 ao redor da circunferência dos painéis de preenchimento 120, proporcionando

um meio para prender os tubos adjacentes 100 uns aos outros. Podem-se encontrar laços de ancoragem 150 ao longo da porção inferior do corpo tubular 110, permitindo que o tubo 100 seja temporariamente preso à estrutura subjacente durante o preenchimento.

5 O corpo tubular 110 e os painéis de preenchimento 120 dos tubos 100 são constituídos a partir de um tecido flexível. Fabricando-se o tubo 100 a partir de um tecido flexível, os custos de transporte e construção são mantidos em um patamar mínimo. Embora os tubos possam ser constituídos a partir de qualquer tipo de tecido flexível, é preferível que o tecido flexível
10 seja permeável à água, auxiliando, ainda, na dissipação a potência das ondas que os tubos confrontam. Dada a resistência das ondas, assim como a tensão aplicada na parte interna pelo material de preenchimento, é desejável, também, construir os tubos a partir de um tecido robusto. Os materiais geotêxteis apropriados apresentam a flexibilidade, permeabilidade à água, e
15 resistência à tensão para satisfazer essas necessidades. Por exemplo, podem-se utilizar os tecidos Tencate's Geotube® GT500M, GT600M, GT750M, GT1000M e GT100MP. Prefere-se que o material geotêxtil usado seja constituído a partir de, mas não se limitam a, polipropileno, polietileno ou poliéster.

20 Conforme mostrado nas Figuras 4 e 5, o corpo tubular 110 e os painéis de preenchimento 120 do tubo 100 consistem em componentes separados. Fixando-se os painéis de preenchimento separados 120 às extremidades do corpo tubular formado 110, o corpo tubular 110 não fica contraído como as extremidades 12 do tubo tradicional 10 mostrado na Figura 1.
25 Quando o tubo 100 for preenchido, a combinação do corpo tubular 110 com os painéis de preenchimento 120 resulta em extremidades planas substancialmente verticais. As extremidades verticalmente planas permitem que os tubos 100 sejam colocados em uma configuração de extremidade em extremidade uns aos outros de modo a criar uma junção relativamente nivelada
30 entre os tubos adjacentes 100, eliminando quaisquer vãos.

Muito embora eles consistam em componentes separados, as dimensões dos painéis de preenchimento 120 são determinadas pelo forma-

to da seção transversal do corpo tubular 110 quando preenchido. O fato de as dimensões dos painéis de preenchimento 120 serem compatíveis ao formato da seção transversal do corpo tubular 110 permite que o tubo 100 tenha um formato e altura de seção transversal uniforme contínuo a partir da
5 extremidade quando preenchida com um material de lastro. No entanto, os tubos 200 de acordo com outras modalidades da presente invenção, conforme mostrado na Figura 6, podem ter painéis de preenchimento 220 que formam junções isentas de vãos entre os tubos adjacentes que não são compatíveis ao formato da seção transversal do corpo tubular 210 quando
10 preenchido. Embora seja possível se ter tubos 200 sem um formato de seção transversal uniforme, o fato de um tubo com um formato uniforme de seção transversal torna mais fácil a instalação de múltiplos tubos e garante uma estrutura de prevenção contra erosão mais estruturalmente sólida , especialmente quando os tubos estiverem empilhados uns sobre os outros.

15 Com a finalidade de garantir que o tubo 100 tenha uma seção transversal uniforme ao longo de seu comprimento, as dimensões dos painéis de preenchimento 120 são baseadas no formato da seção transversal do corpo tubular 110 quando o corpo tubular 110 estiver preenchido. Visto que o corpo tubular 110 é constituído a partir de um tecido, o mesmo apresenta uma limitada ou nenhuma rigidez. Uma vez preenchido com um material de lastro, o corpo tubular 110 é submetido a diversas forças diferentes que influenciam no formato da seção transversal do corpo tubular. Em primeiro lugar, o material de preenchimento aplica uma pressão hidrostática
20 interna à superfície interna do corpo tubular 110. Em segundo lugar, a superfície na qual o tubo geotêxtil se situa aplica uma força adicional que conforma o fundo do tubo. Adicionalmente, o ambiente ao redor no qual o tubo é colocado pode aplicar forças adicionais. Por exemplo, se o tubo for colocado em um local completamente submerso, a água ao redor aplica uma força que tem uma influência sobre o formato do tubo quando preenchido. Quando
25 o tubo for usado como um núcleo para uma duna de areia , a areia ao redor aplica forças que também conformam o tubo.

Pode-se realizar uma análise de um tubo geossintético baseada

em certos critérios conhecidos com a finalidade de determinar o formato e dimensões da seção transversal de um corpo tubular 110 que ainda será preenchido. O formato da seção transversal pode ser determinado utilizando-se uma variedade de fórmulas matemáticas conhecidas pelos versados na técnica. Por exemplo, o documento intitulado "Two dimensional analysis of geosynthetic tubes," por R.H. Plaut and S. Suherman, *Acta Mechanica*, vol.129, nº3-4, pp. 207 a 218 (1998), estando a totalidade de seu conteúdo aqui incorporada, a título de referência, discute uma combinação de fórmulas usadas para determinar o formato da seção transversal de um tubo geossintético com base em uma série de dados predeterminados, constantes, e relações conhecidas. As fórmulas necessárias para calcular o formato da seção transversal do tubo adotam as constantes e os dados predeterminados para prever a pressão aplicada ao corpo tubular ao longo de vários pontos do decorrer de sua superfície através de relações conhecidas.

Em uma modalidade da presente invenção, os dados predeterminados são a altura do tubo H , sua circunferência L , a gravidade específica do material de lastro para preencher o tubo SG_{int} , esteja o tubo submerso ou não, que determina se a água ou outro material, que tem uma gravidade específica SG_{ext} , cercará o tubo. Os valores que estão sendo procurados são a pressão aplicada no fundo do tubo P_{bot} , a pressão aplicada no topo do tubo P_{top} , a largura W do tubo geotêxtil em seu ponto mais largo quando preenchido, a largura da área de contato entre o tubo e a superfície de sustentação B , e a área A de uma seção transversal do tubo. Adicionalmente, a tensão circunferencial por largura perpendicular à seção transversal T consiste em outro valor que precisa ser calculado. Alguns dos valores desejados estão representados na Figura 7.

Em termos de considerações geométricas, a coordenada horizontal X , a coordenada vertical Y , e o ângulo entre a horizontal e a tangente em relação ao tubo θ são valores úteis para o cálculo. Todas as três grandezas variam à medida que se altera o comprimento do arco S da parte externa do tubo a partir de um ponto inicial. Levando-se em conta as considerações geométricas, a alteração de X e Y em relação à S pode ser representa-

da pelas seguintes fórmulas:

$$\frac{dX}{dS} = \cos \theta$$

$$\frac{dY}{dS} = \sin \theta$$

Com a finalidade de auxiliar no processo de determinação do
5 formato da seção transversal do tubo, os valores são calculados em grande-
zas não-dimensionais, conforme mostrado abaixo.

$$h = \frac{H}{L}$$

$$w = \frac{W}{L}$$

$$b = \frac{B}{L}$$

$$a = \frac{A}{L^2}$$

10

$$p_{bot} = \frac{P_{bot}}{SW_{int} L}$$

$$t = \frac{T}{SW_{int} L^2}$$

$$x = \frac{X}{L}$$

$$y = \frac{Y}{L}$$

$$s = \frac{S}{L}$$

15

SW_{int} é o peso específico do material de preenchimento, que é
gerado multiplicando-se SG_{int} pelo peso por volume de unidade de água. O
peso específico do material circundante SW_{ext} , é encontrado multiplicando-se
 SG_{ext} , pelo peso por volume de unidade de água. Ao longo das mesmas li-
20 nhas, os termos não-dimensionais da alteração das considerações geomé-
tricas se tornam os seguintes:

$$\frac{dx}{ds} = \cos \theta$$

$$\frac{dy}{ds} = \sin \theta$$

Ao se tentar solucionar este problema em termos da pressão
25 aplicada ao fundo do tubo, a solução pode ser escrita em termos de integrais
elípticas. Por exemplo, já que θ cresce à medida que s cresce, a p_{bot} pode

ser calculada a partir da seguinte fórmula.

$$p_{bot} = \frac{1}{2[K(k) - E(k)]} \quad (\text{Equação 1})$$

$K(k)$ e $E(k)$ são integrais elípticas completas do primeiro e do segundo tipo, respectivamente, e são bem conhecidas na técnica. O parâmetro k é definido pelo seguinte termo.

$$k = \frac{2\sqrt{t}}{p_{bot}} \quad (\text{Equação 2})$$

Tendo essas fórmulas, o comprimento de contanto não-dimensional b , a altura h e a largura w do tubo podem ser computados a partir das seguintes equações.

$$b = 1 - 2k\sqrt{t}K(k) \quad (\text{Equação 3})$$

$$h = (1 - \sqrt{1 - k^2})p_{bot} \quad (\text{Equação 4})$$

$$w = b + 2 \left[E\left(\frac{\pi}{4}, k\right) - \left(1 - \frac{k^2}{2}\right) F\left(\frac{\pi}{4}, k\right) \right] p_{bot} \quad (\text{Equação 5})$$

$$a = bp_{bot} \quad (\text{Equação 6})$$

$F\left(\frac{\pi}{4}, k\right)$ e $E\left(\frac{\pi}{4}, k\right)$ são integrais elípticas do primeiro e do segundo tipo, conforme é bem-conhecido na técnica.

Sendo h a única variável não-dimensional conhecida encontrada nas equações anteriores, k pode ser relacionado a h substituindo-se a Equação 1 por p_{bot} na Equação 2, conforme mostrado abaixo.

$$\frac{1}{2[K(k) - E(k)]} = \frac{h}{(1 - \sqrt{1 - k^2})} \quad (\text{Equação 7})$$

Para um valor específico de h , a Equação 7 pode ser numericamente solucionada para o valor correspondente de k utilizando-se um software matemático, tal como Mathematica®. Com um valor numérico para k , p_{bot} pode ser computada a partir da Equação 1, t a partir da Equação 2, b a partir da Equação 3, w a partir da Equação 5, e a a partir da Equação 6. As grandezas dimensionais correspondentes podem, então, ser calculados a partir dessas saídas.

Por exemplo, quando $H = 2,13$ m (7 pés), $L = 18,29$ m (60 pés), $SG_{int} = 1,4$, e o tubo precisar ser emerso, ou exposto acima do nível da água,

resultando em $SG_{ext}=1,0$, podem-se calcular os seguintes valores para as outras dimensões e propriedades do tubo.

Grandeza Não-Dimensional	Valor	Grandeza Dimensional	Valor
h	0,11667	H	2,13 m (7 pés)
p_{bot}	0,11955	P_{bot}	30 kPa (4,352 psi)
w	0,44392	W	26,64
b	0,38400	B	23,04
t	0,00357	T	1671 kg/m (93,59 lb/pol)

Algumas fórmulas aproximadas que não exigem o uso de integrais elípticas podem ser derivadas e usadas para solucionar as grandezas necessárias. A altura não-dimensional h pode ser variada e as grandezas correspondentes p_{bot} , t , b , h , w e a podem ser computadas utilizando-se as Equações 1 a 6. Pode-se estabelecer uma tabela de todos os valores em um programa de planilhas eletrônicas, tal como o Excel, e podem-se traçar as curvas para cada grandeza como uma função de h . Uma função polinomial pode ser usada pelo programa de planilha eletrônica para aproximar com precisão cada curva, ou partes de cada curva. Essas funções polinomiais podem, então, ser usadas pelo programa de planilha eletrônica de modo a se obter as grandezas desejadas.

À medida que as variáveis desconhecidas forem sendo solucionadas, o formato da seção transversal do tubo geotêxtil pode ser graficamente representado. De acordo com uma modalidade da invenção, as coordenadas x e y da seção transversal podem ser determinadas utilizando-se as seguintes fórmulas.

$$x = \left[E(\phi, k) - \left(1 - \frac{k^2}{2}\right) F(\phi, k) \right] p_{bot} \quad \text{(Equação 8)}$$

$$y = \left(1 - \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}\right) p_{bot} \quad \text{(Equação 9)}$$

O formato da seção transversal do tubo é obtido variando-se ϕ de 0 a π .

A representação gráfica do formato pode ser determinada sem utilizar integrais elípticas. As fórmulas abaixo proporcionam um exemplo de como se proceder.

$$y(r) = L \left[p_{bot} - \sqrt{(p_{bot}^2 - 2t + 2t \cos(r))} \right] \quad (\text{Equação 10})$$

$$x(r) = L \left(\frac{b}{2} + tJ \right) \quad (\text{Equação 11})$$

onde

$$J = \int_0^r \frac{\cos(r)}{\sqrt{(p_{bot}^2 - 2t + 2t \cos(r))}} dr \quad (\text{Equação 12})$$

5 r varia entre 0 e 2π para gerar uma série de coordenadas de x e y . Utilizando-se os valores descritos acima na tabela, a Figura 8 proporciona uma representação gráfica do formato da seção transversal. A representação gráfica gerada pode ser usada para criar um modelo em escala, a partir do qual um gabarito de painel de extremidade pode ser extrapolado.

10 Podem-se utilizar as fórmulas acima, ou outras fórmulas derivadas, em um algoritmo de dimensão do painel de extremidade para gerar as dimensões necessárias para que um painel de extremidade 120 seja compatível ao formato da seção transversal do corpo tubular 110. Embora a modalidade preferencial da presente invenção use as variações das fórmulas e
15 variáveis mostradas anteriormente, outras variáveis e equações conhecidas pelos versados na técnica podem ser usadas para determinar o formato da seção transversal do corpo tubular de acordo com outras modalidades da presente invenção.

20 Antes de se poder calcular as dimensões do formato da seção transversal do corpo tubular 110, os dados necessários devem ser determinados. Na modalidade preferencial, a altura H e a circunferência L do tubo, a gravidade específica SG_{int} do material de preenchimento, e a gravidade específica SG_{ext} do material que serve para cercar o tubo, se existirem, devem ser determinados.

25 A altura total da estrutura terá um impacto na altura de um tubo individual. As estruturas que são construídas com tubos podem variar em altura a partir de poucos pés até 9,14 m (30 pés). No entanto, por razões de custos e segurança, é preferível manter a altura de um tubo geotêxtil individual entre 0,91 m (3 pés) e 3,05 m (10 pés). Quando as estruturas exigirem
30 uma altura maior do que esta faixa, são necessários múltiplos tubos empi-

lhados uns sobre os outros.

As preocupações em relação à segurança apresentam um maior impacto na circunferência L do tubo. Uma das maiores preocupações de segurança com qualquer tubo geotêxtil preenchido é a possibilidade de ruptura.

5 A ruptura ocorre principalmente nas costuras do tubo quando a força aplicada pelo material de preenchimento for maior do que a costura pode suportar. Portanto, a resistência da costura, que é a quantidade de força que a costura pode suportar antes de se romper, precisa ser muito maior do que a força do material de preenchimento aplicada nas costuras para evitar rupturas das

10 costuras. De preferência, deseja-se uma razão entre a resistência da costura e a força do material de preenchimento de quatro para um. A resistência da costura é determinada pela resistência à tensão do tecido do tubo e do tipo de costura empregada. No entanto, aumentando-se a circunferência L do tubo enquanto se mantém a altura H constante, a quantidade de força aplicada contra a costura diminui. A circunferência L é determinada considerando-se esses fatores.

O local onde a estrutura que utiliza os tubos está sendo construída determina a gravidade específica SG_{int} do material de preenchimento, assim como a gravidade específica SG_{ext} do ambiente ao redor. Os tubos

20 são, em geral, preenchidos com materiais de preenchimento encontrados no local de instalação. Visto que a maioria das estruturas que utilizam os tubos são construídas próximos a praia, a areia é, em geral, o material de preenchimento usado. No entanto, outros materiais de preenchimento que incluem, mas não se limitam a, sedimentos, lama, e outra matéria particulada,

25 podem ser usados. Portanto, a gravidade específica SG_{int} do material de preenchimento usado, que pode variar de local para local, deve ser determinada. Esteja o geotêxtil completamente submerso em um ambiente debaixo d'água ou esteja parcialmente exposto ao ar, se determina a SG_{ext} do material forçado contra a superfície externa do tubo geotêxtil. Se nenhuma parte

30 do tubo geotêxtil não estiver submersa, o tubo geotêxtil deve ser considerado emerso, ou totalmente exposto, por razões de segurança.

Com os dados necessários para determinar o formato da seção

transversal proporcionados, o comprimento do tubo geotêxtil pode, então, ser determinado. O comprimento do tubo pode, também, ser determinado pelo ambiente. Em geral, os tubos são instalados em comprimentos entre 60 e 60,96 m (200 pés). No entanto, o tamanho pode variar com base na conveniência. Por exemplo, para instalação em áreas com fortes correntes de água, o comprimento é geralmente mais curto de modo a evitar parte da força aplicada pela água em movimento. Em situações onde há pouca ou nenhuma corrente, o comprimento de um único tubo geotêxtil pode alcançar aproximadamente 200 pés. O comprimento do tubo influencia, também, no número de portas de preenchimento necessárias. Quanto mais portas de preenchimento necessárias mais longos serão os tubos, com a finalidade de garantir uma distribuição igual do material de preenchimento no interior do tubo. A altura H do tubo geotêxtil pode ser ajustada ao longo das mesmas linhas de conveniência.

Uma vez determinadas as dimensões do tubo, pode-se construir o tubo geotêxtil 100. O corpo tubular 110 e os painéis de preenchimento 120 são formados a partir de componentes separados, conforme mostrado na Figura 9. O corpo tubular 110 pode ser formado a partir de uma peça retangular de tecido dotada de extremidades longitudinais 112 e extremidades laterais 114. O corpo tubular 110 é formado prendendo-se as extremidades longitudinais 112 umas às outras. Pode-se utilizar qualquer meio adequado (por exemplo, costura térmica, colagem, soldagem ultra-sônica, etc.) para prender as extremidades longitudinais 112 juntas. Uma vez que o corpo tubular 110 estiver formado, os painéis de preenchimento 120 podem ser fixados às extremidades laterais 114 ou extremidades do tubo da mesma maneira. As portas de preenchimento 130 podem ser adicionadas ao longo de várias partes dos tubos 100. No entanto, na modalidade conforme mostrada nas Figuras 4 e 5, essas portas de preenchimento 130 são orientadas ao longo do topo do corpo tubular 110, para acessibilidade. Com a finalidade de adicionar as portas de preenchimento 130, devem ser feitas aberturas correspondentes 132 no corpo tubular 110. Podem-se adicionar, também, laços de fixação 140 ao longo das extremidades do tubo 100 nas adjacências dos

painéis de preenchimento 120. Podem-se adicionar, também, laços de ancoragem 150 ao longo da porção inferior do corpo tubular 110. Os laços de fixação 140 e os laços de ancoragem 150 podem ser constituídos a partir de panos, fios, cabos, correntes, tiras, e outros tipos de materiais. Adicionalmente, as alças e laços podem incluir elementos de fixação, fivelas, grampos, mosquetões, e outros dispositivos de fixação.

Muito embora vários meios de fixação possam ser usados, as junções, que formam costuras, resultarão, em geral, em ligações entre os componentes do tubo com resistência necessária para suportar as pressões exercidas sobre eles. O tipo de costura escolhida pode depender, entre outras considerações, das tensões previstas às quais o tubo 100 pode ser submetido. A resistência das costuras resultantes pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo o tipo de costura, o tipo de ponto, o tipo de linha, e a densidade do ponto.

Podem-se utilizar muitos tipos de costuras na fabricação do tubo 100 da presente invenção. Exemplos dessas costuras são discutidas no Pedido U.S. Número de Série 10/541.134, depositado em 6 de abril de 2006, intitulado "Inlet Port for a Container Made of Geotextiles", estando a totalidade de seu conteúdo aqui incorporada, a título de referência. Forma-se uma costura "plana" ou "prayer" é formada colocando-se juntas as extremidades voltadas de dois têxteis. Forma-se uma costura de "borboleta" colocando-se juntas as extremidades voltadas de dois têxteis e, então, dobrando-se uma parte de cada têxtil sobre ela mesma. Isto cria quatro camadas que podem, então, ser presas juntas. Forma-se uma costura "J" colocando-se juntas as extremidades voltadas de dois têxteis e, então, dobrando-se uma porção de ambos sobre um dos têxteis. A costura "J" e a costura "borboleta", embora genericamente mais difíceis de se formarem do que uma costura "prayer", são preferenciais em aplicações onde se necessitam de costuras mais fortes, e são preferenciais na construção dos tubos. Forma-se uma costura "sobrepota" sobrepondo-se as extremidades de dois têxteis adjacentes e prendendo-os juntos na área de sobreposição. Essas costuras, entre outras, também podem ser usadas para prender as aberturas nas quais as portas

de preenchimento 130 são fixadas aos tubos 100. Independentemente do tipo de costura usadas, a costura deve ser revertida, colocando as porções protuberantes no interior do tubo.

Pode-se utilizar qualquer tipo de ponto adequado que confira uma resistência suficiente às costuras. Descobriu-se que um ponto de costura com linha dupla é particularmente eficaz. Além disso, pode-se utilizar qualquer linha que proporcione uma resistência de costura suficiente. Por exemplo, as linhas Kevlar, náilon, poliéster ou polipropileno, dentre outras, são adequadas. O viés e denier da linha usada podem variar dependendo do material de linha e da resistência de costura desejada. Descobriu-se que uma linha de poliéster com mil (1000) denier é eficaz para costurar os componentes do tubo 100.

Pode-se utilizar qualquer densidade adequada ao particular material, linha e resistência da costura desejada. Os pontos que estiverem muito próximos e/ou as tensões de linha que estiverem bem apertadas tendem a cortar o material geotêxtil. Descobriram-se que as densidades de ponto de ao menos 4 a 5 pontos por polegada conferem a resistência necessária à costura. No entanto, maiores densidades de ponto podem ser desejáveis para uso com geotêxteis tendo fios mais pesados e bases mais apertadas, e menores densidades de ponto podem ser desejáveis para uso com geotêxteis mais leves.

As Figuras 10 a 12 ilustram como instalar múltiplos tubos geotêxteis 100 para prevenção de erosão de acordo com uma modalidade da invenção. Em primeiro lugar, a área de instalação precisa ser preparada. Deve-se proporcionar uma superfície de nível. Devem-se remover os fragmentos que possam influenciar a integridade estrutural do tubo, assim como a influência da altura uniforme dos. Deve-se preparar um canal para colocação do tubo quando usado como um núcleo para uma construção de dunas. Quando a estrutura for colocada em uma área de alta erosão, pode-se instalar um cone aluvial com suas próprias âncoras.

Uma vez que área estiver preparada, um tubo não-preenchido 100 é proporcionado e colocado na área desejada, conforme mostrado na

Figura 10. Em alguns ambientes, o tubo não-preenchido 100 precisará ser temporariamente preso antes do preenchimento. Os laços de ancoragem 150 encontrados ao longo do fundo do tubo 100 podem ser presos a uma âncora, mostrada como estacas 160, na Figura 10. No entanto, os laços de ancoragem 150 podem usar outros dispositivos que não sejam estacas, que incluem, mas não se limitam a, contrapesos, ganchos e âncoras que auxiliam na retenção do tubo 100 em posição antes do preenchimento. Após a colocação, o tubo é, então, preenchido com um material de lastro, como uma pasta fluida de areia. A pasta fluida de areia pode ser preenchida através do auxílio de uma bomba de pasta fluida de areia, que pode ser fixada ao tubo em uma porta de preenchimento 130. Uma vez que o contrapeso do material de preenchimento estiver retendo firmemente o tubo geotêxtil em posição, os meios de fixação temporários podem ser removidos.

Depois que o tubo estiver preenchido, segundo tubo 300 pode ser adjacientemente colocado, em uma configuração de extremidade em extremidade com o primeiro tubo 100, conforme mostrado na Figura 11. Se necessário, o segundo tubo 300 pode ser temporariamente ancorado conforme descrito acima. Os laços de fixação 140 do primeiro tubo 100 podem ser presos aos laços de fixação 340 do segundo tubo 300 neste momento conforme mostrado na Figura 12. No entanto, é possível fixar cada tubo a outro quando estiverem preenchidos. Embora a fixação dos laços de fixação 140 e 340 dos tubos geotêxteis adjacentes possa ser realizada após ambos estarem preenchidos, ela é extremamente difícil dado que não existem vãos entre os dois tubos por onde se obtém acesso. O segundo tubo 300 pode, então, ser preenchido com o material de preenchimento até que dois tubos adjacentes estejam essencialmente nivelados entre si. Quando a instalação dos tubos estiver completa, conforme mostrado na Figura 13, cria-se uma estrutura 400 dotada de uma altura uniforme de extremidade em extremidade. Uma altura uniforme resulta em um aperfeiçoamento na função e aparência da estrutura 400.

Quando a altura da estrutura total requerer mais de uma camada de tubos, o empilhamento de tubos em formato de pirâmide, conforme mos-

trado na Figura 14, é um método preferencial de instalação. A estrutura 500 é constituída por múltiplas camadas, sendo que cada camada tem um tubo a mais do que a camada acima. Quando forem necessárias três camadas de tubos, uma camada inferior 510 possuirá três tubos lado a lado, uma camada intermediária 520 possuirá dois tubos lado a lado, e uma camada superior 530 possuirá apenas um tubo. Embora o empilhamento dos tubos em formato de pirâmide seja preferencial, nem todas as estruturas, que requerem uma altura maior do que a altura proporcionada por um único tubo, necessitam deste empilhamento. Por exemplo, a estrutura 600 da Figura 15 mostra tubos escalonados 100 ao longo de uma superfície inclinada. Outras orientações de tubo são possíveis, e não consistem em meios limitados às estruturas discutidas anteriormente.

O relatório descritivo anterior é fornecido por propósitos de ilustração, explicação e descrição das modalidades da presente invenção. Outras modificações e adaptações a essas modalidades tornar-se-ão aparentes aos versados na técnica e podem ser construídas sem que se divirja do escopo e espírito da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Tubo flexível permeável à água adaptado para receber um material de preenchimento, que compreende:

5 a. um corpo tubular que compreende duas extremidades opostas; e

b. dois painéis de extremidade, sendo que um deles é fixado a cada uma das extremidades opostas do corpo tubular,

10 sendo que os dois painéis de preenchimento são configurados de modo a formarem extremidades planas para o tubo mediante o recebimento do material de preenchimento.

2. Tubo, de acordo com a reivindicação 1, em que os dois painéis de preenchimento compreendem, ainda, um formato correspondente a um formato de seção transversal do corpo tubular mediante o recebimento do material de preenchimento.

15 3. Tubo, de acordo com a reivindicação 2, em que o formato da seção transversal do corpo tubular é determinado por uma relação entre o material de preenchimento, um ambiente no qual o tubo é colocado, uma altura do tubo, e uma circunferência do corpo tubular quando o corpo tubular receber o material de preenchimento e for colocado no ambiente.

20 4. Tubo, de acordo com a reivindicação 3, em que o corpo tubular é formado a partir de um único painel de material flexível permeável à água que compreende extremidades opostas longitudinais presas umas às outras e extremidades opostas laterais que formam as duas extremidades opostas do corpo tubular.

25 5. Tubo, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, ainda, ao menos um laço de fixação fixado a um dos dois painéis de extremidade ou ao corpo tubular próximo a um dos dois painéis de extremidade.

30 6. Tubo, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, ainda, ao menos uma porta de preenchimento associada a uma porção superior do corpo tubular e configurada para receber o material de preenchimento.

7. Tubo, de acordo com a reivindicação 1, em que o corpo tubular e os dois painéis de extremidade compreendem um material geotêxtil.

8. Tubo, de acordo com a reivindicação 7, em que o material geotêxtil compreende ao menos um material entre polipropileno, polietileno ou poliéster.

5 9. Tubo, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, ainda, ao menos um laço de ancoragem fixado a uma porção inferior do corpo tubular.

10 10. Tubo, de acordo com a reivindicação 1, em que os dois painéis de preenchimento são fixados às duas extremidades opostas do corpo tubular através de ao menos uma costura, costura térmica, soldagem ou colagem.

11. Tubo geotêxtil dotado de extremidades planas adaptadas para receber um material de preenchimento, que compreende:

15 a. um corpo tubular que compreende duas extremidades opostas, em que o corpo tubular é formado a partir de um único painel que compreende extremidades longitudinais opostas e extremidades laterais opostas, sendo que as extremidades longitudinais opostas são presas umas às outras;

20 b. dois painéis de preenchimento, sendo que um deles é fixado a cada uma das extremidades opostas do corpo tubular, sendo que cada painel de extremidade compreende um formato correspondentes a um formato de seção transversal do corpo tubular mediante o recebimento do material de preenchimento, sendo que o formato da seção transversal do corpo tubular é determinada por uma relação entre o material de preenchimento, um ambiente no qual o tubo é colocado, uma altura do tubo, e uma circunferência do corpo tubular quando o corpo tubular receber o material de preenchimento e for colocado no ambiente;

25 (c) ao menos um laço de fixação preso a cada painel de extremidade ou a cada extremidade oposta do corpo tubular adjacente a cada painel de extremidade; e

30 (d) ao menos uma porta de preenchimento associada a uma porção superior do corpo tubular e configurada para receber o material de preenchimento.

12. Método de formação de um tubo flexível permeável à água configurado de modo a possuir extremidades planas mediante o recebimento de um material de preenchimento, que compreende:

- 5 instalado;
- (a) determinar as condições de um ambiente no qual o tubo será
 - (b) proporcionar um material flexível permeável à água;
 - (b) formar um corpo tubular que compreende duas extremidades opostas a partir do material flexível permeável à água;
 - (c) formar dois painéis de preenchimento a partir do material flexível permeável à água; e
 - (d) prender um dos dois painéis de preenchimento a cada uma das extremidades opostas do corpo tubular.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, em que a determinação das condições de um ambiente compreende:

- 15
- (a) determinar uma altura do tubo;
 - (b) determinar uma circunferência do corpo tubular;
 - (c) adquirir um peso específico do material de preenchimento; e
 - (d) adquirir um peso específico do material que cerca o tubo mediante a instalação.

20 14. Método, de acordo com a reivindicação 13, em que a formação dos dois painéis de preenchimento compreende:

- (a) determinar um formato da seção transversal do corpo tubular;
- e
- (b) fabricar dois painéis de preenchimento a partir do material flexível permeável à água tendo um formato correspondente ao formato da
- 25 seção transversal do corpo tubular.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, em que a determinação do formato da seção transversal do corpo tubular compreende determinar uma relação entre a circunferência do corpo tubular, a altura do tubo, o peso específico do material de preenchimento, e o peso específico do

30 material que cerca o tubo mediante a instalação.

16. Método, de acordo com a reivindicação 12, em que a forma-

ção do corpo tubular que compreende as extremidades opostas compreende, ainda:

(a) formar um painel a partir de um material flexível permeável à água tendo duas extremidades longitudinais opostas e duas extremidades laterais opostas; e

(b) prender as duas extremidades longitudinais opostas uma à outra.

17. Método, de acordo com a reivindicação 12, que compreende, ainda, formar ao menos uma porta de preenchimento ao longo do corpo tubular.

18. Método, de acordo com a reivindicação 12, que compreende, ainda, formar e fixar ao menos um laço de fixação ao longo de cada painel ou ao corpo tubular adjacente à cada painel de extremidade após prender um dos dois painéis de preenchimento a cada uma das extremidades opostas do corpo tubular.

19. Método, de acordo com a reivindicação 12, em que a ação de prender um dos dois painéis de preenchimento a cada uma das extremidades opostas do corpo tubular é realizada por pelo menos costura, costura térmica, soldagem ou colagem dos painéis de preenchimento às extremidades opostas de modo a formar uma costura.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, em que a costura é pelo menos uma costura plana, borboleta, J, ou sobreposta.

21. Método de formação de um tubo geotêxtil configurado de modo a possuir extremidades planas mediante o recebimento de um material de preenchimento, que compreende:

(a) determinar as condições de um ambiente no qual o tubo será instalado, que compreende:

(i) determinar uma altura do tubo;

(ii) determinar uma circunferência do tubo;

(iii) adquirir um peso específico do material de preenchimento; e

(iv) adquirir um peso específico do material que cerca o tubo mediante a instalação;

(b) proporcionar um material geotêxtil;

(c) formar um corpo tubular, que compreende:

5 (i) formar um painel a partir do material geotêxtil que compreende duas extremidades longitudinais opostas e duas extremidades laterais opostas, sendo que um comprimento ao longo de uma das extremidades laterais opostas do painel é igual a circunferência do tubo; e

(ii) prender as duas extremidades longitudinais opostas uma à outra, sendo que o corpo tubular compreende duas extremidades opostas;

10 (d) formar dois painéis de preenchimento a partir do material geotêxtil, que compreende:

(i) determinar um formato da seção transversal do corpo tubular quando preenchido com o material de preenchimento e colocado no ambiente, sendo que o formato da seção transversal é determinado por uma relação entre a circunferência do tubo, a altura do tubo, o peso específico do material de preenchimento, e o peso específico do material que cerca o tubo mediante a instalação; e

(iii) fabricar dois painéis de preenchimento a partir do material geotêxtil que compreende um formato correspondente ao formato da seção transversal do corpo tubular;

20 (e) prender um dos dois painéis de preenchimento a cada uma das extremidades opostas do corpo tubular;

(f) formar ao menos uma porta de preenchimento ao longo de uma porção superior do corpo tubular; e

25 (g) formar ao menos um laço de fixação ao longo de cada painel de extremidade.

22. Método de instalação de uma barreira de prevenção de erosão, que compreende:

(a) preparar uma área para instalação;

30 (b) proporcionar um primeiro e um segundo tubo flexível permeável à água dotados de duas extremidades planas quando carregados, sendo que cada tubo compreende:

(i) ao menos uma porta de preenchimento; e

- (ii) ao menos um laço de fixação para cada extremidade plana;
- (c) preencher o primeiro tubo com um material de preenchimento através da ao menos uma porta de preenchimento;
- (d) colocar uma das duas extremidades planas do segundo tubo adjacente a uma das duas extremidades planas do primeiro tubo;
- (e) prender o ao menos um laço de fixação das extremidades planas dos primeiros e segundos tubos adjacentes entre si; e
- (f) preencher o segundo tubo com o material de preenchimento através da ao menos uma porta de preenchimento.

10 23. Método, de acordo com a reivindicação 22, em que o primeiro e o segundo tubo flexível permeável à água compreendem, ainda:

- (a) um corpo tubular que compreende extremidades opostas; e
- (b) painéis de preenchimento opostos presos às extremidades opostas do corpo tubular, em que os painéis de preenchimento opostos têm um formato correspondente a um formato da seção transversal do corpo tubular quando o corpo tubular estiver preenchido com o material de preenchimento e instalado.

20 24. Método, de acordo com a reivindicação 23, em que o formato da seção transversal do corpo tubular é determinado por uma relação entre uma circunferência do tubo, uma altura do tubo, um peso específico do material de preenchimento, e um peso específico do material que cerca o tubo mediante a instalação.

25 25. Método, de acordo com a reivindicação 23, em que o corpo tubular e os painéis de preenchimento são formados a partir de um material geotêxtil.

26. Método de instalação de uma barreira de prevenção de erosão, que compreende:

- (a) preparar uma área para instalação que compreende:
 - (i) remover os fragmentos;
 - (ii) nivelar uma superfície de instalação; e
 - (iii) instalar um cone aluvial;
- (b) proporcionar um primeiro e um segundo tubo geotêxtil dota-

dos de extremidades planas opostas quando preenchidos, sendo que cada tubo compreende:

- (i) um corpo tubular que compreende duas extremidades opostas;
- 5 (ii) painéis de preenchimento opostos presos às duas extremidades opostas do corpo tubular, sendo que os painéis de preenchimento opostos têm um formato correspondente a um formato da seção transversal do corpo tubular quando o corpo tubular estiver preenchido com um material de preenchimento e instalado;
- 10 (iii) ao menos uma porta de preenchimento associada ao longo de uma porção superior do corpo tubular;
- (iv) ao menos um laço de fixação fixado ao tubo adjacente às extremidades planas opostas do tubo; e
- (v) ao menos um laço de ancoragem fixado ao longo de uma
15 porção inferior do corpo tubular;
- (c) prender o primeiro tubo na área prendendo-se o ao menos um laço de ancoragem a uma âncora;
- (d) preencher o primeiro tubo com o material de preenchimento através da ao menos uma porta de preenchimento;
- 20 (e) colocar uma das extremidades planas opostas do segundo tubo adjacente a uma das extremidades planas opostas do primeiro tubo;
- (f) prender os laços de fixação das extremidades planas dos primeiros e dos segundos tubos adjacentes entre si; e
- (g) preencher o segundo tubo com o material de preenchimento.
- 25 27. Método para fabricação de um painel de extremidade para um tubo geotêxtil dotado de extremidades planas quando preenchido com um material de preenchimento e colocado em um ambiente, que compreende:
- (a) determinar um formato da seção transversal do tubo quando
30 preenchido com o material de preenchimento e colocado no ambiente;
- (b) criar um padrão em escala natural tendo o formato da seção transversal; e

(c) usar o padrão em escala natural para fabricar o painel de extremidade.

28. Método, de acordo com a reivindicação 27, em que a determinação do formato da seção transversal do tubo compreende, ainda:

5 (a) selecionar uma altura (H) e uma circunferência (L) para o tubo;

(b) determinar um peso específico do material de preenchimento (SW_{int}) e do material que cerca o tubo mediante a instalação (SW_{ext}); e

10 (c) calcular o formato da seção transversal utilizando um algoritmo, sendo que o algoritmo compreende:

(i) dividir H pela L do tubo de modo a criar um valor não-dimensional da altura do tubo (h);

(ii) solucionar um valor de k na equação

$$\frac{1}{2[K(k) - E(k)]} = \frac{h}{(1 - \sqrt{1 - k^2})}$$
 utilizando-se h , onde $K(k)$ e $E(k)$ são integrais elípticas completas do primeiro e do segundo tipo e k é um parâmetro desconhecido;

15

(iii) solucionar P_{bot} na equação $P_{bot} = \frac{1}{2[K(k) - E(k)]}$ utilizando-se k , onde P_{bot} é um valor não-dimensional de uma pressão ampliada em uma porção inferior do tubo (P); e

20 (iv) usar k e P_{bot} para calcular o formato da seção transversal gerando-se valores dimensionais do formato da seção transversal, utilizando-se integrais elípticas para representar graficamente o formato da seção transversal, ou utilizando-se integrais não-elípticas para representar graficamente o formato da seção transversal.

25 29. Método, de acordo com a reivindicação 28, em que a utilização de integrais não-elípticas para representar graficamente o formato da seção transversal compreende:

(a) solucionar t na equação $k = \frac{2\sqrt{t}}{P_{bot}}$ utilizando-se k e P_{bot} , onde t é um valor não-dimensional de uma tensão circunferencial por largura perpendicular a uma seção transversal do tubo (T);

30

(b) gerar uma pluralidade de coordenadas correspondentes de x e y variando-se r entre 0 e 2π e utilizando-se t , P_{bot} , L e J nas fórmulas:

$$y(r) = L \left[p_{bot} - \sqrt{(p_{bot}^2 - 2t + 2t \cos(r))} \right] e$$

$$x(r) = L \left(\frac{b}{2} + tJ \right), \text{ onde } J = \int_0^r \frac{\cos(r)}{\sqrt{(p_{bot}^2 - 2t + 2t \cos(r))}} dr ; e$$

5 (b) representar graficamente a pluralidade de coordenadas correspondentes de x e y .

30. Método, de acordo com a reivindicação 28, em que a geração de valores dimensionais do formato da seção transversal compreende:

$$k = \frac{2\sqrt{t}}{P_{bot}}$$

(a) solucionar t na equação P_{bot} utilizando-se k e P_{bot} , onde t é um valor não-dimensional de uma tensão circunferencial por largura perpendicular a uma seção transversal do tubo (T);

(b) solucionar b a partir da equação $b = 1 - 2k\sqrt{t}K(k)$ utilizando-se k e t , onde b é um valor não-dimensional de uma largura de uma área de contato entre o tubo e uma superfície de sustentação (B);

15 (c) solucionar w a partir da equação $w = b + 2 \left[E\left(\frac{\pi}{4}, k\right) - \left(1 - \frac{k^2}{2}\right) F\left(\frac{\pi}{4}, k\right) \right] p_{bot}$ utilizando-se b , k e P_{bot} , onde

$F\left(\frac{\pi}{4}, k\right)$ e $E\left(\frac{\pi}{4}, k\right)$ são integrais elípticas do primeiro e do segundo tipo e w é um valor não-dimensional de uma largura do tubo na parte mais ampla do tubo quando preenchido (W);

20 (d) solucionar a a partir da equação $a = bP_{bot}$ utilizando-se b e P_{bot} , onde a é um valor não-dimensional de uma área de seção transversal do tubo (A); e

(e) calcular os valores dimensionais de T , B , W e A a partir de valores não-dimensionais de t , b , w e a , onde $T = SW_{int}L^2$, $W = wL$, $B = Lb$,

25 $A = aL^2$, e $\frac{P_{bot}}{L} = p_{bot} SW_{int} L$.

31. Método, de acordo com a reivindicação 28, em que a utilização de integrais elípticas para representar graficamente o formato da seção

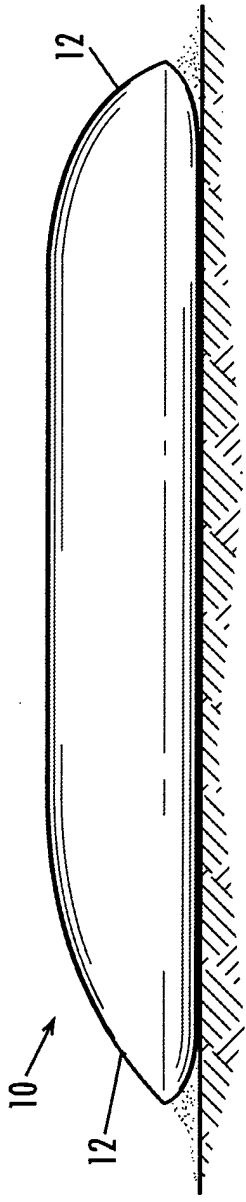
transversal compreende:

(a) gerar uma pluralidade de coordenadas correspondentes de x e y utilizando-se k e P_{bot} nas equações:

$$x = \left[E(\phi, k) - \left(1 - \frac{k^2}{2}\right) F(\phi, k) \right] P_{bot} \quad e$$

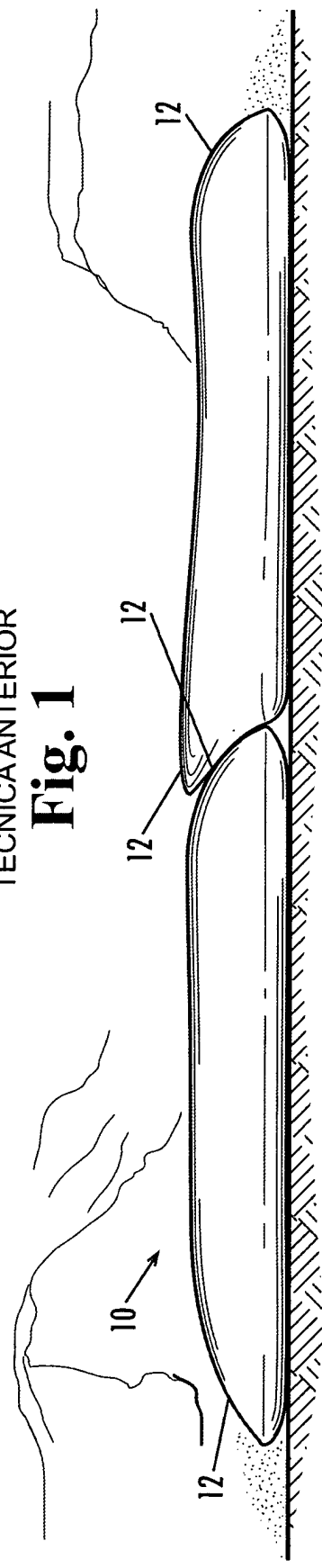
5 $y = \left(1 - \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}\right) P_{bot}$ enquanto varia ϕ entre 0 e π , onde $F(\phi, k)$ e $E(\phi, k)$ são integrais elípticas do primeiro e do segundo tipo; e

(b) representar graficamente a pluralidade de coordenadas correspondentes de x e y .



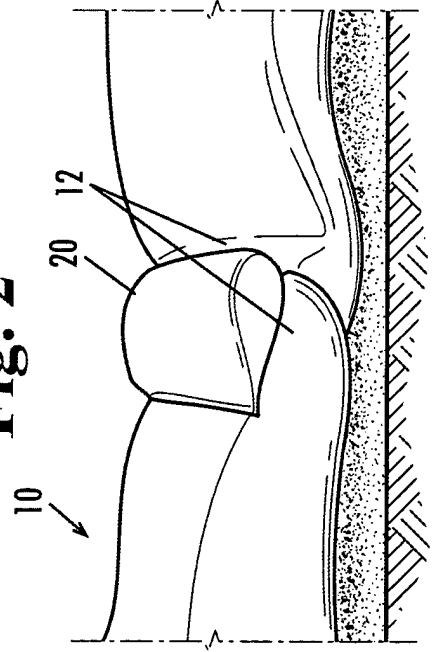
TÉCNICA ANTERIOR

Fig. 1



TÉCNICA ANTERIOR

Fig. 2



TÉCNICA ANTERIOR

Fig. 3

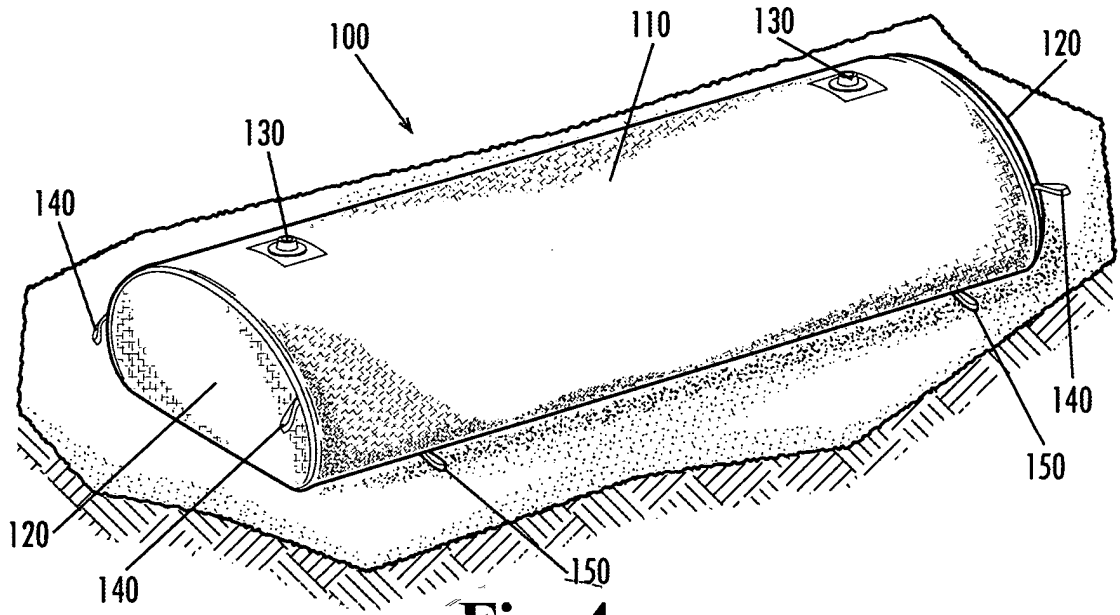


Fig. 4

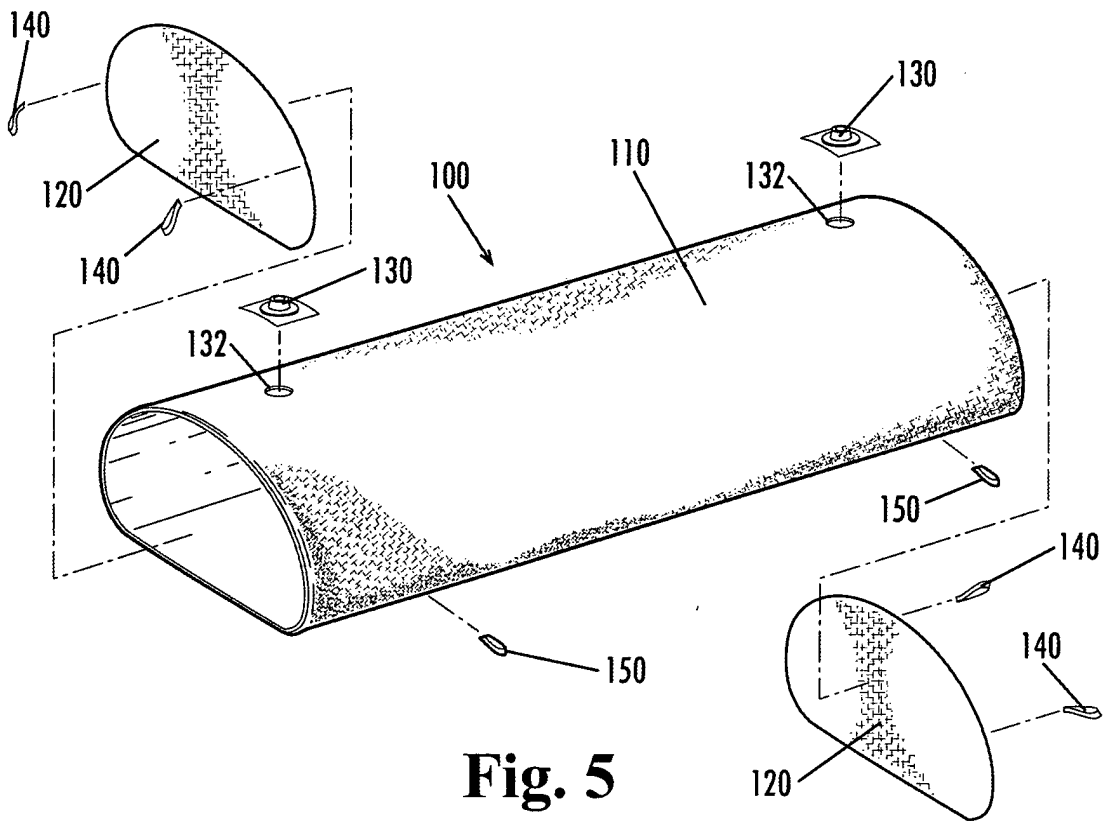


Fig. 5

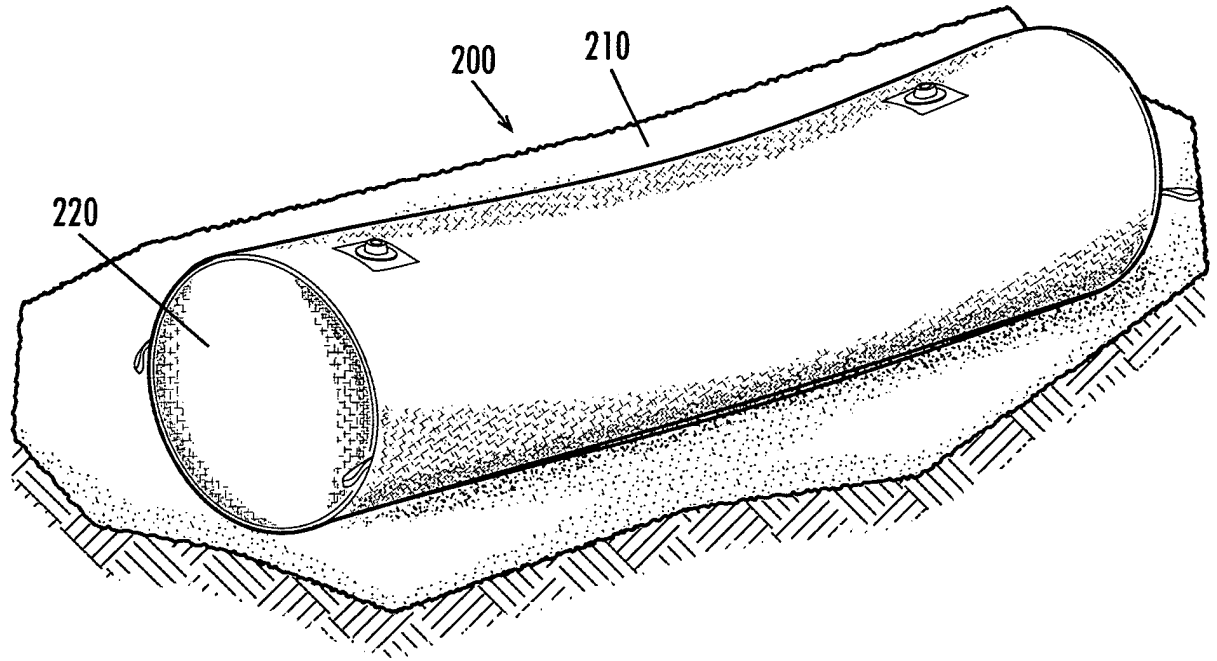


Fig. 6

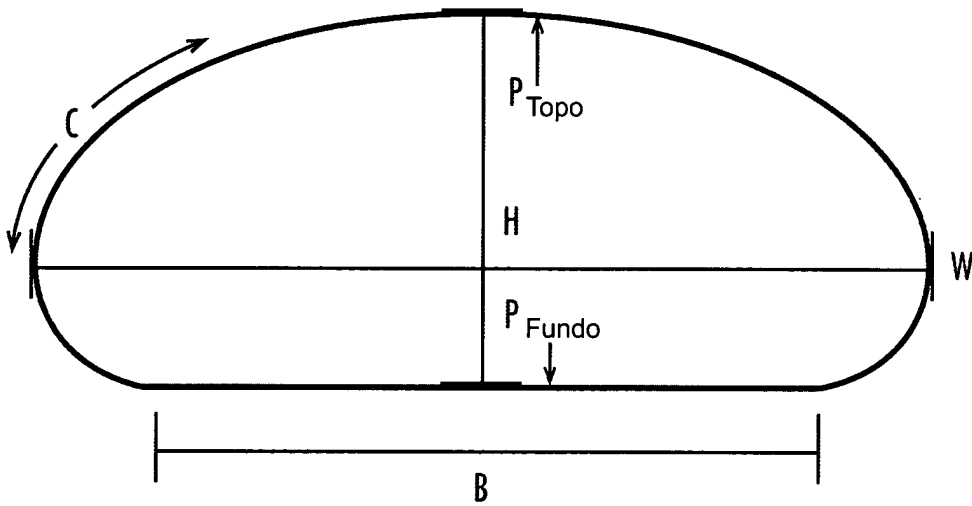


Fig. 7

Gráfico do tubo

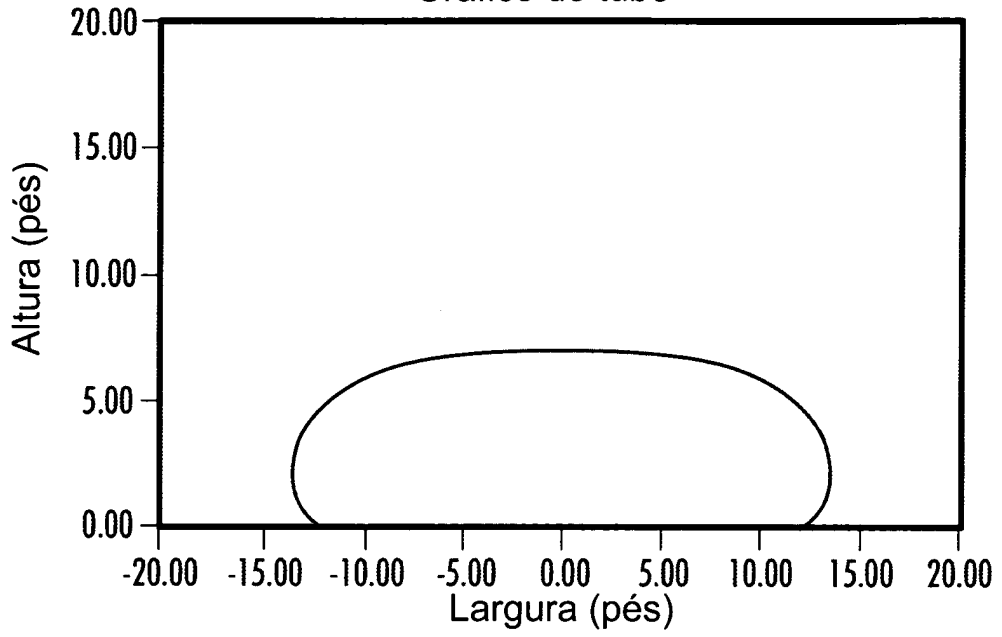


Fig. 8

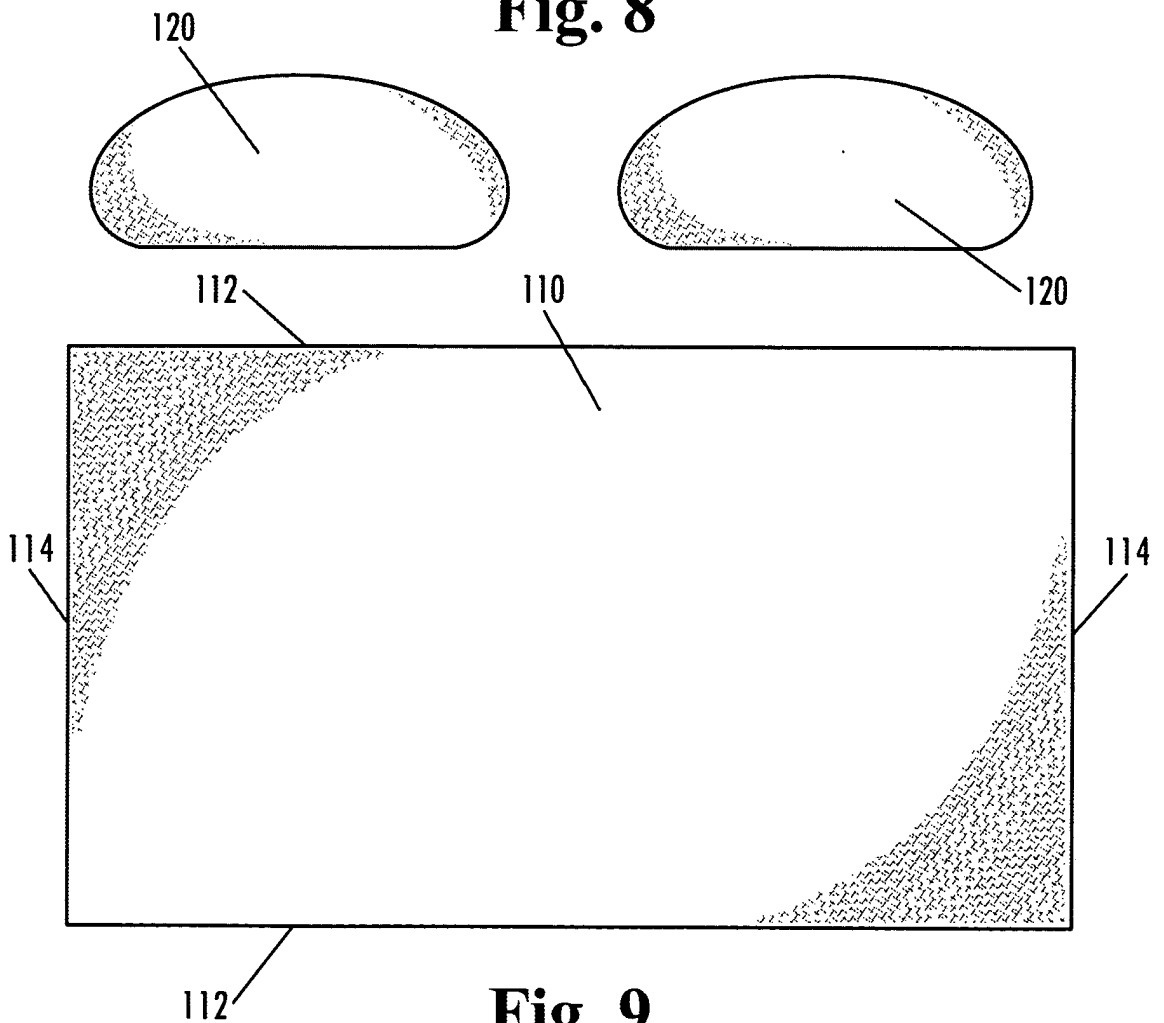


Fig. 9

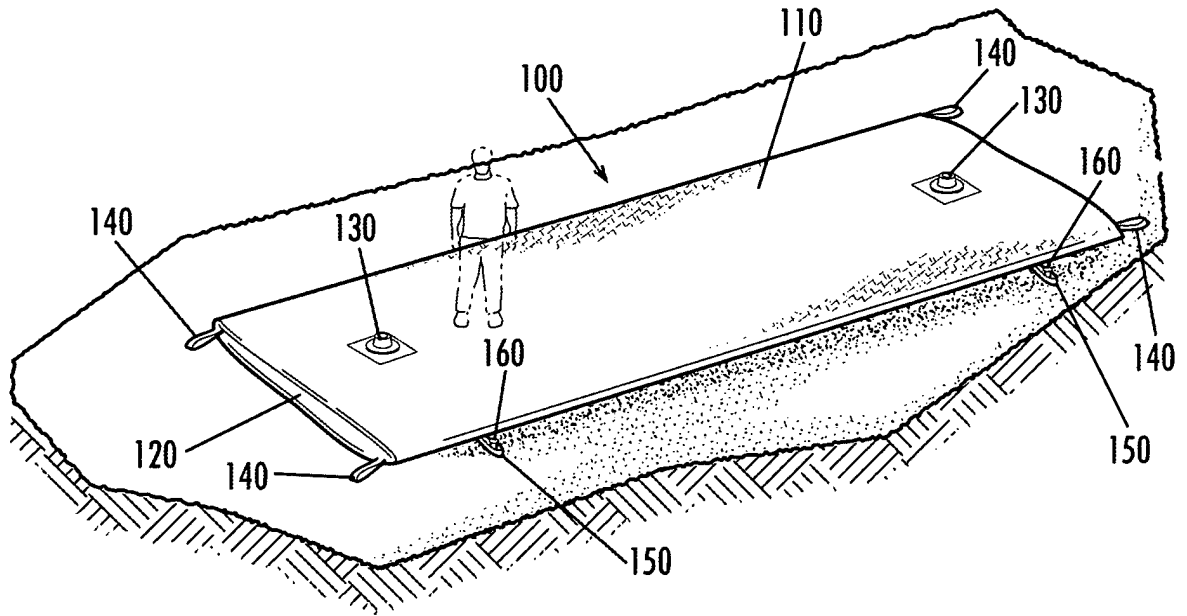


Fig. 10

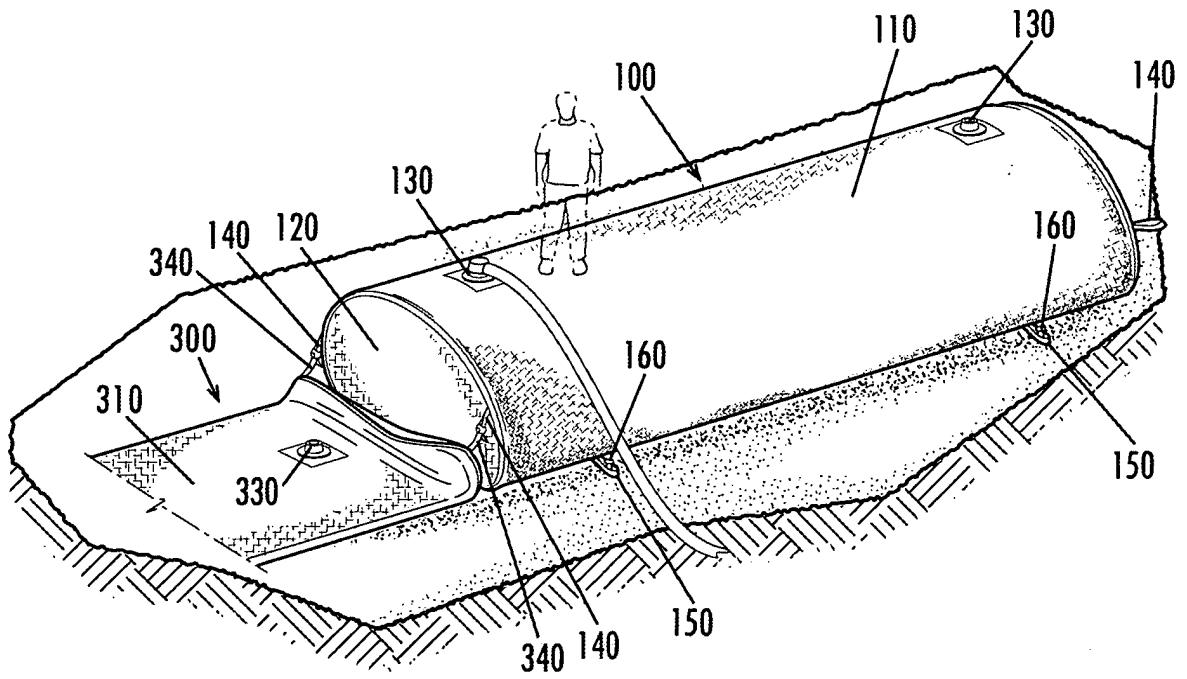


Fig. 11

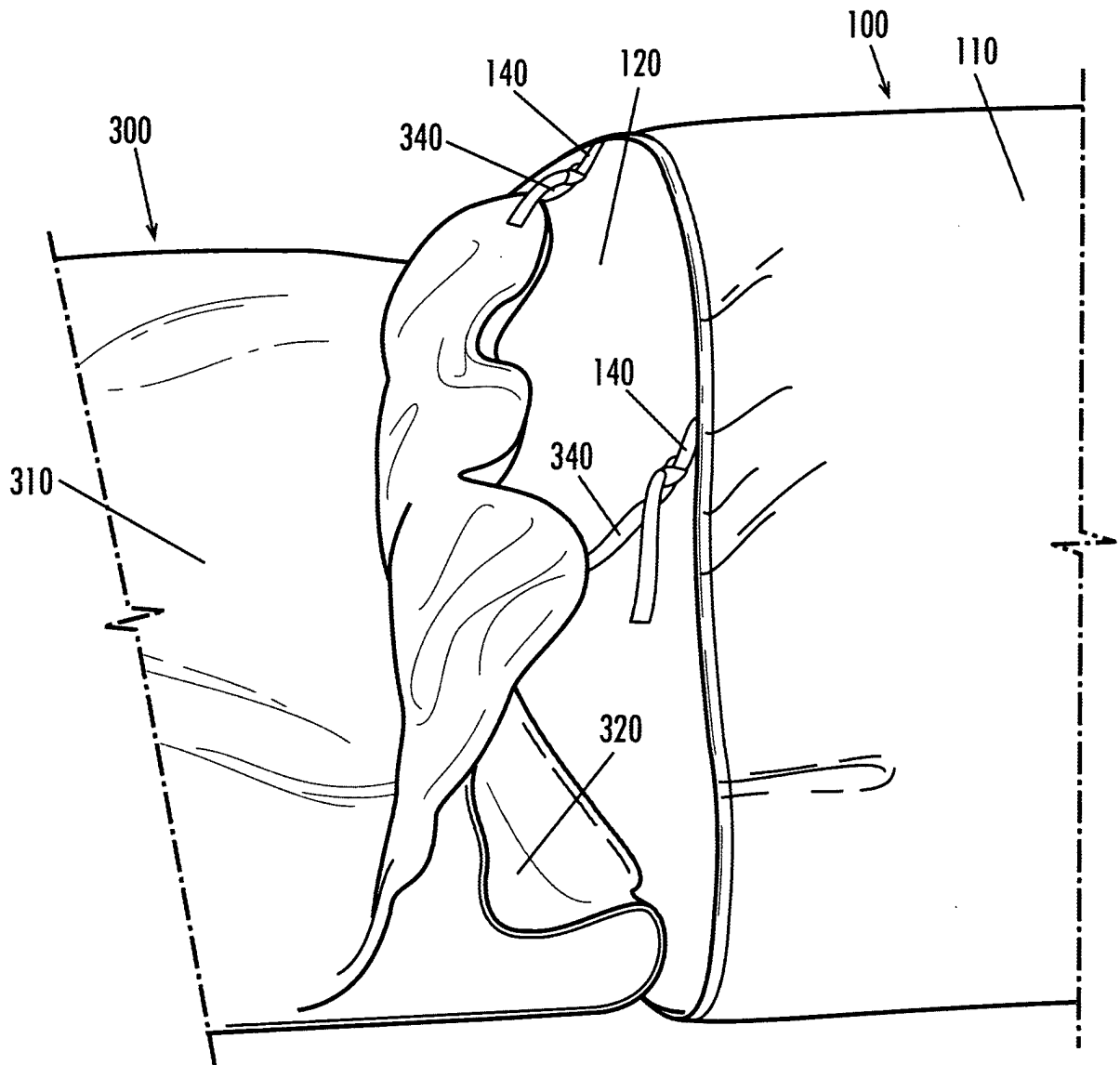


Fig. 12

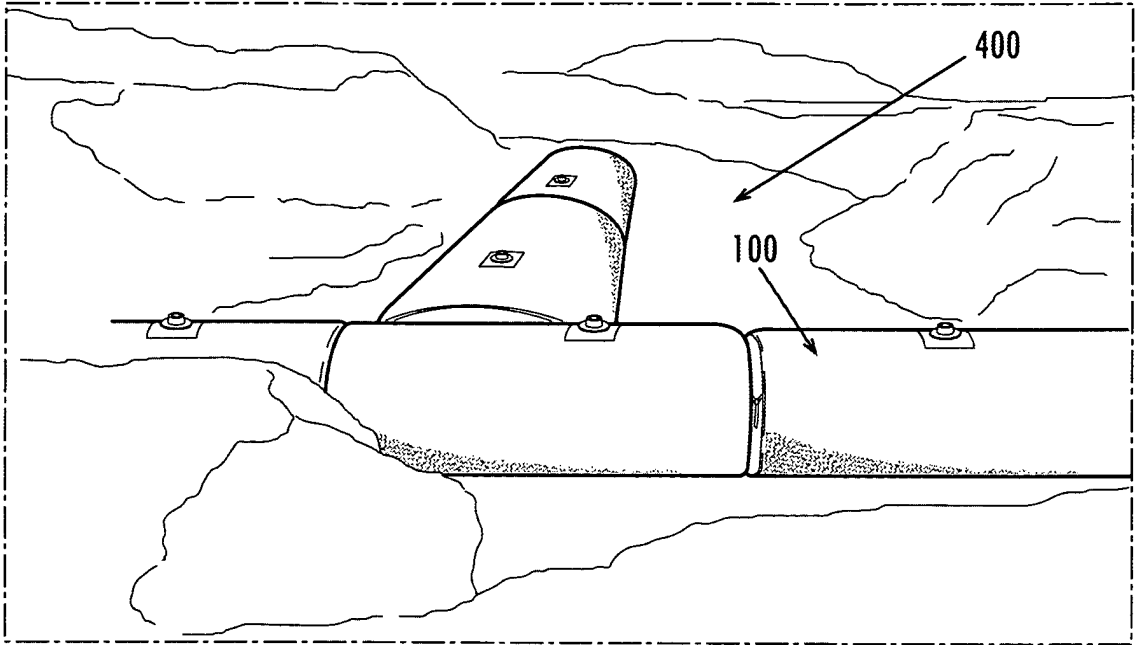


Fig. 13

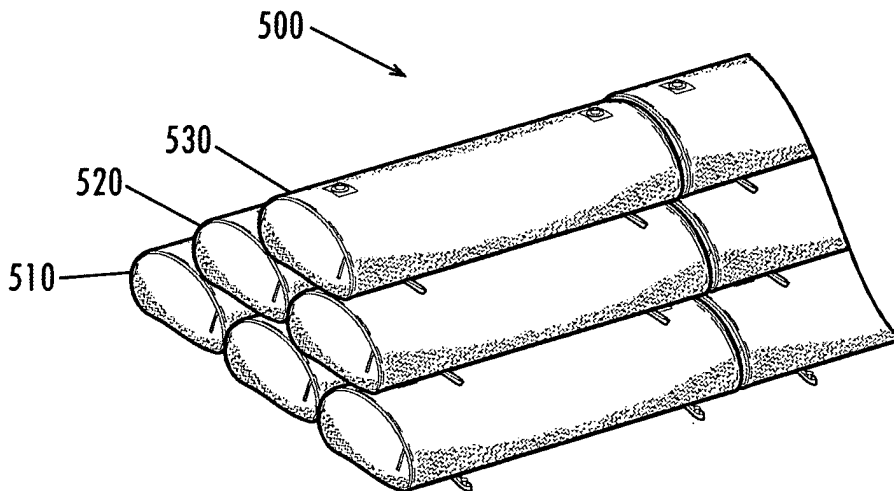


Fig. 14

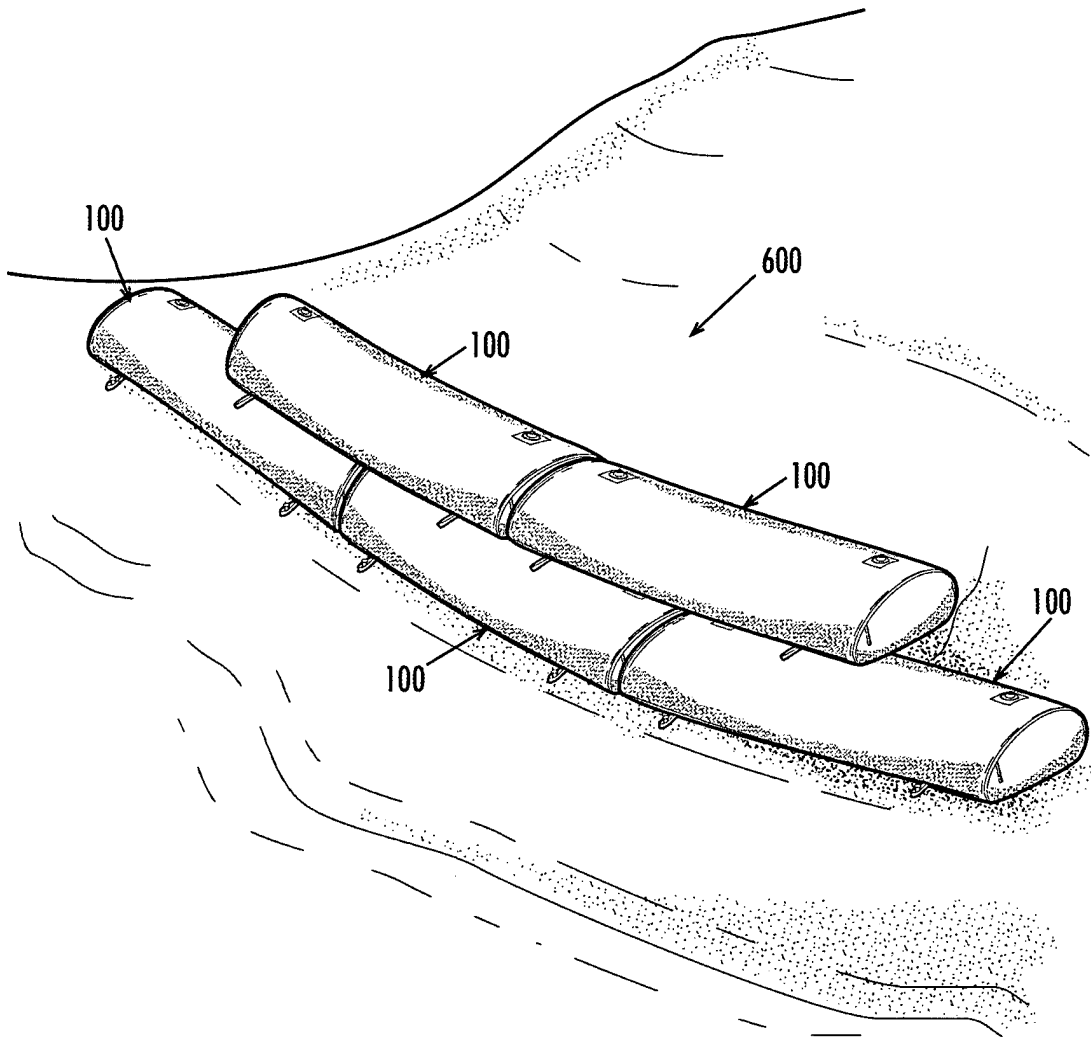


Fig. 15

RESUMO

Patente de Invenção: **"TUBO DE GEOTÊXTIL COM EXTREMIDADES A-CHATADAS"**.

5 A presente invenção refere-se a um tubo geotêxtil flexível permeável à água dotado de extremidades planas quando preenchido com o material de preenchimento. O tubo tem painéis de preenchimento separados que são fixados a um corpo tubular nas extremidades opostas do corpo tubular. Em uma modalidade da presente invenção, os painéis de preenchimento separados são configurados de modo a possuírem o mesmo formato
10 do corpo tubular quando o mesmo estiver preenchido e instalado. A seção transversal do corpo tubular pode ser determinada antes da instalação determinando-se a relação entre a altura, circunferência, o material de preenchimento, e o ambiente ao redor no qual se planeja que o tubo seja instalado.