



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0509792-4 B1**

**(22) Data do Depósito:** 04/04/2005

**(45) Data de Concessão:** 19/12/2017



---

**(54) Título:** CARTUCHO DE FILTRO PARA LÍQUIDO, CONJUNTO DE TAL FILTRO

**(51) Int.Cl.:** B01D 29/21; B01D 35/30

**(30) Prioridade Unionista:** 13/04/2004 US 60/562,045

**(73) Titular(es):** DONALDSON COMPANY, INC.

**(72) Inventor(es):** JOHN R. HACKER

“CARTUCHO DE FILTRO PARA LÍQUIDO E CONJUNTO DE TAL  
FILTRO”

#### REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

A presente invenção inclui a divulgação do pedido  
5 provisório 60/562.045 depositado em 13 de abril de 2004. A  
divulgação completa do pedido U.S. 60/562.045 depositado em  
13 de abril de 2004 está aqui incorporada pela referência.  
Também, é feita uma reivindicação de prioridade do pedido  
U.S. 60/562.045 depositado em 13 de abril de 2004 até a  
10 devida extensão.

#### CAMPO DA REVELAÇÃO

A presente divulgação diz respeito a filtros de  
líquido. Particularmente, ela diz respeito a filtros de  
líquido que utilizam um cartucho de filtro reparável que tem  
15 um arranjo de vedação preferido e, em alguns casos, não tem  
nenhum revestimento de suporte de carga axial. Os filtros de  
líquido podem ser usado para uma variedade de aplicações.  
São providos conjuntos e métodos de preparação e uso.

#### ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

20 Filtros de líquido são usados para uma variedade  
de aplicações, por exemplo, para filtrar fluidos  
lubrificantes, combustíveis ou fluidos hidráulicos. Durante  
o uso, líquido a ser filtrado passa através de um meio de  
filtro à medida que ocorre a filtração. Uma configuração bem  
25 conhecida é posicionar o meio de filtro como um cilindro  
envolvendo um volume de líquido limpo central, com o fluxo  
de filtração ocorrendo com um fluxo do lado de fora para o  
lado de dentro (de fora para dentro) através do meio de

filtro. Em outros arranjos, o fluxo de filtração é do lado de dentro do cartucho para o lado de fora (de dentro para fora).

Em muitos casos, o meio de filtro é provido na forma de cartucho de filtro, na extensão entre a primeira e segunda tampas de extremidade opostas. Tipicamente, para um cartucho de filtro de fluxo de dentro para fora, o arranjo é também provido com um revestimento interno em volta do qual o meio é posicionado. Para um fluxo de fora para dentro, um revestimento interno dá condições tanto para: (a) suporte radial do meio de filtro contra o colapso ou danos por causa da pressão radial durante o uso normal; como (b) suporte axial contra colapso ou dano do cartucho. Exemplos de cartuchos de filtro que utilizam tais construções estão descritos por exemplo em WO 02/070869 A1 publicado em 12 de setembro de 2002 (figuras 1 e 2), a revelação completa da WO 02/070869 estando aqui incorporada pela referência. Em muitos conjuntos, o cartucho de filtro é construído como um componente removível e substituível (isto é, durável), ver por exemplo Figs. 1 e 2 do WO.

Com um fluxo de dentro para fora, um revestimento externo pode ser usado para dar suporte radial e também suporte axial do meio.

Em muitos conjuntos, o cartucho de filtro é construído como um componente removível e substituível (isto é, reparável), visto por exemplo às figuras 1 e 2 de WO 02/070869 A1. É desejável fornecer desenhos de filtro de líquido que permitam opções desejadas na construção de

cartuchos reparáveis.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com a presente revelação, é provido um cartucho de filtro de líquido. Um cartucho de filtro de líquido em geral tem primeira e segunda tampas de extremidade opostas com meio se estendendo entre elas. O meio é configurado para definir um volume central aberto, que, em uso, define um volume de recebimento interno para líquido. Pelo menos uma das tampas de extremidade é uma tampa de extremidade aberta, isto é, tem uma abertura que proporciona comunicação fluídica com o volume interno. Em algumas aplicações, ambas as tampas de extremidade são tampas de extremidade abertas. Em algumas modalidades, o cartucho de filtro de líquido é configurado para fluxo de fora para dentro durante a filtração, embora alternativas (para fluxo de dentro para fora) sejam possíveis.

Arranjos de vedação preferidos são providos para uma ou mais tampas de extremidade. Em aplicações preferidas, a vedação é provida em locais selecionados para forças axiais superficiais líquidas vantajosas das tampas de extremidade, em uso. Em algumas aplicações, um arranjo de vedação é provido em relação a cada tampa de extremidade, a fim de fornecer um nível preferido de equilíbrio de forças axiais superficiais.

São providos conjuntos exemplares. Além do mais, são providos métodos de projeto, montagem e uso. Também, são providas técnicas para estimar a força superficial axial líquida que opera em uma ou em cada uma tampa de



extremidade, no cartucho de filtro geral. Também, são descritas e mostradas algumas configurações de vedação preferidas.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

5           A figura 1 é uma vista seccional transversal lateral esquemática de um cartucho de filtro convencional.

          A figura 2 é uma vista plana de topo esquemática de uma parte do cartucho de filtro mostrado na figura 1.

          A figura 3 é uma vista em perspectiva lateral  
10 superior esquemática de uma primeira modalidade de um conjunto de filtro de acordo com a presente revelação.

          A figura 4 é uma vista seccional transversal lateral esquemática do conjunto representado na figura 3.

          A figura 5 é uma vista ampliada fragmentada  
15 esquemática de uma primeira parte da figura 4.

          A figura 6 é uma vista esquemática de uma parte da tampa de extremidade do cartucho de filtro.

          A figura 7 é uma vista esquemática análoga à  
figura 6.

20           A figura 8 é uma vista esquemática análoga à figura 6.

          A figura 9 é uma vista seccional transversal de uma modalidade alternativa.

          A figura 10 é uma representação esquemática usada  
25 para definir os termos usados na figura 11.

          A figura 11 é um gráfico que mostra o relacionamento entre o número de pregas e o local da vedação preferido para diversos diferentes sistemas.

A figura 12 é uma vista seccional transversal de um cartucho de filtro exemplar.

A figura 13 é uma vista seccional transversal de um conjunto que representa o cartucho de filtro da figura 12  
5 em um alojamento.

A figura 14 é um gráfico que mostra o relacionamento entre  $D_i$  e  $D_o$  para um sistema definido.

A figura 15 é uma tabela que mostra valores calculados para parâmetros quando outras variáveis são  
10 fixas, conforme mostrado.

A figura 16 é uma vista seccional transversal lateral de uma outra modalidade alternativa.

A figura 17 é uma vista seccional transversal lateral de mais uma outra modalidade alternativa.

15 As figuras 18-26 são gráficos de definição de cartucho com pregas e definições calculadas de acordo com as descrições apresentadas.

As figuras 27, 29 e 31 são gráficos do diâmetro da prega interna ( $D_i$ ) em função do diâmetro da vedação ( $D_s$ )  
20 para dados selecionados, das figuras 18-26.

As figuras 28, 30 e 32 são gráficos do diâmetro externo ( $D_o$ ) em função do diâmetro da vedação ( $D_s$ ) para pontos selecionados de dados nas tabelas das figuras 18-26.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

25 Em geral, esta revelação diz respeito a configurações de cartuchos e sistemas de filtro de líquido. Em certas aplicações, os componentes do cartucho de filtro são providos de maneiras que proporcionam integridade

vantajosa do cartucho de filtro durante operação. Em alguns casos, as técnicas são aplicadas em cartuchos de filtro que são reparáveis com cartuchos de filtro, significando que eles são removidos de conjuntos de filtro e substituídos durante o uso. Em outros casos, os cartuchos de filtro são mantidos dentro dos conjuntos de filtro, e são trocados com o componente do alojamento, oposto a ser trocados independentemente de um componente do alojamento.

São aqui reveladas configurações e recursos gerais que podem ser vantajosamente aplicados para se obterem tais resultados. Além do mais, é feita uma apresentação de princípios teóricos, salientando as vantagens alcançadas em relação a aplicações preferidas das várias configurações mecânicas mostradas, que podem ser aplicadas em uma variedade de aplicações para se conseguir resultados similares desejáveis.

Em geral, um cartucho de filtro reparável é um cartucho de filtro que é removido de um alojamento, e substituído no mesmo, durante operação típica. Um cartucho de filtro de líquido é em geral um cartucho de filtro para filtrar líquido. Os típicos incluem uma extensão cilíndrica de meio de filtro que se estende entre tampas de extremidade opostas. Pelo menos uma das tampas de extremidade é em geral uma tampa de extremidade aberta, permitindo o fluxo de líquido filtrado através dela. Em alguns casos, ambas as tampas de extremidade são abertas.

O meio de filtro em tais cartuchos é tipicamente sanfonado. Certamente as técnicas aqui descritas são

particularmente adaptadas a arranjos que envolvem meio sanfonado, embora não seja exigido meio sanfonado em todos os casos. Adicionalmente, em alguns casos, pacotes de meio podem incluir meio sanfonado mais outros tipos de meio.

5

**I. Recursos Gerais de Cartuchos de Filtro de Líquido, que se Relacionam a Integridade Estrutural com Relação a Forças Axiais**

Em associação com as figuras 1 e 2, é apresentado um modelo simplificado de um cartucho de filtro para facilitar o entendimento dos princípios das forças axiais superficiais líquidas relevantes da presente revelação. Em particular, o número de referência 1, da figura 1, representa um cartucho de filtro. Em geral, o cartucho de filtro 1 compreende meio de filtro 3, por exemplo, meio de filtro sanfonado 3a arranjado em um padrão cilíndrico ou de estrela em torno de um eixo central 4. O meio 3 se estende entre tampas de extremidade opostas 5 e 6. A tampa de extremidade 5 é uma tampa de extremidade aberta, 5a, definindo a abertura central 8 para fluxo de líquido para fora do interior 9. A tampa de extremidade 6 é uma tampa de extremidade fechada 6a, isto é, ela não tem nenhuma abertura central através dela. Aqui, uma abertura da tampa de extremidade que se abre para um volume interno envolto pelo meio de filtro em geral será caracterizada como uma abertura em comunicação fluídica direta com o volume interno. Entende-se pelo termo "em comunicação fluídica direta" que o líquido no volume interno pode passar diretamente pela

abertura sem passar pelo meio de filtro.

O cartucho de filtro de líquido pode ser configurado tanto para fluxo de dentro para fora como fluxo de fora para dentro. O termo "fluxo de fora para dentro" neste contexto se refere a um cartucho de filtro de líquido que é configurado para fluxo de líquido através dele do lado de fora do cartucho para o lado de dentro do cartucho à medida que ele atravessa o meio de filtro. Um filtro de líquido de fluxo de "dentro para fora" teria uma direção oposta de fluxo durante o uso.

O cartucho de filtro de líquido particular 1 representado é um cartucho de líquido de fluxo de fora para dentro. Assim, durante uma operação de filtração, líquido a ser filtrado em geral atravessa o meio 3 na direção das setas 10, de uma região do lado de fora do cartucho 1 para o interior 9. O líquido filtrado então passa para fora do cartucho 1 pela abertura 8. Para o cartucho 1 representado na figura 1, a abertura 8 é revestida por um arranjo de vedação radial 11, que pode formar uma vedação para um tubo de saída ou estrutura similar. No exemplo mostrado, o arranjo de vedação radial 11 formará um diâmetro da vedação ( $D_s$ ) em torno do mesmo como um diâmetro da abertura 8, e não maior que um ID (diâmetro interno) do meio. Certamente o diâmetro da vedação exemplar ( $D_s$ ) mostrado será ligeiramente menor que o diâmetro interno do meio (i.d. ou  $D_i$ ) menos a espessura do revestimento 12. Aqui, o termo "diâmetro da vedação" ( $D_s$ ) se refere ao diâmetro da superfície da vedação em encaixe entre o elemento de vedação e um componente do

alojamento, tal como um tubo de saída. Assim, ele se refere ao diâmetro operacional da vedação, que pode ser ligeiramente diferente do diâmetro do componente não instalado. O diâmetro da vedação ( $D_s$ ) pode ser o diâmetro de  
5 uma vedação direcionada para dentro ou uma vedação direcionada para fora, dependendo do sistema.

À medida que o líquido é filtrado no meio 3, material contaminante carregado pelo líquido é depositado sobre o meio 3 ou nele. Assim, o meio 3 fornece uma barreira  
10 ao fluxo de líquido. Certamente, no momento em que o meio 3 fica obstruído, e o cartucho de filtro 1 precisa ser trocado no equipamento em questão, isto é, reparado.

Aqui os termos "axial", "direção axial" e suas variantes em geral se referem a forças direcionadas no geral  
15 alinhadas ou paralelas a um eixo longitudinal central 4 do cartucho 1 identificado, ao passo que o termo "radial", "forças radiais" ou termos similares se referem a forças direcionadas a favor e contra um eixo longitudinal central 4 como esse.

20 Em decorrência de o meio 3 operar como uma barreira, em geral uma pressão à montante ( $P_u$ ) em uma região à montante do meio é maior que a pressão à jusante ( $P_d$ ) em uma região do lado à jusante do meio. Isto significa que, em uso para fluxo de fora para dentro, o meio 3 está sob uma  
25 pressão de predisposição radialmente em direção ao interior 9, isto é, na direção das setas 10. Para suportar o meio em relação a isto, é provido um revestimento de suporte radial 12. O revestimento de suporte 12 tipicamente compreenderá um

tubo perfurado ou um tubo de metal expandido.

Certamente o arranjo de vedação 1, quando o elemento 1 é instalado, também separa regiões sujeitas a  $P_u$  de regiões sujeitas a  $P_d$ . A função e propósito do arranjo de vedação 11 é proporcionar inibição de vazamento de líquido entre duas de tais regiões, especificamente impedir que fluido chegue ao volume ou interior 9 sem passar pelo meio de filtro 3.

O revestimento 12 fornece uma função de suporte importante adicional. Esta função é uma função de suporte axial, inibindo o colapso ou expansão do meio 3 na direção axial, entre as tampas de extremidade 5 e 6. Para avaliar esta função, é importante entender as forças superficiais líquidas (axiais) que operam nas tampas de extremidade.

Aqui, na referência a uma tampa de extremidade, o termo "externa" ou "superfície externa" é usado para se referir a uma superfície da tampa de extremidade que é direcionada para fora do meio e para fora da tampa de extremidade oposta. Referindo-se à figura 1, a superfície externa a da tampa de extremidade 5 está indicada por 5b, e a superfície externa da tampa de extremidade 6 está indicada por 6b. A superfície interna de uma tampa de extremidade é em geral a superfície direcionada para o meio e para a tampa de extremidade oposta. Assim, a superfície interna da tampa de extremidade 5 está indicada por 5c, e a superfície interna da tampa de extremidade 6 está indicada por 6c.

Uma revisão da figura 2 leva a um entendimento dos tipos de forças que causam tensão axial no cartucho 1.

Especificamente, a figura 2 é uma vista plana de topo da tampa de extremidade 5. Na figura 2, o meio sanfonado 3 está representado embutido na tampa de extremidade 5, com uma linha tracejada indicando o local do meio. Para a modalidade particular mostrada na figura 2, o meio 3 está representado apenas com seis pregas 21, por questão de conveniência. Em um arranjo típico, muito mais pregas (normalmente 8 a 12 por polegada (25,4 milímetros) ao longo do lado de dentro) estarão presentes.

10                Novamente, a vedação 11 e/ou o meio 3 separa uma região à montante sujeita a pressão  $P_u$  da área à jusante sujeita a pressão  $P_d$  durante uso.

Na figura 2, as regiões 25 em geral representam partes da tampa de extremidade 5 nas quais tanto a superfície externa 5b como a superfície interna 5c da tampa de extremidade 5 são posicionadas à montante do meio 5. Em decorrência disto, partes da superfície da tampa de extremidade 5 na região 25 são sujeitas a pressões opostas iguais ( $P_u$ ) em ambos os lados das mesmas. Por outro lado, as regiões 26 são regiões nas quais a superfície externa 5b da tampa de extremidade 5 está sujeita a pressão à montante ( $P_u$ ), mas a superfície interna ou a superfície do lado de baixo d da tampa de extremidade 5 está posicionada à jusante do meio 3, e assim está sujeita a uma pressão interna  $P_d$ .

25    Uma vez que  $P_u > P_d$  (e uma vez que força = pressão x área) na região 26, no geral, durante a operação, haverá pressões na tampa de extremidade 26 que resultarão em uma pressão descendente líquida (para fora do observador na figura 2, e



na direção da seta 30, figura 1). Aqui, a força axial líquida que opera em uma tampa de extremidade selecionada, por causa de pressões de líquido contra as superfícies opostas (do lado de fora e do lado de dentro) da mesma, será referida como a "força axial superficial líquida" para a tampa de extremidade identificada. Para a tampa de extremidade 5 das figuras 1 e 2, a força axial superficial líquida durante o uso é na direção da tampa de extremidade 6.

Uma força líquida similar, mas na direção oposta (para cima), isto é, na direção da seta 31, figura 1, estaria presente para a tampa de extremidade 6 em uso. Entretanto, nota-se que na região 35, que é a região central da tampa de extremidade 6 onde nenhuma abertura está presente, é provida uma força adicional na direção da seta 31, uma vez que haveria um diferencial de pressão através desta parte da superfície.

O que fica aparente pela esquema das figuras 1 e 2, e pela discussão apresentada, é que, em uma operação típica com um diferencial de pressão através do meio 3, a tampa de extremidade 5 ficará sob uma pressão axial de superfície líquida em direção à tampa de extremidade 6, e a tampa de extremidade 6 ficará sob uma pressão axial de superfície líquida na direção geral da tampa de extremidade 5. A fim de impedir que o meio 3 se expanda axialmente ou colapse por causa dessas forças, um cartucho de filtro típico, tal como o cartucho 1, inclui um núcleo ou revestimento de carga axial 12, na extensão axial entre as

tampas de extremidade 5 e 6. Isto proporciona resistência axial adicional ao meio 3 para inibir o seu colapso.

Em um arranjo típico, tampas de extremidade 5 e 6 são tanto moldadas de um material plástico ou polimérico moldável como as tampas de extremidade 5 e 6 compreendem metal, por exemplo, com meio 3 dividido ou preso nele por um selante tal como plastisol. De qualquer maneira, o revestimento interno ou núcleo 12 é tipicamente preso nas tampas de extremidade em uma posição apropriada para proporcionar resistência axial ao arranjo. Assim, o revestimento de carga axial típico 12 não pode ser removido do cartucho 1 sem danificar o cartucho de filtro 1 para permitir sua remoção. Em um arranjo como esse, o revestimento ou núcleo 12 é considerado aqui "integral" com o restante do cartucho de filtro, ou incluído "permanentemente" no cartucho de filtro.

Conforme indicado na discussão anterior nos antecedentes da invenção, se o conjunto de filtro usar um cartucho de filtro substituível (ou reparável), periodicamente o cartucho de filtro 1 precisa ser removido e substituído. Se o cartucho de filtro for tal como o cartucho 1, figura 1, quando o cartucho 1 é substituído, da mesma forma é o núcleo 12. Entretanto, em geral o revestimento interno 12 é construído de um material tal como um metal ou plástico rígido, ou metal expandido perfurado que se desgastará facilmente. Assim, a substituição do cartucho 1 periodicamente com um revestimento 12 posicionado nele de forma permanente pode levar a um desperdício de material que

não foi gasto na sua vida útil. Além do mais, o núcleo interno 12 pode ser problemático com relação ao despejo. Por exemplo, se ele for fabricado de metal, incineração pode ser um problema. Também, o núcleo interno ou de revestimento 12  
5 representa uma despesa na montagem do cartucho de filtro 1 que deve ser se possível evitada. Além do mais, a presença do revestimento 12 torna o cartucho 5 mais difícil de comprimir e compactar durante o despejo.

Aqui, o revestimento ou núcleo 12 que é  
10 posicionado permanentemente dentro de um cartucho 5, pelo menos em parte a fim de controlar a carga axial durante o uso, algumas vezes será referido como um "revestimento de carga axial" ou por termos similares. O termo "revestimento de carga axial" não se refere a todos tipos de revestimentos  
15 que podem ficar localizados em um lado do meio. Redes de arame ou plástico ou estruturas similares que não proporcionam resistência axial adequada para resistir significativamente a cargas axiais expressivas não devem ser incluídos no termo revestimento de carga axial. Em geral, se  
20 um revestimento não for devidamente resistente para resistir a uma carga axial de pelo menos 20 lbs (9,1 quilos) aplicada nele, ele não será considerado aqui um revestimento de carga axial.

Ainda com referência à figura 1, nota-se que se  
25 vedações forem localizadas nas posições 37, 38 das regiões periféricas externas, com um arranjo de fluxo de fora para dentro, as forças líquidas gerais serão tais que as tampas de extremidade 5, 6 ficam predispostas para fora uma da

outra. Este princípio está descrito, por exemplo, na patente U.S. 6.626.299.

## **II. Princípios Gerais que levam a Construções Vantajosas de Filtro de Líquido**

5 Os princípios discutidos de forma geral na seção I anterior podem ser sumarizados pelas considerações seguintes:

1. Em geral, cada vedação do cartucho de filtro, e também o meio de um cartucho de filtro, separam partes de superfície das duas tampas de extremidade opostas em regiões à montante, nas quais componentes são sujeitos a uma pressão operacional  $P_u$ , das regiões à jusante, nas quais os componentes são sujeitos a uma pressão operacional  $P_d$ . Em geral,  $P_u > P_d$ .

2. As forças superficiais axiais líquidas que agem em uma tampa de extremidade selecionada podem ser aproximadas avaliando-se a quantidade de área superficial sujeita a  $P_u$  em cada lado da tampa de extremidade e a quantidade de área sujeita a  $P_d$  em cada lado da tampa de extremidade, uma vez que a força geral ( $F$ ) é igual à pressão ( $P$ ) vezes a área ( $A$ ). Em regiões onde a mesma pressão está operando na mesma área em lados opostos da tampa de extremidade, não existe pressão direcional líquida que afete a integridade axial do meio ou que contribua para uma força axial

superficial líquida para essa tampa de extremidade.

3. Em um cartucho de filtro (fluxo de fora para dentro) que tem uma extremidade aberta  
5 revestida com uma vedação radial interna alinhada com um ID, ou menor que ele, ou uma tampa de extremidade fechada, durante a operação, existe uma força axial superficial líquida para cada tampa de extremidade de  
10 maneira tal que cada tampa de extremidade fique sob pressão uma em direção à outra. Um revestimento de carga axial, que é contido em um cartucho convencional e se estende entre duas tampas de extremidade, fornece integridade  
15 estrutural, resistindo a esta força de colapso ou expansão.

Em geral, de acordo com os princípios da presente revelação, podem ser providos arranjos preferidos em que o local da vedação é usado para fornecer forças axiais  
20 superficiais líquidas desejáveis nas tampas de extremidade.

Opcionalmente, isto pode ser implementado em arranjos que não têm revestimentos de carga axial providos como uma parte permanente da parte de serviço (isto é, o cartucho de filtro).

25 Uma discussão detalhada dos princípios envolvidos na seleção do local da vedação para se obterem esses resultados é provida na seção IV a seguir. Antes da apresentação desta seção, são descritas diversas modalidades

que tiram vantagem dos princípios e os demonstram. Um recurso de modalidades preferidas é a seleção do(s) local(s) de vedação para não proporcionar diferencial de pressão axial de superfície líquida, ou então em um nível  
5 desejavelmente baixo, em relação a cada tampa de extremidade.

### **III. Balanceamento das Forças Axiais para se obterem os Arranjos Preferidos; Figuras 3-5, Figura 9**

#### **A. Figuras 3-5**

10 O número de referência 51, figura 3, designa em geral um conjunto de filtro de líquido de acordo com a presente revelação. O conjunto de filtro de líquido 51 em geral inclui uma cabeça do filtro 53 e um alojamento do filtro 54. O conjunto de filtro de líquido particular 51  
15 inclui um cartucho de filtro removível e substituível (isto é, reparável) 55 que fica posicionado dentro do alojamento 54 (figura 4).

O conjunto de filtro de líquido 51 pode ser configurado para uma variedade de operações de filtro de líquido; por exemplo, como um filtro de óleo lubrificante  
20 51, um filtro de fluido hidráulico ou um filtro de combustível. O conjunto de filtro de líquido particular 51 representado é configurado para uso como conjunto de filtro de óleo 58, com fluxo de fora para dentro. Entretanto, os  
25 princípios básicos descritos, e técnica de composição mostrada, podem ser aplicados no caso de outros tipos ou configurações de filtros de líquido, incluindo os configurados para fluxo de dentro para fora.

Referindo-se à figura 4, durante uma operação de filtração normal, líquido a ser filtrado entra na cabeça do filtro 53 (de um circuito de fluxo dentro do equipamento) e passa através da cabeça do filtro 53 pelo canal de entrada 5 60. Para uma aplicação típica, o canal 60 é configurado para fornecer um fluxo anular de líquido de entrada. O líquido então escoar para o alojamento 54, especificamente para a região anular 62, envolvendo o cartucho 55 entre o cartucho 55 e a parede lateral 54a do alojamento 54. Durante a 10 filtração, o líquido escoar através do cartucho 55 e para um volume de líquido limpo central 66. O líquido então sai do volume 66 na direção da seta 68 para um canal de fluxo de saída 69 na cabeça do filtro 53. O canal de fluxo de saída 69 então proveria comunicação fluídica com equipamento 15 apropriado no qual a cabeça do filtro 53 está montada. Tal equipamento poderia incluir, por exemplo, um veículo ou vários equipamentos de construção ou outro equipamento (estacionário ou móvel).

Em um conjunto típico, o alojamento 54 é abrível. 20 Referindo-se à figura 4, no caso do conjunto de filtro de líquido 51, o alojamento 54 pode ser aberto separando-se o alojamento 54 da cabeça do filtro 53, nas roscas 70. Uma vedação 71 para impedir vazamento é provida por um anel-O.

Periodicamente, o meio de filtro 75, no cartucho 25 de filtro 55, ficará entupido por causa do acúmulo de contaminantes dentro (ou sobre) o meio 75 filtrados do fluxo de líquido. Quando o entupimento tiver atingido um nível devidamente definido, por exemplo, detectado por meio de

medições de diferencial de pressão, ou em decorrência de  
operação em um intervalo de serviço pré-definido, o meio 75  
em geral é reparado, com substituição. Tipicamente, o reparo  
do meio 75 é feito pela remoção e substituição do cartucho  
5 reparável 55.

O cartucho reparável típico 55 compreende em geral  
o meio 75 posicionado de forma a se estender entre a  
primeira e segunda tampas de tampa de extremidades 77, 78.  
As tampas de extremidade 77, 78 podem ser construídas de uma  
10 variedade de materiais, por exemplo, elas podem ser moldadas  
de um polímero ou elas podem ser configuradas de metal, por  
exemplo, com o meio preso nelas. Para a modalidade  
particular mostradas, as tampas de extremidade 77, 78 estão  
mostradas como tampas de extremidade moldadas feitas de um  
15 material polimérico apropriado.

No arranjo mostrado, o meio 75 é um cilindro do  
meio sanfonado 75a que define pontas ou bordas de pregas  
internas 75b e pontas ou bordas de pregas externas 75c,  
figura 5. As pregas se estendem axialmente entre as tampas  
20 de extremidade 77, 78, figura 4.

Para o arranjo particular mostrado, o cartucho de  
filtro 55 é um cartucho de filtro "de dupla extremidade  
aberta" 55a. Assim, significa que cada uma das tampas de  
extremidade 77, 78 é uma tampa de extremidade "aberta" 77a,  
25 78a, cada qual tendo uma abertura central (77b, 78b,  
respectivamente), posicionada para comunicação fluídica com  
a região central 66.

Um motivo pelo qual o cartucho de filtro 55 é um



cartucho de filtro de "dupla extremidade aberta" 55a é que, durante o reparo, ele desliza sobre o tubo de suporte 79. O tubo de suporte 79 está discutido com mais detalhes a seguir. No exemplo mostrado, o tubo de suporte 79 permanece  
5 afixado no vaso ou alojamento 54 durante a operação de reparo em que o cartucho de filtro 55 é removido e substituído. Certamente, em sistemas alternativos, o tubo de suporte poderia ser construído para não ficar posicionado permanentemente no alojamento.

10           Em virtude de o cartucho de filtro 55 ser um componente reparável, para periodicamente ser removido e substituído, é necessário que seja provido o arranjo de vedação para garantir que não haja vazamento de fluido não filtrado para o volume 66. Para a modalidade particular  
15 representada na figura 3, o arranjo de vedação compreende uma primeira vedação 82 e uma segunda vedação 83. A primeira vedação 82 fica posicionada para vedação entre a tampa de extremidade 77 do cartucho 55 e a parte 85 da cabeça do filtro 53; e a segunda vedação 83 fica posicionada para  
20 fornecer uma vedação entre a tampa de extremidade 78 do cartucho 55 e a parte 86a do alojamento 54.

          Em geral, a vedação 82 compreende um anel-O 82a, figura 5 montado em um suporte de vedação direcionado axialmente 82b que se estende axialmente para fora da tampa  
25 de extremidade 77. Adicionalmente, referindo-se à figura 4, a vedação 83 compreende um anel-O análogo montado em uma extensão direcionada axialmente que se estende axialmente para fora do meio 75, da tampa de extremidade 78.

Em geral, à parte 85 da cabeça do filtro 53 é uma parte da superfície externa de um tubo de saída de fluxo de líquido central 85a (figura 5), e a parte 86a do alojamento 54 (figura 4) compreende uma parte de uma base do alojamento 86. A parede lateral externa 54a do alojamento 54 se projeta (na modalidade das figuras 3-5) para cima em direção à cabeça do filtro 53 a partir da base 86. O revestimento interno, tubo ou núcleo 79, é preso na base do alojamento 86.

Um cartucho de filtro tal como o cartucho de filtro 55, figuras 4 e 5, será aqui caracterizado como um "cartucho sem núcleo", uma vez que ele não contém (como um componente integral do cartucho de filtro) revestimento interno, tubo ou núcleo, para suportar carga axial, preso nele de forma permanente, na extensão entre as tampas de extremidade 77, 78. Nota-se que o termo "sem núcleo" neste contexto se refere a arranjos que não têm como uma parte integral um suporte tubular interno para carga axial (oposto a não ter absolutamente nenhum tipo de suporte). Por exemplo, o meio poderia ter uma extensão sanfonada de malha de arame leve ou malha de plástico ao longo de um lado de dentro do mesmo, e seria ainda "sem núcleo" de acordo com esta definição. Em geral, se estrutura integral com o cartucho de filtro ao longo de um lado de dentro do meio capaz de suportar uma carga compressiva axial de pelo menos 20 lb (9,1 kg) não estiver presente de forma permanente no cartucho de filtro, o cartucho de filtro será considerado "sem núcleo" de acordo com esta definição. O termo "axial"

neste contexto significando força na direção da extensão do eixo 94, figura 4; isto é, uma direção entre as tampas de tampa de extremidades 77, 78.

Nota-se que um cartucho de filtro será considerado  
5 "sem núcleo" de acordo com a definição apresentada mesmo se um núcleo instalado de forma não permanente no próprio cartucho estiver presente em algum lugar no conjunto 51.

Ainda referindo-se às figuras 3-5, fica também  
aparente que, para as modalidades preferidas mostradas, o  
10 cartucho de filtro 55 também não inclui estrutura de suporte externa integral, para suportar carga axial, se estendendo continuamente entre as tampas de extremidade 77, 78. Uma  
arranjo como esse será aqui referido como um cartucho de  
filtro "livre de revestimento de carga axial externa" ou  
15 como um cartucho de filtro sem revestimento externo de carga axial.

Aqui, considera-se que um cartucho de filtro não  
tenha revestimento de carga axial externo ou que seja livre  
de revestimento de carga axial externo, mesmo se ele  
20 contiver (integral com o cartucho de filtro) uma malha leve sanfonada, tais como uma malha de arame leve ou malha de plástico leve ou outra estrutura em torno do lado de fora, que não resista significativamente carga axial compressiva. Aqui, um cartucho de filtro será considerado livre de  
25 revestimento de carga axial externa desde que qualquer revestimento externo presente (integral com o cartucho de filtro) não seja capaz de suportar uma carga axial de pelo menos 20 lb (9,1 kg).

Se o cartucho de filtro for tanto livre de revestimento de carga axial externa como sem núcleo, ele pode algumas vezes se referido aqui como "livre de revestimento de carga axial".

5           Para os arranjos nas figuras 4 e 5, o suporte neste caso, tanto radial como axial, para o meio 75 do cartucho de filtro 55 é provido pelo núcleo interno 79. O núcleo interno 79 é um elemento tubular poroso 91, figura 5, posicionado dentro do conjunto de filtro de líquido 51, de  
10           maneira tal que, durante a operação de reparo para substituir o cartucho reparável 55, o elemento tubular poroso 91 não é removido e substituído. Ou seja, o cartucho reparável 55 é sem núcleo, em virtude de o núcleo interno 79 (isto é, o elemento tubular poroso 91) não ser parte do  
15           cartucho de filtro 55.

          Para a modalidade particular mostrada, o núcleo interno 79 é preso no restante do alojamento 54, figura 4. Um método particularmente conveniente de prover um encaixe seguro é usar opcionalmente como o elemento tubular 91,  
20           figura 4, um elemento que não seja radialmente contínuo, mas, em vez disso, que tenha nele uma folga ou emenda aberta 93, figura 5. A emenda particular 93 mostrada não é axial, mas, em vez disso, se estende em um ângulo (A) com o eixo central 94, figura 5, de acordo com um revestimento similar  
25           (mas integral com o cartucho de filtro) mostrado na patente U.S. 6.206.205, cuja revelação completa está aqui incorporada pela referência. A folga apresentada pela emenda 93 permite que o elemento tubular perfurado 91 seja

ligeiramente comprimido radialmente (sob pressão) até uma circunferência menor, e assim ele pode ser preso por encaixe de pressão em um receptor 95 na base 86 do alojamento 54. Uma folga típica será selecionada para ter um ângulo  $\Delta$  não  
5 mais que  $15^\circ$ , preferivelmente pelo menos  $0,5^\circ$ , tipicamente  $1^\circ$  a  $15^\circ$ .

Para o conjunto particular 51 representado nas figuras 4 e 5, o diâmetro externo do núcleo interno 79 é selecionado de maneira tal que o cartucho 55 possa deslizar  
10 sobre ele em uso. Preferivelmente, o diâmetro externo do suporte 91 é de um tamanho tal que ele opere como um suporte radial interno para o meio sanfonado 75a. Em uma aplicação típica, para se obter isso, o OD do suporte tubular deve preferivelmente ser escolhido para não ficar mais que 0,09  
15 polegada (2,3 mm) do ID das pontas das pregas internas 79b do meio sanfonado 75a.

Caso desejado, o elemento tubular poroso 91 pode ser provido com calos, nervuras ou outras construções na sua superfície externa para proporcionar um encaixe mais justo  
20 nas pontas das pregas internas 57b. O elemento tubular 91 pode compreender metal ou um plástico moldado.

Em geral, a tampa de extremidade 77 será aqui referida como uma tampa de extremidade "superior", uma vez que, na posição de instalação normal, figura 4, a tampa de  
25 extremidade 77 fica posicionada voltada para cima. Ao contrário, a tampa de extremidade 78 será aqui referida em geral como tampa de extremidade inferior ou de baixo uma vez que, em uma posição de instalação normal da figura 4, ela

fique direcionada para baixo.

A tampa de extremidade 78 pode ser configurada para incluir um recurso de contenção ou coleta de contaminantes, não mostrado nela. O recurso de contenção e  
5 coleta de contaminantes pode ser de acordo com a publicação PCT WO 02/081052 publicado em 17 de outubro de 2002, aqui incorporado pela referência.

Referindo-se à figura 4, a fim de que o revestimento 91 forneça suporte axial entre as tampas de  
10 extremidade 77, 78 durante o uso normal, é preferível construir o cartucho de filtro 55 de maneira tal que, entre as tampas de extremidade 77, 78 (isto é, no cartucho de filtro 55 como um todo durante o uso) haja pouca ou nenhuma força axial superficial líquida no elemento 55; e também de  
15 maneira tal que haja pouca ou nenhuma força axial superficial líquida em cada tampa de extremidade 77, 78.

Se o cartucho de filtro 55 fosse construído em geral de acordo com o cartucho 1, figura 1, exceto por ambas as tampas de extremidade serem abertas, uma força líquida  
20 baixa como essa não seria criada. Isto se dá em virtude de a força axial superficial líquida na tampa de extremidade 5, figura 1, ser em direção à tampa de extremidade 6; e a força axial superficial líquida na tampa de extremidade 6, figura 1, ser em direção à tampa de extremidade 5.

25 A fim de modificar isto, são selecionados locais de vedação preferidos para as tampas de extremidade 77, 78. É o local dessas vedações que gerará um perfil de força preferido na tampa de extremidade 78, e dará assim condições

para pouca ou nenhuma força no cartucho de filtro 55, ou força superficial líquida em cada tampa de extremidade 77, 78.

Conforme indicado antes, referindo-se às figuras 4 e 5, o local da vedação para a tampa de extremidade 77 é em 82. Conforme indicado anteriormente com relação à figura 4, o local da vedação para a tampa de extremidade 78 é em 83. Aqui, o diâmetro de uma vedação é referido como  $D_s$ . O diâmetro interno definido pelas pregas será referido como  $D_i$ . O diâmetro externo definido pelas pregas será referido como  $D_o$ .

Aqui, o diâmetro de uma vedação que, para essa tampa de extremidade, proporciona um equilíbrio de forças ou uma força superficial axial líquida nessa tampa de extremidade será referido como  $D_b$  ou  $D_{sB}$ .

Pelas discussões na seção II, deve ficar aparente que, para uma tampa de extremidade A, o diâmetro  $D_{bA}$  pode ser identificado de maneira tal que, em uso normal, as forças axiais superficiais em direção à superfície externa da tampa de extremidade A e à superfície interna da tampa de extremidade A fiquem em equilíbrio. Ou seja, uma vedação que tem um diâmetro  $D_{bA}$  é uma que não proporcionaria forças axiais superficiais líquida operando na tampa de extremidade A associada, em uso.

Para um arranjo que tem duas tampas de extremidade, designadas como tampa de extremidade A e tampa de extremidade B, se a vedação na tampa de extremidade A ficar localizada em  $D_{bA}$ , e a vedação na tampa de extremidade

B ficar localizada em DbB, cada tampa de extremidade ficará em equilíbrio em relação às forças axiais superficiais líquidas, e não haverá força axial superficial líquida operando no cartucho associado. Isto seria o caso mesmo se  
5 uma das tampas de extremidade estiver fechada, e assim não exigir que a vedação impeça que líquido não filtrado entre no volume interno do cartucho de filtro. Ou seja, mesmo com uma tampa de extremidade fechada, pode ser provida uma vedação que encaixa essa tampa de extremidade em uma parte  
10 do alojamento. Esta vedação separaria regiões sujeitas a Pu de regiões sujeitas a Pd. Assim, sua localização poderia ser provida em um ponto de equilíbrio Db. Entretanto, esta última vedação exclusiva não seria usada para impedir o fluxo não filtrado de desviar do meio.

15 Novamente aqui o diâmetro Ds de uma vedação que proporciona um equilíbrio de forças contra cada superfície de uma tampa de extremidade associada é referido no geral como Db. Uma tampa de extremidade A será considerada dentro de um nível preferido de equilíbrio em relação às forças  
20 superficiais axiais líquidas para um cartucho de filtro de líquido típico desde que o diâmetro da vedação Ds seja pelo menos um diâmetro dentro de mais ou menos 15 % de DbA, isto é, na faixa de 0,85 - 1,15 DbA, inclusive. Tipicamente, o diâmetro da vedação Ds está na faixa 0,9 - 1,1 DbA,  
25 inclusive, freqüentemente 0,92 - 1,08 DbA. Mais tipicamente ele será selecionado para ficar na faixa de 0,95 - 1,05 DbA, inclusive. Entretanto, conforme discutido a seguir, os princípios aqui descritos podem ser aplicados fora dessas



faixas.

A faixa declarada é para indicar que em alguns casos podem ser aceitas cargas axiais que não sejam altas, mas, em vez disso, sejam suficientemente pequenas para  
5 acomodar vantagens da estrutura em decorrência de cargas axiais aceitáveis para o cartucho de filtro sob condições típicas de uso esperadas. Embora alternativas sejam possíveis, tipicamente, o local da vedação será posicionado para fora do diâmetro da prega interna ( $D_i$ ) pelo menos 2 mm,  
10 geralmente pelo menos 5 mm, e algumas vezes pelo menos 10 mm; e também ficará em um local rebaixado do diâmetro da prega externa ( $D_o$ ) pelo menos 2 mm, geralmente pelo menos 5 mm e algumas vezes pelo menos 10 mm. Locais preferidos podem ser calculados para qualquer dado sistema, conforme  
15 discutido a seguir.

Em geral, pelo menos uma primeira tampa de extremidade aberta configurada para fluxo de fluido para dentro e para fora do elemento terá um diâmetro de vedação  $D_s$  da forma definida anteriormente. Isto corresponderia à  
20 tampa de extremidade 77, figura 3. Mais preferivelmente, ambas as tampas de extremidade (77, 78) têm um diâmetro de vedação da maneira definida anteriormente.

O princípio de um arranjo equilibrado (vedação(s) em  $D_b$ ) pode ser aplicado tanto em uma configuração de carga  
25 de topo como de base. Um exemplo de configuração de carga de base utilizando esses princípios foi fornecido nas figuras 3-5.

A atenção se volta agora para a figura 9. Na

figura 9, está representado um arranjo de filtro de líquido 200 compreendendo uma base do filtro 201 e uma tampa removível 202. Preso dentro do alojamento 203 formado pela tampa 202 e a base 201 fica um cartucho de filtro 205. O  
5 cartucho de filtro 205 compreende meio sanfonado 206 em extensão entre tampas de extremidade 207 e 208. A tampa de extremidade 207 é uma tampa de extremidade aberta, a vedação radial indicada por 210 formada por um anel-O 211 montado em uma extensão axial direcionada para fora 212 (em relação ao  
10 meio) da tampa de extremidade 207.

Na tampa de extremidade 208, está mostrada uma vedação 215 formada por um anel-O 216 montado em uma extensão axial direcionada para fora 217 da tampa de extremidade 208.

15 Nota-se que a vedação 210 é provida entre o anel-O na tampa de extremidade 207 e uma parte 220 do revestimento de suporte 221. Nota-se que a vedação 215 é formada entre o anel-O 216 em uma parte da tampa de extremidade 208, e uma parte 225 da base 203.

20 Em uso, o reparo ocorre removendo-se a tampa de extremidade 202 e em seguida desalojando o elemento 205 de sua vedação.

O conjunto 200 é um arranjo de carga de topo, e inclui um arranjo de dreno 230 para permitir que líquido  
25 parado seja drenado do interior 231 à medida que a tampa 202 vai sendo removida. Os princípios gerais de tais arranjos estão descritos no pedido PCT US04/02074, depositado em 27 de janeiro de 2004, aqui incorporado pela referência.

Preferivelmente, vedações 210 e 216 são cada qual posicionadas em um local para um diâmetro de vedação equilibrado, Db (isto é, cada qual está na faixa de 0,85 - 1,15 Db) de acordo com as definições apresentadas.

5

#### **IV. Métodos para Avaliar Forças Axiais Líquidas que agem em um Arranjo de Tampa de Extremidade de um Cartucho de Filtro; Abordagens do Projeto**

##### **A. Princípios Fundamentais**

10 É fornecido um método matemático para estimar as forças axiais líquidas para qualquer dada tampa de extremidade ou cartucho. Em geral, as técnicas são aplicáveis a uma variedade de tamanhos de cartuchos de filtro de líquido que usa meio sanfonado. As várias  
15 suposições utilizadas para suportar o cálculo são salientadas onde apropriado.

Embora cartuchos de filtro de líquido possam ficar localizados em qualquer posição relativa a gravidade, por questão de simplificação, os conceitos serão discutidos  
20 considerando um eixo do cartucho de filtro normal ao plano da terra. Assim, nesta seção da revelação, forças que agem em direção a terra (para baixo) serão definidas como negativas (-), e forças opostas como positivas (+).

Com propósitos iniciais desta discussão,  
25 considera-se que o cartucho de filtro é cilíndrico, utiliza meio sanfonado e tem tampas de extremidade que são circulares.

A figura 6 ilustra uma parte de um cartucho de

filtro. Uma tampa de extremidade está mostrada em 400, e o meio sanfonado por 401. A geometria do meio sanfonado 401 é configurada na forma de "V". O arco A-B descreve uma prega completa.  $P_u$  é a pressão à montante e  $P_d$  é a pressão à jusante. Em virtude de a espessura do meio 401 ser pequena, comparada com a área global do meio, considera-se que a queda de pressão através do meio ocorra na linha de centro do meio 402 e é uma função escalonada. Esta suposição significa que a pressão no lado à montante do meio 401a é considerada constante através da primeira metade da espessura do meio, e que na linha de centro da espessura do meio a pressão cai até a pressão à jusante e permanece constante na última metade do meio até o lado à jusante 401b.

Esta idealização não difere muito significativamente da situação de pressão real. Entretanto, esta idealização da queda de pressão através do meio simplifica a matemática relacionada com a definição de várias áreas superficiais nas tampas de extremidade que são afetadas pela queda de pressão através do meio. Também, considera-se que as pressões  $P_u$  e  $P_d$  que agem nas superfícies da tampa de extremidade são uniformes através dessas superfícies.

Para o modelo atual avaliado nas figuras 6 e 7, considera-se que a tampa de extremidade 400 em consideração é uma tampa de extremidade aberta, tendo uma borda externa 404 e uma borda interna 405 correspondentes às pontas de prega externa ( $D_o$ ) e interna ( $D_i$ ), respectivamente.

Na figura 7, a ilustração na figura 6 foi modificada para calcular as áreas afetadas pela queda de pressão. Uma linha de centro 402 do meio 401 é usada, em vez de toda a espessura do meio (conforme explicado antes). Au é a área da tampa de extremidade superior 400 que é sujeita a pressão à montante em ambos os lados da tampa de extremidade 400. Por causa disto, as pressões em ambos os lados se cancelam e não contribuem para a força compressiva axial de superfície líquida que é aplicada na tampa de extremidade ou cartucho de filtro correspondente.  $Ad_1 + Ad_2$  é a área combinada na tampa de extremidade superior que é sujeita a pressão à montante ( $P_u$ ) na superfície externa da tampa de extremidade e à pressão à jusante na superfície interna da tampa de extremidade. Esta área combinada diz respeito a uma prega completa. Para conhecer o efeito total na tampa de extremidade superior, o número de pregas no cartucho de filtro tem que ser usado. Portanto, a queda de pressão através do cartucho de filtro cria uma força descendente igual à  $(Ad_1 + Ad_2) \times (\text{queda de pressão}) \times (\text{número de pregas})$ .

A matemática usada para calcular  $Ad_1$  e  $Ad_2$  vem de várias equações trigonométricas aplicadas. Uma abordagem é primeiramente encontrar o ângulo  $a$ , este pode em seguida ser usado na equação que nos dará a área combinada ( $Ad_1 + Ad_3$ ). Em seguida, encontrar a área combinada ( $Ad_3 + Ad_4$ ). Pelo exame da figura 7, sabe-se também por simetria que:

$$Ad_3 = Ad_4 \quad (\text{Eq. 1})$$

### DETERMINAÇÃO DO ÂNGULO $\angle a^\circ$

Pela figura 7, pode-se mostrar que:

$$A_u + A_{d_1} + A_{d_2} + A_{d_3} + A_{d_4} = A_t$$

Ângulo  $a^\circ$  é igual à metade do ângulo completo que descreve a área  $A_t$ . Uma vez que esta área representa um ciclo de pregas, o ângulo completo pode ser encontrado simplesmente dividindo  $360^\circ$  pelo número de pregas. Ângulo  $a^\circ$  é a metade deste.

$$\angle a^\circ = \frac{360^\circ}{2) (PC)} = \frac{180^\circ}{PC} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde PC é a Contagem de Pregas (número de pregas em todo o cartucho de filtro).

10 A área definida por  $A_{d_1} + A_{d_3}$  é um triângulo oblíquo com dois lados conhecidos e o ângulo incluído conhecido. A equação para a área deste triângulo de acordo com o Machinery's Handbook, 24th Edition, página 83, segundo painel, é:

$$A_{d_1} + A_{d_3} = \left[ \frac{D_i}{2} \right] \left[ \frac{D_o}{2} \right] \left[ \frac{\sin \angle a^\circ}{2} \right] \quad (\text{Eq. 3})$$

15 Substituindo a equação 2 na equação 3 obtém-se:

$$A_{d_1} + A_{d_3} = \left[ \frac{D_i}{2} \right] (D_o) \left[ \sin \left[ \frac{180^\circ}{PC} \right] \right] \quad (\text{Eq. 4})$$

A área  $Ad_3 + Ad_4$  pode ser definida pela equação para a área de um setor circular do Machinery's Handbook, 24th Edition, pg. 58:

$$Ad_3 + Ad_4 = 0,5 \left[ \frac{Di}{2} \right] (Di) \left[ \frac{\pi}{PC} \right]$$

5 Reduzindo-se a equação a:

$$Ad_3 + Ad_4 = \left[ \frac{Di^2}{4} \right] \left[ \frac{\pi}{PC} \right] \quad (\text{Eq. 5})$$

10

Também, por simetria, sabemos que  $Ad_3 = Ad_4$ . A equação 5 então fica:

$$15 \quad Ad_3 = \left[ \frac{Di^2}{8} \right] \left[ \frac{\pi}{PC} \right] \quad (\text{Eq. 6})$$

Substituindo a equação 6 na equação 4, e resolvendo para  $Ad_1$ :

$$Ad_1 = \left[ \left[ \frac{Di}{8} \right] (Do) \left[ \sin \left[ \frac{180^\circ}{PC} \right] \right] \right] - \left[ \left[ \frac{Di^2}{8} \right] \left[ \frac{\pi}{PC} \right] \right] \quad (\text{Eq. 7})$$

20

Para cada prega, a área no lado à jusante que tem queda de pressão através dela é  $Ad_1$  e  $Ad_2$ . Também, por simetria,  $Ad_1 = Ad_2$ . Portanto, a área total  $Atu$  da tampa de extremidade superior afetada pela queda de pressão é igual

ao número de pregas  $\times 2 \times Ad_1$ :

$$Atu = 2 (PC) (Ad_1)$$

5

ou

$$Atu = \left[ (PC) \left( \frac{Di}{4} \right) (Do) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right] \right] - \left[ \left( \frac{Di^2}{4} \right) (\pi) \right] \quad (Eq. 8)$$

### EXEMPLOS

#### Exemplo 1 - Cartucho de Filtro com Vedações de ID Convencional

Uma configuração de cartucho de filtro considerada neste exemplo é uma que é similar à figura 1, exceto que tem duas tampas de extremidade abertas opostas similares à tampa de extremidade 5, e tem um diâmetro de prega externa ( $Do$ ) de 4 polegadas (101,6 milímetros), um diâmetro de prega interna ( $Di$ ) de 2 polegadas (50,8 milímetros) e uma contagem de pregas ( $PC$ ) de 40; e uma queda de pressão ( $\Delta P$  ou  $PD$ ) através do meio de 100 psid (689,5 kPa) em uso. Uma vedação é provida ao longo do ID de cada tampa de extremidade.

$Do = 4$ ;  $Di = 2$ ; número de pregas = 40. Associando esse valores na equação anterior dá uma área total na tampa de extremidade superior  $Atu = 3,135$  polegadas quadradas (2.022 milímetros quadrados).

A força total ( $Ftu$ ) que age em uma direção axial negativa (na direção da gravidade) na tampa de extremidade superior  $Ftu = - 100$  psid (689,5 kPa)  $\times$   $Atu$ .

$Ftu = (-100) (3,135) = -313,5$  poundf (libra-força)



(142,2 kg)

Com o cartucho de filtro convencional definido, 313,5 libras-força (142,2 kg) estão agindo tanto na tampa de extremidade superior como inferior em direções opostas. A  
5 força (-) na tampa de extremidade superior está agindo para baixo. A força (+) na tampa de extremidade inferior está agindo para cima. O resultado líquido é que o cartucho de filtro passa por uma força compressiva ao longo de seu eixo vertical de 313,5 libras (142,2 kg). Por projeto (no  
10 cartucho convencional), a maior parte desta força é transmitida através das tampas de extremidade ao revestimento interno. O pacote do meio será submetido a uma parte desta força em virtude de a força ser distribuída pelas áreas Ad1 e Ad2 para cada prega. Esta distribuição de  
15 força cria um momento de dobramento nas tampas de extremidade que transfere uma pequena parte da carga total para o pacote do meio.

Exemplo 2 - Movimento da Vedação Inferior para o Diâmetro Externo

20 O movimento da vedação do diâmetro interno para o diâmetro externo muda a magnitude e direção da força que age na tampa de extremidade inferior. Ao passo que, no desenho convencional discutido, a força na tampa de extremidade inferior seja na direção para cima ou positiva (+), o  
25 reposicionamento da vedação no diâmetro externo faz com que a força aja na tampa de extremidade inferior em uma direção descendente ou negativa (-). Além do mais, a área é maior e, portanto, a força é maior.

Tenha em mente que a pressão à montante do meio (Pu) é maior que a pressão à jusante do meio (Pd). Pelo exame da figura 7, pode-se concluir que Pu age na superfície superior da tampa de extremidade definida por Au; e que Pd age na superfície inferior da tampa de extremidade definida por Au. Sabendo-se que  $P_u > P_d$  indica que a força líquida em Au para cada prega está agindo para baixo ou na direção negativa (-).

As áreas Ad1 e Ad2 são no lado à jusante do meio. Colocando-se a vedação no diâmetro externo da tampa de extremidade inferior, a pressão à jusante Pd não age em ambos os lados das áreas Ad1 e Ad2, anulando assim uma com a outra, resultando em uma força axial líquida nula agindo nessas áreas.

O uso de equações trigonométricas e algumas equações derivadas anteriormente, pode-se encontrar a área Au em função dos parâmetros conhecidos Do, Di e do número de pregas.

Novamente, usando da equação para a área de um setor circular, sabe-se que:

$$A_u + A_{d1} + A_{d2} + A_{d3} + A_{d4} = \frac{(\pi) (D_o^2)}{(4) (PC)} \quad (\text{Eq. 9})$$

Também, por simetria, sabemos:

$$A_{d1} = A_{d2} \quad (\text{Eq. 10})$$

Também derivamos previamente a equação para  $Ad_1$   
(Equação 7)

$$Ad_1 = \left[ \left( \frac{Di}{8} \right) (Do) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right] \right] - \left[ \left( \frac{Di^2}{8} \right) \left( \frac{\pi}{PC} \right) \right]$$

E, pela equação para um setor circular, sabemos  
5 que:

$$Ad_3 + Ad_4 = \left[ \frac{Di^2}{4} \right] \left[ \frac{\pi}{PC} \right] \quad (\text{Eq. 5})$$

Substituindo as equações 5, 7 e 10 na equação 9, e  
resolvendo para  $Au$ , obtém-se:

$$Au = \left[ \left( \frac{\pi}{4} \right) \left( \frac{Do^2}{PC} \right) - \left( \frac{Di}{4} \right) (Do) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right] \right] \quad (\text{Eq. 12})$$

Usando as dimensões do exemplo anterior, exceto  
que desta vez a tampa de extremidade inferior usa uma  
vedação no diâmetro externo, e não no diâmetro interno:

$Do = 4$ ;  $Di = 2$ ; número de pregas = 40; diferencial  
10 ou queda de pressão (PD) = 100 psid (689,5 kPa).

Pelo exemplo anterior, sabe-se que a força total  
que age em uma direção axial negativa (na direção da  
gravidade) na tampa de extremidade superior  $F_{tu} = -313,5$   
libras (142,2 kg).

15 Pelo exame da figura 6, pode-se concluir que a  
pressão que age nas superfícies da tampa de extremidade

inferior, para uma prega, à montante do meio de filtro combinam para criar uma força líquida de Queda de Pressão x Au na direção descendente ou negativa (-). A pressão que age nas superfícies da tampa de extremidade inferior, para uma  
 5 prega, à jusante do meio de filtro combina para criar uma força axial líquida nula.

A força total que age nas superfícies da tampa de extremidade inferior para todas as pregas é:

$$F_{tl} = (-PD) (Au) (PC)$$

Usando a equação 12, obtém-se:

$$F_{tl} = (-PD) \left[ \left( \frac{\pi}{4} \right) \left( \frac{Do^2}{PC} \right) - \left( \frac{Di}{4} \right) (Do) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right] \right] (PC)$$

Associando-se aos números:

$$F_{tl} = (-100) \left[ \left( \frac{\pi}{4} \right) \left( \frac{4^2}{40} \right) - \left( \frac{2}{4} \right) (4) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{40} \right) \right] \right] (40) = -629,0 \text{ poundf}$$

10 A força superficial líquida na tampa de extremidade inferior, não contando a força da tampa de extremidade superior, com a vedação no diâmetro externo está agindo na direção oposta à força que está agindo na tampa de extremidade inferior do desenho convencional. Também, a  
 15 magnitude da força é maior que no desenho convencional.

O resultado líquido é que o cartucho de filtro com a tampa de extremidade usando a vedação no diâmetro externo

se moverá para baixo no alojamento até que ela pare.

EXEMPLO 3 - Localização da(s) Vedação(s) em um  
Local Intermediário

Nota-se que não é necessário que a vedação na  
5 tampa de extremidade inferior esteja no diâmetro externo da  
tampa de extremidade a fim de obter esta força descendente  
Ft1 descrita anteriormente. Tudo que é necessário para obter  
a força descendente Ft1 é força descendente suficiente para  
garantir que o cartucho de filtro sairá da base no vaso,  
10 posicionando assim a tampa de extremidade superior de  
maneira tal que ela possa transferir a maior parte da força  
Ftu na tampa de extremidade superior através do revestimento  
interno.

Uma abordagem seria diminuir o diâmetro da vedação  
15 na tampa de extremidade inferior de maneira tal que as  
forças axiais líquidas na tampa de extremidade inferior  
sejam nulas. A força na tampa de extremidade superior Ft1  
que opera na direção descendente garantiria que o cartucho  
de filtro saia da base contra uma base do alojamento. A  
20 redução do diâmetro da vedação adicionalmente faria com que  
a força líquida começasse aumentar na direção ascendente. A  
continuidade de redução do diâmetro da vedação eventualmente  
atingirá um ponto onde este diâmetro é o mesmo diâmetro da  
vedação na tampa de extremidade superior, que teria forças  
25 axiais iguais em um cartucho de filtro convencional. Uma  
planilha eletrônica pode ser usada para explorar vários  
diâmetros e forças para se obter um resultado específico.

Referindo-se à figura 8, pode-se ver que ela é

similar à figura 7, exceto que um diâmetro adicional  $D_s$  foi adicionado. Este é o diâmetro da vedação na tampa de extremidade inferior mostrada em um diâmetro sem ser o diâmetro externo ou interno. Em decorrência disto, as áreas superficiais  $Ad_1$  e  $Ad_2$  (pela figura 7) são agora divididas em três seções, cada qual  $A_2$ ,  $A_6$  e  $A_8$  para  $Ad_1$ , e  $A_3$ ,  $A_5$  e  $A_7$  para  $Ad_2$ .

As áreas de interesse são  $A_2$ ,  $A_3$  e  $A_4$ . Por inspeção, pode-se perceber que a pressão à montante, aplicada a  $A_1$ , está fora do diâmetro  $D_s$  da vedação. Isto significa que a pressão em ambos os lados de  $A_1$  são as mesmas e, portanto, se anulam. Esta mesma condição, no lado à jusante, pode ser encontrada para áreas  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$  e  $A_8$ .

Novamente, pela inspeção, pode-se perceber que a pressão na área  $A_4$  age em uma direção descendente (-) com uma magnitude de queda de pressão  $\times A_4$ . Também, pela inspeção, pode-se perceber que, por causa da simetria,  $A_2 = A_3$ . E a pressão em  $A_2$  e  $A_3$  age em uma direção ascendente (+) cada uma com uma magnitude de queda de pressão  $\times A_2$ .

Pelas equações trigonométricas, pode-se encontrar áreas  $A_4$ ,  $A_2$  e  $A_3$  em função de:  $D_s$ , o diâmetro da vedação;  $D_o$ , o diâmetro externo do pacote de meio;  $D_i$ , o diâmetro interno do pacote de meio; e o número de pregas.

Para encontrar a área  $A_4$ , deve-se primeiramente encontrar os ângulos  $\angle a$ ,  $\angle d$ ,  $\angle c$  e  $\angle b$  ilustrados na figura 8.  $\angle a$  foi encontrado previamente.

$$\angle a^\circ = \frac{180^\circ}{\text{---}} \quad (\text{Eq. 2})$$

## PC

Pela solução de triângulos de ângulos oblíquos, sabe-se que:

$$\angle d^{\circ} = \left[ \frac{\tan^{-1} \left[ \frac{Di}{2} \right] (\sin \angle a^{\circ})}{\frac{Do}{2}} \right] - \left[ \left[ \frac{Di}{2} \right] (\cos \angle a^{\circ}) \right]$$

e

$$\angle c^{\circ} = 180^{\circ} - (\angle a^{\circ} + \angle d^{\circ})$$

e, usando as soluções de triângulos de ângulos oblíquos:

$$\angle b^{\circ} = 180^{\circ} - \left[ \angle c^{\circ} = \sin^{-1} \left[ (Di) \left[ \frac{\sin \angle c^{\circ}}{Ds} \right] \right] \right]$$

Novamente pela equação para a área de um setor circular, sabe-se que:

$$A_4 + A_7 + A_8 + A_{11} + A_{12} = 0,008727(2) (\angle b^{\circ}) \left[ \frac{Ds^2}{4} \right] \quad (\text{Eq. 14})$$

5 E, por simetria, sabe-se que:

$$A_7 = A_8; \text{ \& } A_{11} = A_{12}$$

Combinando e resolvendo para A4, obtém-se:

$$5 \quad A_4 = 0,008727(2) (\angle b^\circ) \left[ \frac{Ds^2}{4} \right] (2(A_8 + A_{12})) \quad (\text{Eq. 15})$$

Pelas soluções de triângulos de ângulos oblíquos, sabe-se que:

$$A_8 + A_{12} = \left[ \frac{Di}{2} \right] \left[ \frac{Ds}{2} \right] \left[ \frac{\sin \angle b^\circ}{2} \right] \quad (\text{Eq. 16})$$

Substituindo-se a equação 16 na equação 15, obtém-se:

$$A_4 = \left[ 0,008727(2) (\angle b^\circ) \left[ \frac{Ds^2}{4} \right] - 2 \left[ \frac{Di}{2} \right] \left[ \frac{Ds}{2} \right] \left[ \frac{\sin \angle b^\circ}{2} \right] \right]$$

Pela redução, obtém-se:

$$A_4 = (0,004364 (\angle b^\circ) (Ds^2)) - (0,25 (Di) (Ds) (\sin \angle b^\circ)) \quad (\text{Eq. 17})$$

10 Por trigonometria básica sabe-se que a área de uma seção de um anel plano descrito por um diâmetro externo (Do), um diâmetro interno (Di) e um ângulo  $\theta^\circ$  que descreve o arco da seção é:

$$\text{Área} = \left[ \frac{\theta^\circ}{360^\circ} \right] \left[ \frac{\pi}{4} \right] (Do^2 - Di^2)$$

Portanto:



$$A_1 + A_2 + A_3 = 2 \left[ \frac{\angle a^\circ}{360^\circ} \right] \left[ \frac{\pi}{4} \right] (Do^2 - Di^2) \quad (\text{Eq. 18})$$

e, sabendo-se que  $A_2 = A_3$ , a equação 18 torna-se:

$$A_1 + 2(A_2) = 2 \left[ \frac{\angle a^\circ}{360} \right] \left[ \frac{\pi}{4} \right] (Do^2 - Di^2)$$

E resolvendo para  $A_2$ :

$$A_2 = \left[ \frac{\angle a^\circ}{360^\circ} \right] \left[ \frac{\pi}{4} \right] (Do^2 - Di^2) - \left[ \frac{A_1}{2} \right] \quad (\text{Eq. 19})$$

E, novamente por simetria:

$$A_2 + A_6 + A_8 + A_{10} + A_{12} = A_3 + A_5 + A_7 + A_9 + A_{11} \quad (\text{Eq. 20})$$

E também pela equação de um arco circular:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12} = 0,008727(2) (\angle A^\circ) \left[ \frac{Do^2}{4} \right] \quad (\text{Eq. 21})$$

Aplicando-se a equação 20 na equação 21, obtém-se:

$$A_1 + A_4 + 2(A_2 + A_6 + A_8 + A_{10} + A_{12}) = 0,008727(2) (\angle A^\circ) \left[ \frac{Do^2}{4} \right] \quad (\text{Eq. 22})$$

Pelas soluções de triângulos de ângulos oblíquos, sabe-se que:

$$A_2 + A_6 + A_{10} + A_{12} = \left[ \frac{D_i}{2} \right] \left[ \frac{D_o}{2} \right] \left[ \frac{\sin \angle a^\circ}{2} \right] \quad (\text{Eq. 23})$$

Aplicando a equação 23 na equação 22, e resolvendo para A1:

$$A_1 = 0,008727 (\angle a^\circ) \left[ \frac{D_o^2}{2} \right] - A_4 - 2 \left[ \frac{D_i}{2} \right] \left[ \frac{D_o}{2} \right] \left[ \frac{\sin \angle a^\circ}{2} \right]$$

Simplificando, obtemos:

$$A_1 = 0,004364 (\angle a^\circ) (D_o^2) - A_4 - 0,25 (D_i) (D_o) (\sin \angle a^\circ) \quad (\text{Eq. 24})$$

5

Substituindo a equação 24 na equação 19 e simplificando:

$$A_2 = 0,002182 (\angle a^\circ) (D_o^2 - D_s^2) - (0,002182 (\angle a^\circ) (D_o^2)) + \frac{A_4}{2} + (0,125 (D_i) (D_o) (\sin \angle a^\circ)) \quad (\text{Eq. 25})$$

Agora ambas as áreas A2 e A4 são conhecidas, em termos de parâmetros conhecidos (Do, Di, número de pregas). Pela inspeção (figura 8), sabe-se que A2 = A3, que a pressão à montante Pu age na área A4, enquanto a pressão à jusante Pd age nas áreas A2 e A3, e que, no resto das áreas (A1, A5,

A6, A7 e A8), a pressão em ambos os lados da tampa de extremidade é a mesma e, portanto, se anulam na direção axial.

A fim de se obter um equilíbrio de forças na tampa de extremidade, de maneira tal que a força axial seguinte seja igual a zero, deve-se encontrar uma geometria de maneira tal que:

$$A_2 + A_3 = A_4 \quad (\text{Eq. 26})$$

5 Uma vez que  $A_2 = A_3$ , pode-se reescrever a equação 26:

$$2 (A_2) = A_4 \quad (\text{Eq. 27})$$

Substituindo a equação 25 na equação 27, obtemos:

$$0,04364(\angle a^\circ)(D_o^2 - D_s^2) - (0,004364(\angle a^\circ)(D_o^2)) + A_4 + (0,25(D_i)(D_o)(\sin \angle a^\circ)) = A_4$$

Rearranjando a equação, têm-se:

$$0,004364(\angle a^\circ)(D_o^2) - (0,004364(\angle a^\circ)(D_s^2)) - \left[ \begin{array}{l} 0,004364(\angle a^\circ)(D_o^2) + \\ (0,25)(D_i)(D_o)(\sin \angle a^\circ) \end{array} \right] = A_4 - A_4 = 0$$

Reduzindo-se a equação:

$$0,004364(\angle a^\circ)(D_s^2) = 0,25(D_i)(D_o)(\sin \angle a^\circ) \quad (\text{Eq. 28})$$

Chamando novamente a equação 2:

$$\angle a^\circ = \frac{180^\circ}{PC}$$

dá-nos a equação seguinte:

$$0,004364 \left[ \frac{180^\circ}{PC} \right] (Ds^2) = 0,25 (Di) (Do) \sin \left[ \frac{180^\circ}{PC} \right]$$

E resolvendo a equação 28 para Ds:

$$Ds = \sqrt{\frac{(Do)(Di) \left( \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right)}{0,017452 \left( \frac{180^\circ}{PC} \right)}}$$

Simplificando adicionalmente a equação:

$$Ds = \sqrt{.3183 (Do)(Di) \left( \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right) (PC)}$$

E reconhecendo que 0,3183 é o recíproco de  $\pi$ ;

$$Ds = \sqrt{(Do)(Di) \left( \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right) \left( \frac{PC}{\pi} \right)} \quad (\text{Eq.29})$$

Resolvendo a equação 28 para Di:

$$\pi (Ds^2)$$

$$D_i = \frac{\pi(D_o)^2}{(PC)(D_o) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right]} \quad (\text{Eq. 30})$$

Resolvendo a equação 28 para  $D_o$ :

$$D_o = \frac{\pi(D_s^2)}{(PC)(D_i) \left[ \sin \left( \frac{180^\circ}{PC} \right) \right]} \quad (\text{Eq. 31})$$

Por exemplo, usando as dimensões anteriores de  $D_o = 4$  polegadas (101,6 milímetros),  $D_i = 2$  polegadas (50,8 milímetros) e número de pregas = 40, aplicando-se a equação 29:

$$D_s = \sqrt{(4)(2) \left( \sin \left( \frac{180^\circ}{40} \right) \right) \left( \frac{40}{\pi} \right)} = 2,827 \text{ polegadas}$$

5           A fim de se obter um equilíbrio de forças na tampa de extremidade de maneira tal que a força axial líquida na tampa de extremidade seja igual a zero, com um diâmetro externo do pacote de pregas ( $D_o$ ) de 4 polegadas (101,6 milímetros), um diâmetro interno ( $D_i$ ) de 2 polegadas (50,8 milímetros) e número total de pregas de 40, seria necessário  
10           um diâmetro de vedação ( $D_s$ ) de 2,83 polegadas (71,88 milímetros). Assim, em 2,83 polegadas (71,88 milímetros), para o sistema definido,  $D_s = D_b$ . Este seria o diâmetro onde a vedação e a superfície de vedação fazem contato.

Com relação ao elemento geral, pode-se utilizar teste de laboratório para avaliar a carga axial líquida no elemento. Em particular, como uma abordagem, uma célula de carga pode ser colocada no diâmetro interno do cartucho de filtro. Uma extremidade da célula de carga seria anexada na extremidade superior, e a outra extremidade anexada na tampa de extremidade inferior. O cartucho de filtro seria colocado no alojamento do filtro. Óleo, em um fluxo de teste padrão, passaria através do cartucho de filtro. Sujeira ou outro contaminante do teste seria injetada à montante do cartucho de filtro. À medida que o filtro coleta o contaminante mais sujo do teste, a queda de pressão através do filtro aumentaria, aumentando assim a carga axial no cartucho de filtro. Um cartucho de filtro usando um arranjo de vedação padrão gerará uma força axial na célula de carga. Esta força aumentará em proporção à queda de pressão através do filtro. Um cartucho de filtro usando os arranjos de vedação preferidos caracterizados resolveria todas, ou praticamente todas, as forças no cartucho de filtro. Isto seria avaliado, à medida que a queda de pressão aumenta através do meio, por observações do aumento relativamente pequeno, ou nenhum, na força axial da célula de carga.

Nota-se que as formulações apresentadas indicam o número de pregas como variável na formulação. Como uma questão prática, com cartuchos de líquido típicos, uma vez que a população de pregas é suficientemente alta, seu aumento não muda substancialmente o local preferido para Db. Isto está exemplificado pelo modelo matemático colocado em

gráfico na figura 11. Na figura 11, o número de pregas é colocado em gráfico no eixo X, e o eixo Y representa a carga axial unitária. As dimensões se referem à figura 10. Pode-se perceber que, acima de uma população de pregas de cerca de 5 20, por exemplo, 20-30, existe uma alteração relativamente pequena na carga axial à medida que o número de pregas muda. Referindo-se à figura 10, a seta X indica a direção de fluxo de fora para dentro, ou fluxo padrão (std). A seta Y indica uma direção de fluxo de dentro para fora, ou fluxo inverso 10 (rev). A dimensão Z indica a profundidade da prega.

Essas variáveis são identificadas no gráfico na figura 11.

#### B. Abordagens de Desenhos Usando os Princípios

Os princípios apresentados permitem que se crie um 15 cartucho de filtro sem núcleo (absolutamente nenhum revestimento interno, ou nenhum com capacidade de suportar uma carga axial acima de 20 lb (9,1 kg)) que não é sujeito a cargas axiais excessivas no pacote de meios durante o carregamento do filtro. As diretrizes de desenho seguintes 20 consideram que o cartucho é aberto em ambas às extremidades e que o revestimento interno para suporte de prega (radial) é parte do alojamento do filtro.

Pode-se começar com o diâmetro externo ( $D_o$ ) e diâmetro interno ( $D_i$ ) do pacote de pregas e a contagem de 25 prega (PC).

Usando da equação seguinte derivada dos cálculos anteriores, o diâmetro da vedação ( $D_{sB}$ ) que dará uma carga axial de zero pode ser calculada:

$$DsB = \sqrt{\frac{(Do)(Di)(\sin(180/PC))(PC)}{\pi}}$$

Por exemplo: Do = 3,27 polegadas (83,06 milímetros), Di = 1,59 polegada (40,39 polegadas), Pc = 50.

$$DsB = \sqrt{\frac{(3.27)(1.59)(\sin(180/50))(50)}{\pi}} = 2,28 \text{ polegadas}$$

DsB representa o diâmetro externo do tubo que sela no I.D. do anel-O. Procurando este diâmetro em um catálogo para anéis-O de tamanho padrão (tal como Parker Seals GL-10/91), está indicado que o O.D. do tubo mais próximo é 2,25 polegadas (57,15 milímetros) (página A5-5, tamanho de anel-O 2-035).

Dependendo das exigências particulares, pode-se escolher usar o anel-O padrão 2-035 com um O.D. de tubo de 2,25 polegadas (57,15 milímetros) e aceitar uma certa carga axial no pacote de meios. Uma segunda opção seria usar as equações seguintes para calcular as dimensões adequadas do cartucho que tem DsB = 2,25, em vez de 2,28.

Para manter uma carga axial de zero, utiliza-se o anel-O padrão 2-035, e mantém PC = 50 e Di = 1,59; a equação seguinte calcula o novo Do:

$$Do = \left[ \frac{(\pi) (Ds^2)}{\pi} \right]$$



$$(PC) (Di) \sin(180/PC))$$

Associando-se os números tem-se:

$$Do = \left[ \frac{(\pi) (2,25^2)}{(50) (1,59) (\sin(180/50))} \right] = 3,19 \text{ polegadas}$$

Na alternativa, se quiser manter  $PC = 50$  e  $Do = 3,27$ , a equação seguinte calcula o novo  $Di$ :

$$Di = \left[ \frac{(\pi) (Ds^2)}{(PC) (Do) \sin(180/PC)} \right]; \text{ e assim,}$$

$$Di = \left[ \frac{(\pi) (2,25^2)}{(50) (3,27) (\sin(180/50))} \right] = 1,55 \text{ polegadas}$$

Caso queira manter as dimensões do pacote de filtros originais juntamente com o diâmetro de tubo padrão ( $Do = 3,27$ ,  $Di = 1,59$ ,  $DsO = 2,25$ ), a equação seguinte calculará a quantidade de carga axial ( $Fa$ ) que será aplicada ao pacote de meios. Para isto, necessita-se mais uma peça de informação, a queda de pressão ( $PD$ ) através do pacote de meios. Para este exemplo, 200 psid (1.379 kPa) serão usados (muitos cartuchos de filtro hidráulicos são projetados para suportar até 200 psid (1.379 kPa)).

$$Fa = (0,25) (PD) (\pi(Ds^2) - (PC) (Di) (Do) (\sin(180/PC)))$$

10

Novamente, relacionando aos números:

$$Fa = (0,25) (200) (\pi(2,25^2) - (50) (1,59) (3,27) (\sin(180/PC))) = -$$

**21,0lbf (pounds of force)**

O menos (-) indica que o pacote de meios está sob compressão.

Desde que fique a 20 pregas, ou mais, ( $PC \geq 20$ ), alterações em PC têm pouco efeito em qualquer das equações  
5 anteriores.

Percebe-se que, para qualquer tipo de desenho de cartucho de filtro, existe uma área anular envolvendo o pacote de meios que é formada pelo diâmetro externo do pacote de pregas e o diâmetro interno do alojamento do  
10 filtro (Gap 1) (folga 1). Uma vez que pode haver mais de um tipo de alojamento usado para um dado cartucho de filtro, haverá uma faixa de folgas que pode ser usada. Esta folga permite uma certa flexibilidade de desenho na escolha do O.D. do pacote de pregas.

15 Portanto, durante o projeto de um cartucho de filtro usando a abordagem de projeto descrita, é necessário levar em consideração a flexibilidade que esta folga (folga 1) proporciona.

Também, existe uma outra folga anular que é  
20 crítica para a integridade estrutural do cartucho de filtro (folga 2). Esta folga anular é formada pelo diâmetro interno do pacote de meios e o diâmetro externo do revestimento. Em condição de fluxo padrão (fluido escoando radialmente para dentro através do pacote de fluido), a tarefa primária do  
25 revestimento é fornecer suporte radial ao meio. À medida que fluido escoar através do meio, a queda de pressão através do

meio, cria-se uma força no meio que é direcionada radialmente para dentro. O revestimento suporta o meio contra a força. Se houver uma folga entre o I.D. do pacote de meios e o O.D. do revestimento, o pacote de meios terá  
 5 que se mover a uma distância da folga antes de o revestimento poder dar qualquer suporte. Em virtude de o meio ser ligeiramente flexível, uma certa quantidade de folga é aceitável. Se a folga ficar muito grande, o meio flexionará muito e meio falhará prematuramente.

10           Em virtude da Folga 2 entre o meio e o revestimento, é aconselhável manter uma folga mínima para qualquer dos desenhos de cartucho sem núcleo. Isto significa definir um (Di) apropriado que esteja relacionado com o revestimento devidamente dimensionado. Conforme mencionado  
 15 anteriormente, PC pode ser qualquer número  $\geq 20$ . Em seguida, selecionar um Do inicial com base nas exigências necessárias para a Folga 1. Então, usando a equação anterior para DsB, pode-se calcular o diâmetro do tubo para a vedação.

20           Em seguida, determinar a carga axial máxima (Fmax) que pode ser aplicada no meio e usar a equação seguinte para calcular o Do máximo para um cartucho de filtro que tem um Di e DsB fixo.

25           Como um exemplo, devemos usar a informação previamente calculada. Di = 1,59 polegada (40,39 milímetros), PC = 50, e considerar uma Folga 1 que dá Do = 3,27. Usando a equação para DsB, tem-se DsB = 2,28.

          Agora, consideremos uma carga axial máxima (Fmax) de -100 lbf (68,95 kPa) a uma queda de pressão (PD) de 200

psid (1.379 kPa).

$$Do = \frac{((\pi) (Ds^2)) - ((4) (Fmax/PD))}{(PC) (Di) (\sin(180/PD))}$$

Aplicando-se os números:

$$Do = \frac{((\pi) (2,28^2)) - ((4) (-100/200))}{(50) (1,59) (\sin(180/50))} = 3,67 \text{ polegadas}$$

Assim, para este projeto, (Do) pode varia de 3,27 a 3,67 sem exceder a carga axial aceitável máxima no pacote  
5 de meios de -100 lbf (68,95 kPa).

A atenção se volta agora para a figura 14. Na figura 14, é apresentado uma figura que mostra um gráfico de Di em função de Do para: uma dada pressão (PD) max (200 lbf (1.379 kPa)), força máxima definida aceitável no cartucho de  
10 filtro (40 libra-força (18,14 kg)) com um Ds definido, uma contagem de pregas definida, e uma área efetiva máxima definida sobre a qual o diferencial de pressão pode agir, Ae. Este valor (Ae) certamente seria zero, se a vedação estivesse especificamente em Db. Assim, Ae é a quantidade de  
15 área na qual o diferencial de pressão pode agir para ficar na faixa de força limitada desejada.

Pelo gráfico da figura 14, pode-se perceber que as condições especificadas nele são um relacionamento inverso entre Di e Do. Assim, caso se pretenda aumentar Do, Di teria  
20 que ser reduzido, e vice-versa.

A atenção se volta agora para a figura 15. Aqui, são mostrados alguns exemplos de cálculos para variáveis fixas. Os parâmetros são estabelecidos na figura.

Para o exemplo particular avaliado, o diferencial  
5 de pressão máximo é identificado como 200 psid (1.379 kPa), a força máxima aceitável no cartucho de filtro é 40 libra-força (18,14 kg).

A contagem de pregas foi fixa em 50, inicialmente  
Do em 3,27 polegadas (83,06 milímetros) e Di em 1,59  
10 polegada (40,39 milímetros).

Quando este foi o caso, Ds foi calculado como 2,28 polegadas (65,53 milímetros), para Db.

As diversas linhas seguintes indicam como Do seria alterado, e qual seu efeito final na força. Do poderia ser  
15 aumentado para 3,43 polegadas (87,12 milímetros), mantendo Di e Ds fixos, com a força máxima indo para 40 libras (18,14 kg). Do poderia ser diminuído para 3,11 polegadas (78,99 milímetros), com Di e Ds fixos, e a força máxima alterada para 40 libras (18,14 kg) na direção oposta.

20 As duas linhas seguintes na tabela mostram o efeito de manter Do e Ds fixos e mover Di. Di poderia se mover até o máximo de 1,67, mantendo ainda a força em não mais do que 40 libras (18,14 kg). Di poderia ser diminuído para 1,51 polegada (38,35 milímetros), com a força indo até  
25 40 libras (18,14 kg) na direção oposta.

As duas linhas seguintes indicam como a vedação Ds se moveria, com os valores de Do e Di fixos. A vedação pode se mover para baixo até 2,22 polegadas (56,39 milímetros),

com a força não excedendo a faixa de 40 libras (18,14 kg); e a vedação poderia se mover para cima até 2,33 polegadas (59,18 milímetros), com a vedação não excedendo as 40 libras (18,14 kg).

5 Certos outros valores na tabela indicam as porcentagens relativas de alguns dos cálculos.

A tabela inferior mostra um cálculo para um elemento que tem um tamanho diferente considerado.

#### **V. Um exemplo específico, figuras 12 e 13**

10 Na figura 12, é fornecido um cartucho de filtro de exemplo que emprega os princípios de acordo com a presente revelação. O cartucho 500 compreende meio sanfonado 501 que se estende entre a primeira e segunda tampa de extremidade 502, 503. A construção particular é sem núcleo, e não tem  
15 núcleo interno nem núcleo externo. A tampa de extremidade 502 é aberta, com a abertura 505 nela. A tampa de extremidade 503 é também aberta. Projetando axialmente para fora da tampa 502 fica um suporte da vedação 506 com a vedação 507 nele. A vedação 507 é configurada para vedação  
20 radial na direção para dentro.

Projetando-se axialmente para fora da tampa de extremidade 503 fica o suporte da vedação 510 com a vedação 511 nele. A vedação 511 é também configurada para selar radialmente para dentro.

25 Para criar um equilíbrio na vedação com: o diâmetro da prega do lado de fora (M) sendo 83,0 mm, o diâmetro interno das pregas (N) sendo 40,5 mm e a profundidade da prega (O) sendo 21,3 mm, o diâmetro da

vedação Ds (indicado por Q) é 57,9 mm, para cada uma das vedações 507, 511. Neste caso, Ds correspondente a Q seria Db.

Para o exemplo mostrado, o comprimento da prega é  
5 279 mm.

Ainda referindo-se à figura 12, o cartucho 500 inclui adicionalmente um contaminante e recurso de coleta de contaminante 530. O recurso compreende uma extensão 531 que tem nele o meio 532 . Quando o cartucho 500 é instalado, à  
10 medida que ele é removido, o fluxo de líquido através do meio 532 filtra o líquido parado no cartucho. Princípios relacionados a arranjos de contenção de contaminante são descritos, por exemplo, na publicação PCT WO 02/081052, de 17 de outubro de 2002, aqui incorporada pela referência.

Na figura 13, o cartucho 500 está mostrado instalado em um arranjo de filtro geral 540 compreendendo um alojamento 541 preso em uma cabeça de filtro 542. A vedação 507 está mostrada selando na estrutura 545, neste caso, uma parte de um tubo interno ou arranjo de núcleo 546. A vedação  
20 511 está mostrada presa em uma parte da base do alojamento 550. Neste caso, a parte 550 é presa no restante do alojamento 541 por parafusos 542. Assim, a parte 550 é um adaptador posicionado no alojamento 541, na sua base, para acomodar a vedação 511. A parte 550 também ajuda centralizar  
25 o cartucho 500 no alojamento 541 durante a instalação.

## **VI. Observações Gerais Seleccionadas Relativas a Estruturas Mecânicas, Conjuntos e Métodos**

### **A. Estruturas Mecânicas de Cartucho de Filtro**

A presente revelação fornece uma variedade de configurações alternativas para cartuchos de filtro em relação aos convencionais. As preferidas foram previamente descritas, em que um ou mais locais de vedação são definidos com relação a Db, ou em geral com relação ao local onde certas forças axiais superficiais, em uso, resultarão na tampa de extremidade correspondente.

Nesta seção, algumas várias construções e recursos mecânicos adicionais ou alternativos são caracterizados. Esses podem ser usados, vantajosamente, para fornecer cartuchos de filtro desejáveis. Entretanto, nem todos têm que ser usados juntos para se obter algum benefício.

1. Provisão de uma tampa de extremidade fechada que, no entanto, tem um suporte de vedação axial que se projeta axialmente para fora dela, preferivelmente com um elemento de vedação nele.

2. Provisão de cartucho de filtro com pelo menos uma tampa de extremidade nele, que tem nele um suporte de vedação radial, em um local intermediário: (a) um local externo em uma borda externa do meio; e (b) um local interno radialmente igual a uma projeção radialmente mais para dentro do meio. Tipicamente, e preferivelmente, o suporte que se projeta axialmente para fora fica localizado para suportar uma vedação em um local pelo menos 10 % da distância através da tampa de extremidade (da ponta da prega externa até a ponta da prega interna) de qualquer borda da prega, tipicamente pelo menos 15 % desta distância.

3. Um cartucho de filtro com duas tampas de



extremidade descritas anteriormente em 2.

4. Cartucho de filtro, de acordo com qualquer uma das três caracterizações gerais, que não tem núcleo de suporte de carga axial.

5 5. Um cartucho de filtro, de acordo com qualquer uma das quatro caracterizações anteriores, que não tem revestimento de suporte de carga axial externo.

Com base nos princípios apresentados, uma abordagem para projetar um cartucho de filtro para sistema  
10 de líquido pode ser a seguinte:

1. Determinar um  $\Delta P$  através do meio de filtro (máximo) e a capacidade de o cartucho de filtro aceitar carga axial ( $F$  máxima) para um dado sistema de alojamento com um diâmetro do tubo de suporte da ponta da prega (que  
15 será estabelecido por  $D_i$ ), bem como diâmetro máximo do alojamento (que será estabelecido  $D_o$ ), o local da vedação  $D_s$  pode ficar localizado para fornecer  $D_{sB}$  (o local equilibrado) em um local com uma faixa de maneira tal que, em condições normais de operação,  $F$  máxima não seja  
20 excedida.

2. Similarmente, cada um dos parâmetros identificados pode ser tratado como uma variável, com outros fixos, ou fixos em uma faixa, permitindo seus cálculos específicos e configurações de cartucho de filtro  
25 preferidas.

Aqui, foi fornecido um exemplo relacionado a um filtro hidráulico que teve um  $\Delta P$  máximo considerado com um 200 psid (1.379 kPa), como é típico para muitos filtros

hidráulicos. F máxima, a quantidade máxima de carga que o cartucho de filtro pode aceitar, não seria fixa em todos os casos, e seria função do material escolhido. Como um exemplo, uma força máxima de -40 lbf (libra-força axial) (18,14 kg) foi usada com propósitos de cálculo; entretanto, valores maiores ou menores poderiam ser usados, dependendo do sistema.

Para um sistema de lubrificação, podemos esperar limites diferentes.  $\Delta P$  máximo para muitos sistemas de lubrificação seria menor que 200 psid (1.379 kPa) par sistemas hidráulicos, por exemplo, na faixa de 100 - 150 psid (689 - 1.034 kg). F máxima novamente seria função dos materiais escolhidos. Poderia ser -40 lbf (18,14 kg), mas poderia ter igualmente outros valores.

Nota-se novamente que, quando o diâmetro da vedação é aqui discutido, o diâmetro da vedação se refere ao diâmetro da interface entre o anel de vedação e o componente do alojamento correspondente, quando o cartucho está no lugar.

## **B. Montagens**

Certamente, a presente revelação diz respeito a conjuntos de filtro em geral, que têm neles os cartuchos aqui caracterizados. Os conjuntos de filtro em geral podem ser configurados para carga por cima e carga por baixo. Os recursos dos conjuntos podem ser de acordo com os recursos gerais caracterizados nas descrições e/ou exemplos anteriores.

Os conjuntos de filtro de líquido podem,

novamente, ser configurados, por exemplo, como filtros de óleo (lubrificante), filtros de combustível ou filtros hidráulicos.

### **C. Métodos de Montagem, Uso e Reparo**

5           Em geral, são providos métodos de montagem e uso. Os métodos de montagem em geral envolvem configurar componentes de acordo com as descrições aqui apresentadas. Os métodos de uso em geral envolvem direcionar o fluxo de líquido através de um cartucho de filtro reparável  
10       construído de acordo com os princípios aqui descritos, com os decorrentes efeitos líquidos caracterizados. Em alguns casos, uma vedação entre o cartucho e a base do alojamento também fornece centralização durante o reparo.

### **VII. Exemplos Adicionais, figuras 16 e 17**

#### **15           A. Conjunto Substituível, figura 16**

          O número de referência 600, figura 16, indica no geral um arranjo de filtro de líquido de acordo com uma modalidade adicional da presente revelação. O arranjo 600 inclui uma cabeça de filtro 601 e um conjunto de filtro de  
20       líquido removível 602. O conjunto de filtro 602 compreende uma parede externa 603 e um cartucho interno 604.

          O conjunto de filtro de líquido particular 602 representado é um conjunto "substituível", significando que os componentes 602 são no geral removidos e substituídos  
25       durante uma operação de reparo. Ou seja, o cartucho 604 em geral é recebido no alojamento 603 de maneira tal que, quando o alojamento 603 é desconectado da cabeça do filtro 601, em uso, o reparo envolve substituição do conjunto de

filtro de líquido 602 por um alojamento novo 603 e cartucho novo 604, previamente montados um no outro. Ou seja, o cartucho 604 não é removido do alojamento 603 durante o reparo.

5           Referindo-se ainda à figura 16, o cartucho 604 compreende meio 605, neste caso meio sanfonado 606, que se entende entre primeira e segunda tampas de extremidade 607, 608, respectivamente. A tampa de extremidade 608 é uma tampa de extremidade fechada, mostrada suportada na estrutura de  
10       suporte 610 dentro da base 611 do alojamento 603. O cartucho 604 inclui um revestimento interno em 604a.

          A tampa de extremidade 607 é uma tampa de extremidade aberta, que tem através dela uma abertura de fluxo 615. A tampa de extremidade 607 inclui um arranjo de  
15       suporte de vedação 617 que suporta a vedação de anel-O 618, para deslizar sobre o montante 620 durante a instalação, e selando em torno do montante 620 durante o uso.

          A tampa de extremidade 607 inclui adicionalmente um flange que se projeta para fora 625, que pode ficar  
20       posicionado de forma a encaixar a estrutura no alojamento 603, para inibir a remoção do cartucho 604 do alojamento 603 depois da instalação inicial.

          Nota-se que o cartucho particular 604 representado não tem revestimento externo.

25           A vedação 630 definida neste caso pelo anel-O 618 tem um diâmetro selado  $D_s$  localizado, por exemplo, no ponto de equilíbrio  $D_b$ , ou próximo a ele, previamente discutido.

          A tampa de extremidade 608 é suportada contra

movimento para baixo na direção da seta 635 pelos suportes 610.

O conjunto 600 é configurado para fluxo de fora para dentro, com o fluxo de líquido não filtrado a ser  
5 filtrado na cabeça 601 ocorrendo em 644, e em seguida através da entrada 643 para a coroa anular 641 em torno do cartucho de filtro 604. O líquido então seria filtrado pela passagem através do meio 606 para a região interna 606a. O líquido filtrado então escoar para o canal 620a na cabeça  
10 601, e para fora através da saída de fluxo de saída 640.

A disposição de um padrão de fluxo de fora para dentro irá gerar uma região de maior pressão à montante  $P_u$  em relação a uma menor pressão à jusante  $P_d$  na tampa de extremidade 608 que em geral acionará a tampa de extremidade  
15 608 para cima, isto é, oposto à direção da seta 635.

O montante 620 inclui um batente 645, que será encaixado pelo arranjo de suporte de vedação 617, caso o cartucho comece deslizar na direção oposta à seta 635 pelas forças de predisposição indicadas.

20 Na tampa de extremidade 607, o local da vedação 630 novamente pode ficar posicionado essencialmente no ponto de equilíbrio  $Db$ , de maneira que não haja forças para cima ou para baixo pelo diferencial de pressão de líquido na tampa de extremidade 607, caso desejado. Alternativamente, a  
25 vedação 630 pode ficar posicionada alternativamente na faixa de locais em torno de  $Db$ , da maneira aqui descrita.

Ainda com referência à figura 16, o método particular de encaixe entre o conjunto 602 e a cabeça do

filtro 601 é pelo encaixe rosqueado mostrado em 650.

Certamente, conjuntos substituíveis análogos ao conjunto 602 poderiam ser configurados para fluxo "de dentro para fora" através do pacote de meios 604, caso desejado.

5

**B. Um Arranjo de Cartucho de Filtro de Líquido Alternativo, figura 17**

Na figura 17, o arranjo de filtro de líquido 700 está representado compreendendo uma cabeça de filtro 701, um alojamento removível 702 e um cartucho de filtro 703. Neste caso, o cartucho 703 é um cartucho reparável que pode ser removido e substituído desconectando o alojamento 702 da cabeça 701, nas roscas 710, substituindo o cartucho 703 dentro do vaso 702, e em seguida remontando o vaso 702 na cabeça 701.

A vedação 711, 712 está mostrada para inibir vazamento para fora do vaso 702.

O cartucho 703 está mostrada configurada para fluxo de dentro para fora, embora configurações alternativas sejam possíveis. O cartucho 703 compreende pacote de meios 714, neste caso compreendendo meio sanfonado 714a, que se estende entre a tampa de extremidade superior 715 e a tampa de extremidade inferior 716. Para o exemplo mostrado, a tampa de extremidade inferior 716 está fechada. Em torno do pacote de meios 714 é provido um suporte externo 718 que podem compreender um fio de primeira torção bobinado ou revestimento, caso desejado.

A tampa de extremidade 715 é aberta, tendo uma

abertura central 715a. A tampa de extremidade 715 inclui adicionalmente suporte de vedação 720, que suporta o elemento de vedação 721, neste caso compreendendo um anel-O 721a.

5. O cartucho 703 é posicionado com o elemento de vedação 721 selado contra o montante 730 no qual a abertura de fluxo 730a é provida em comunicação com o interior aberto 703a do cartucho 703.

Durante uma operação normal, o fluxo de líquido entraria pela entrada 730 e cabeça 701, e seria transportado através do conduite 730a para a região aberta 703a. O líquido então seria filtrado mediante passagem pelo pacote de meios 714 para a coroa anular externa 735. O líquido, agora filtrado, entraria no conduite 736 e cabeça 701 e sairia pela saída de fluxo de líquido 738. O conjunto 700 inclui um arranjo de válvula de derivação 703 que permite que um fluxo de líquido desvie do cartucho 703, caso o cartucho 703 fique suficientemente obstruído. A válvula de derivação 740 compreende uma cabeça de válvula 741 mantida fechando a abertura 742 pelo arranjo de predisposição 743 compreendendo, neste caso, uma mola espiral 744.

O suporte de vedação 720 está mostrado posicionado na tampa de extremidade 715 em um local apropriado para suportar o arranjo de vedação 721 e selar no montante 730 em um local tanto correspondente a Db como modificado de Db, da maneira aqui descrita.

#### **VIII. Abordagem Relativa Adicional do Desenho de Filtro de Líquido**

Com base nos princípios citados, foram desenvolvidas definições adicionais relativas ao desenhos de filtro para tirar vantagem dos princípios de acordo com a presente revelação. Estas estão aqui indicadas com relação às figuras 18-32. Nas figuras 18-32, todos os valores de dimensão linear estão em polegadas, e todos valores de área estão em polegadas quadradas.

#### A. Apresentação de Dados, figuras 18-26

Nas figuras 18-26, são providos gráficos de dados selecionados e dados calculados para arranjos de filtro utilizando variações e princípios de acordo com a presente revelação. Na revisão das tabelas das figuras 18-26, as definições seguintes devem ser consideradas:

##### 1. Coluna 1

Na primeira coluna, rotulada Do, é provido um diâmetro externo selecionado do pacote de pregas. O diâmetro externo de um pacote de pregas tendo meio sanfonado é o diâmetro definido pelas pontas das pregas. Para as tabelas das figuras 18-20 (Grupo 1), Do variou de 2,5 polegadas (63,5 mm) até 5,5 polegadas (139,7 mm) em incrementos de 0,1 polegada (2,54 mm), e aqui esses são denominados "Grupo 1". Nas figuras 21-23, Do variou de 5,6 polegadas (142,2 mm) a 10 polegadas (254 mm) em incrementos de 0,1 polegada (2,54 mm), e aqui esses são algumas vezes denominados "Grupo 2". Nas figuras 24-26, Do variou de 1,5 polegada (38,1 mm) a 2,4 polegada (61 mm) em incrementos de 0,1 polegada (2,54 mm), e esses são algumas vezes denominados "Grupo 3".

O agrupamento do Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3 para



as tabelas das figuras 18-26 é um agrupamento baseado no diâmetro externo ou tamanho selecionado para consideração. Os grupos não devem ser de outra forma significativamente distintos. As transições entre os grupos (por um degrau de 5 0,1 polegada (2,54 mm)) não devem ser desconsideradas. Conforme discutido a seguir com relação aos gráficos das figuras 26-32, os gráficos podem ser considerados contínuos em todas as regiões identificadas.

Os agrupamentos poderiam ter uma certa utilidade 10 na consideração da aplicação das técnicas aqui descritas para aplicação de filtro de líquido, uma vez que os agrupamentos em geral se relacionam a cartuchos de filtro de tamanho pequeno, médio e grande.

## 2. Coluna 2

15 Nas tabelas das figuras 18-26, o termo Di significa o diâmetro interno de um pacote de pregas identificado. Para o meio sanfonado, isto tipicamente seria o diâmetro interno definido pelas pontas das pregas. Em muitos cartuchos de filtro, a profundidade ideal da prega é 20 considerada o diâmetro externo (od ou Do) dividido por 4. Em tais circunstâncias,  $Di = Do - (Do/4)$ . Ou, posto de forma alternativa,  $Di = 0,5 \times Do$ . Para as tabelas das figuras 18-26, esta formulação foi usada para definir Di para uma dada definição de Do.

## 25 3. Coluna 3

Nas figuras 18-26, na coluna 3, "Plt Dpth" significa a profundidade da prega. Certamente, a profundidade da prega está relacionada com Do da maneira

previamente definida. Assim, para as entradas na coluna intitulada "Plt Dpth", é usado um cálculo de  $(D_o - D_i)/2$ .

#### 4. Coluna 4

A quarta coluna na tabela intitulada "plt Cnt" se refere ao número de pregas, ou contagem de pregas, para o exemplo. Conforme aqui discutido anteriormente, uma vez que a contagem de pregas tenha atingido 20, em geral a adição de ainda mais pregas não muda significativamente o cálculo de Db. Assim, para os exemplos analisados nas tabelas das figuras 18-26, a contagem de pregas em todos os casos foi estabelecida em 20.

#### 5. Coluna 5

A coluna seguinte nas tabelas das figuras 18-26 é denominada "Gap" (folga). A "gap" (folga) é uma variável selecionada com propósitos dos cálculos reportados nas figuras 18-26 como uma quantidade que  $D_o$  e  $D_i$  irão variar contra o local de vedação fixa da coluna 6 para comparação, discutido a seguir.

Apara as apresentações de dados nas tabelas, foram usados três medidas de folgas para mostrar as faixas de dados. As medidas são "7 %", "12 %" e "22 %". O uso desses valores para desenvolver os dados calculados para comparação ficarão aparentes a partir das definições de colunas adicionais.

#### 6. Coluna 6

A coluna seguinte nas tabelas das figuras 18-26 é intitulada tanto " $D_s = D_b$  (calculada)" como " $D_s/\text{calc}$ ". Isto é um indicação de onde o local da vedação deve estar se ela

estiver no ponto de equilíbrio calculado  $Db$ , para  $Do$  (coluna 1),  $Di$  (coluna 2) e contagem de pregas 20 (coluna 4), de acordo com as descrições apresentadas, de maneira tal que as forças calculadas em lados opostos da tampa de extremidade sejam iguais entre si. A abordagem de cálculo seria de acordo com as descrições aqui previamente providas usando o  $Do$ ,  $Ei$  e contagem de pregas identificados. Por certo, novamente, uma vez que a contagem de pregas é 20 ou mais, considera-se que esta não afeta substancialmente a equação quando ela varia.

Para cada um dos locais identificados de  $Db$ , na sexta coluna, o local da vedação quando em  $Db$  está em uma posição espaçada através da tampa de extremidade de cada borda da ponta da prega.

O local de  $Db$ , coluna 6, seria o mesmo para o cartucho que tem  $Do$  (coluna 1) e  $Di$  (coluna 2) definidos sem considerar se o cartucho é projetado para fluxo de dentro para fora ou fluxo de fora para dentro, da maneira aqui discutida.

## 7. Coluna 7

A sétima coluna nas tabelas das figuras 18-26 é intitulada "do min.". O termo  $Do$  min indica uma variação no cartucho da linha identificada, em que  $Do$  foi reduzido pela "Gap" selecionada da coluna 6, mesmo que  $Di$  e o local da vedação ( $Ds$ ) tenham permanecido fixos. Em geral,  $Do$  min =  $(1-Gap) \times Do$ . Assim, para a primeira linha na tabela da figura 18,  $Do$  min =  $(1-0,07)(2,5)$ ; isto é, 0,93 ( $Do$ ) ou 2,33 polegadas (59,18 milímetros).

## 8. Coluna 8

Na oitava coluna, Do min (coluna 7) é declarado como uma porcentagem de Db (coluna 6). Ou seja, o valor na tabela é igual a  $Do\ min/Db$ .

## 5 9. Coluna 9

A nona coluna, intitulada "Do max" é para indicar uma outra variação no diâmetro do cartucho, neste caso adicionando a Do o valor de "Gap". Assim,  $Do\ max = (1 - Gap) \times Do$ . Para a primeira linha na tabela da figura 18,  $Do\ max =$   
10  $(1 + 0,07) \times 2,5$ , isto é, 1,07 (2,5) ou 2,68 polegadas.

## 10. Coluna 10

A décima coluna reflete Do max (coluna 9) como uma % de Db (coluna 6). Assim, o valor dado é igual a  $Do\ max/Db$ .

## 11. Coluna 11

15 A décima primeira coluna é intitulada "Di min". Ela reflete uma variação em Di, usando o valor escolhido para Gap. Assim,  $Di\ min = (1 - Gap) \times Di$ . Para a primeira linha na tabela da figura 18,  $Di\ min = (1-0,07) \times 1,25$ ; isto é, 0,093 (1,25) ou 1,16 polegada.

## 20 12. Coluna 12

A coluna 12 é um relatório de Di min (coluna 11) como uma % de Db (coluna 6). Assim, os valores na coluna 12 para qualquer dada linha compreendem  $Di\ min/Db$ .

25 13. Coluna 13 é intitulada "Di max". Ela é igual ao valor de Di modificado pela adição da Gap. Em geral, Di max é igual a  $(1 + Gap)$  vezes Di. Para a primeira linha da tabela da figura 18,  $Di\ max = (1 + 0,07) \times 1,25$ , isto é, 1,07 (1,25) ou 1,34 polegada.

## 14. Coluna 14

A coluna 14 reflete  $D_i \max$  (coluna 13) como uma % de  $D_b$  (coluna 6). Ela é um valor calculado de  $D_i \max / D_b$ .

## 15. Coluna 15

5 A coluna 15 é intitulada " $A_{sdt}(D_s=D_i, D_o, D_i)$ ". É a área da tampa de extremidade definida ( $D_o$ (col. 1),  $D_i$ (col.2),  $plt.cont$ (col.4)) que seria afetada pela carga axial para um cartucho no qual a vedação fica localizada no diâmetro interno ( $D_s = D_i$ ) do pacote de pregas. Assim, é uma área

10 afetada calculada ( $A_e$ ) ou ( $A_{std}$ ) para um desenho de cartucho padrão com uma vedação no lado de dentro do pacote de pregas. O termo "área afetada" neste contexto significa uma quantidade (em termos de área superficial em um lado do cartucho) que é sujeita a uma diferença de pressão de  $P_u$  em

15 função de  $P_d$ . É um valor que resulta da subtração da área total de um lado da tampa de extremidade de uma quantidade de área que é sujeita à mesma pressão em ambos os lados, quer seja  $P_u$  ou  $P_d$ . (No cálculo, é usada a contagem de pregas de 20).

20 O valor da coluna 15 é um valor calculado usando as funções previamente descritas.

Para um cartucho no qual uma vedação fica localizada no diâmetro interno do pacote de pregas e o fluxo de fora para dentro, a tampa de extremidade resultante fica

25 sob uma força voltada para o pacote de meios. Para as tabelas das figuras 18-26, esta tal força é representada por números positivos.

Certamente, se o fluxo for na direção oposta "de

dentro para fora", o valor absoluto da área afetada seria o mesmo, mas a direção da força seria oposta.

#### 16. Coluna 16

A coluna 16, intitulada "Ae(Ds calc, Do min, Di min)", é a área afetada calculada da tampa de extremidade Ds = o valor da coluna 6, e os parâmetros da tampa de extremidade são o diâmetro do pacote de pregas do lado de fora em Do min (coluna 7) e o diâmetro das pregas do lado de dentro em Di min (coluna 11), com a vedação localizada na posição calculada de Db para Do e Di. Este valor na coluna 16, então, indica quanta variação na área afetada (Ae) houve a partir de um local equilibrado (Ae=0), se a vedação for mantida no mesmo local da coluna 6, mas Do e Di forem modificados para Do min e Di min. O valor absoluto disto pode ser comparado com o valor da coluna 15, pela comparação com um cartucho de filtro padrão. Quando o valor reportado for negativo, a pressão é para fora do pacote de pregas (quando for considerado um fluxo de fora para dentro). No cálculo, é usada uma contagem de pregas de 20.

#### 17. Coluna 17

A coluna 17, intitulada "Dsl=Ds em função de Do min & Di min", é um valor denominado Dsl, que, para os cálculos apresentados na tabela, corresponde a um local para uma vedação na qual o equilíbrio (Ae x 0) ocorreria (um novo Db calculado), se o cartucho tivesse um diâmetro externo Do min (coluna 7) e um diâmetro interno Di min (coluna 11) e uma contagem de pregas de 20.

#### 18. Coluna 18

A coluna 18, intitulada "Dsl como uma % de Db", é uma declaração de um cálculo de Dsl (coluna 17) como uma porcentagem de Db (coluna 6).

#### 19. Coluna 19

5 A coluna 19, intitulada "Ae(Ds calc, Do min, Di max", é a área afetada (Ae) na tampa de extremidade quando a vedação está no local Db (da coluna 6), mas o diâmetro externo do pacote de pregas está em Do min (coluna 7), o diâmetro interno está em Di max (coluna 13) e a contagem de  
10 pregas é 20.

#### 20. Coluna 20

A coluna 20, intitulada "Dsl=Ds em função de Do min & Di max", é um ponto de equilíbrio do diâmetro da vedação calculado (Ae=0) para um cartucho no qual o diâmetro  
15 externo está em Do min (coluna 7), o diâmetro interno está em Di max (coluna 13) e a contagem de pregas é 20.

#### 21. Coluna 21

A coluna 21, intitulada "Dsl como uma porcentagem de Db", é uma declaração de Dsl (coluna 20) como uma  
20 porcentagem de Db (coluna 6).

#### 22. Coluna 22

A coluna 22, intitulada "Ae(Ds calc, Do max, Di min", é a área afetada (Ae) da tampa de extremidade quando a vedação é localizada em Db (coluna 6), mas o diâmetro  
25 externo do pacote de pregas está em Do max (coluna 9), o diâmetro interno está em Di min (coluna 17) e a contagem de pregas é 20.

#### 23. Coluna 23

A coluna 23, intitulada "Dsl-Ds em função de Do max & Di min", é um cálculo de onde a vedação ficará localizada para ficar em equilíbrio ( $A_e=0$ ) para um pacote de meios com um diâmetro externo em Do max (coluna 9), um  
 5 diâmetro interno em Di min (coluna 11) e uma contagem de pregas de 20.

#### 24. Coluna 24

A coluna 24 é uma declaração do local da vedação calculado da coluna 23 como uma porcentagem do valor Db da  
 10 coluna 6.

#### 25. Coluna 25

A coluna 25, intitulada " $A_e(Ds \text{ calc}, Do \text{ max}, Di \text{ max})$ ", é a área afetada ( $A_e$ ) da tampa de extremidade quando a vedação fica localizada em Db (coluna 6) e o cartucho tem um  
 15 diâmetro externo do pacote de pregas de Do max (coluna 9), um diâmetro interno do pacote de pregas de Di max (coluna 13) e uma contagem de pregas de 20.

#### 26. Coluna 26

A Coluna 26, intitulada " $Dsl=Ds$  em função do Do max & Di max", é o local da vedação calculado para um  
 20 equilíbrio ( $A_e=0$ ) para uma tampa de extremidade de Do max (coluna 9), Di max (coluna 13) e uma contagem de pregas de 20.

#### 27. Coluna 27

25 A coluna 27 é um valor calculado do lado da vedação da coluna 26 dividido pelo valor de Db na coluna 6.

As colunas 28-31 permitem a comparação da área afetada para cada uma das quatro variações em Do e Di



(contagem de pregas = 20) previamente discutida, em relação a um cartucho padrão para o qual a vedação fica localizada no diâmetro interno, como é típico para muitos arranjos padrões.

#### 5                    28. Coluna 28

A coluna 28, intitulada " $Ae(Ds-Db, Do \text{ min}, Di \text{ min}) \% Astd$ ", compara a área afetada ( $Ae$ ) de uma tampa de extremidade usando a vedação em  $Db$  (coluna 6) para um pacote de meios tendo  $Do \text{ min}$  (coluna 7),  $Di \text{ min}$  (coluna 11) e  
 10 contagem de pregas 20 definidas com a área afetada de uma tampa de extremidade (mesmas dimensões e contagem de pregas) usando uma vedação localizada em  $Di \text{ min}$  (isto é, no diâmetro interno) que seria padrão ( $Astd$ ).

Por exemplo, para um cartucho com  $Ds = 2,89$   
 15 polegadas (73,41 milímetros),  $Do = 3,20$  polegadas (81,28 milímetros);  $Di = 1,60$  polegada (40,64 milímetros) e uma contagem de pregas de 20, a área afetada ( $Ae$ ) é 2,57 polegadas quadradas (1.658 milímetros quadrados), comparada com 3,27 polegadas (2.110 milímetros quadrados) para um  
 20 cartucho tipo padrão correspondente com o mesmo  $do$ ,  $Di$ , mas com  $Ds = Di$ . A área  $Ae$  é 79 % de  $Astd$ . Isto significa que a carga axial é também 79 % da carga axial no cartucho de filtro padrão correspondente.

#### 29. Coluna 29

25                    A coluna 29 é intitulada " $Ae(Ds = Db, Do \text{ min}, Di \text{ max}) \% Astd$ " e fornece uma comparação similar à coluna 28, neste caso onde a área afetada ( $Ae$ ) é calculada para uma vedação em  $Db$  (coluna 6) e as dimensões das pregas em  $Do \text{ min}$

e  $D_i$  max com um cartucho similar com uma vedação localizada no diâmetro das pregas internas.

Por exemplo, para um cartucho com  $D_s = 2,89$  polegadas (73,41 milímetros),  $D_o = 3,20$  polegadas (81,28 milímetros),  $D_i = 2,50$  polegadas (63,5 milímetros) e uma contagem de pregas de 10, a área afetada ( $A_e$ ) é 0,32 polegada quadrada (206,45 milímetros quadrados), comparada com 3,27 polegadas quadradas (2.110 milímetros quadrados) para um cartucho de filtro padrão correspondente que tem o mesmo  $D_o$ ,  $D_i$  mas com  $D_s = D_i$ . A área  $A_e$  é 10 % de  $A_{std}$ . Isto significa que a carga axial é também 10 % da carga axial de  $A_{std}$ . Isto significa que a carga axial é também 10 % da carga axial do cartucho de filtro padrão correspondente.

### 30. Coluna 30

A coluna 30 é intitulada " $A_e(D_s=D_b, D_o \text{ max}, D_i \text{ min}) \% A_{std}$ " e fornece uma comparação similar (à coluna 28, 29) da área afetada ( $A_e$ ) com a área afetada padrão ( $A_{std}$ ), onde a vedação está em  $D_b$  (coluna 6) e as dimensões das pregas são: dimensão externa em  $D_o$  max e dimensão interna em  $D_i$  min. A comparação de  $A_e$  é com o mesmo cartucho, mas com uma vedação localizada no diâmetro interno ( $A_{std}$ ).

Por exemplo, para um cartucho com  $D_s = 2,89$  polegadas (73,41 milímetros),  $d_o = 5,00$  polegadas (127,0 milímetros),  $D_i = 1,60$  polegadas (40,64 milímetros) e uma contagem de pregas de 20, a área afetada ( $A_e$ ) é 0,32 polegadas quadradas (206,45 milímetros quadrados), comparada com 3,27 polegadas quadradas (2.110 milímetros quadrados) para um cartucho de filtro padrão correspondente do mesmo

Do, Di, mas com  $D_s = D_i$ . A área Ae é 10 % de Astd. Isto significa que a carga axial é também 10 % da carga axial no cartucho de filtro padrão correspondente.

### 31. Coluna 31

5           A coluna 31 é intitulada "Ae( $D_s=D_b$ , Do max, Di max) % Astd" e é uma comparação similar de área afetadas com as colunas 28-30, para uma situação em que a vedação não fica localizada em  $D_b$  (coluna 6), mas o diâmetro das pregas externo estaria em Do max e o diâmetro das pregas internas  
10 Di max. A comparação seria da área afetada (Ae) para uma situação como essa com uma área afetada (Astd) da mesma tampa de extremidade, mas com a vedação no diâmetro interno.

Por exemplo, para um cartucho com  $D_s = 2,89$  polegadas (73,41 milímetros), Do = 5,50 polegadas (139,7  
15 milímetros), Di = 2,50 polegadas (63,5 milímetros) e uma contagem de pregas de 20, a área afetada (Ae) é 3,21 polegadas quadradas (2.071 milímetros quadrados), comparada com 3,27 polegadas quadradas (2.110 milímetros quadrados) para um cartucho do tipo padrão correspondente do mesmo Do,  
20 Di, mas com  $D_s = D_i$ . A área Ae é 98 % de Astd. Isto significa que a carga axial é também 98 % da carga axial do cartucho tipo padrão correspondente.

As comparações das colunas 28-31 permitem um entendimento de qual porcentagem de carga axial (Ae) é  
25 deixada na tampa de extremidade, quando a tampa de extremidade é ajustada para ter as dimensões e local da vedação identificados no exemplo particular, por comparação com uma tampa de extremidade tipo padrão na qual a vedação é

provida no diâmetro interno das pontas das pregas, oposto a espaçadas através da tampa de extremidade entre o diâmetro interno das pontas das pregas e o diâmetro externo das pontas das pregas, de acordo com as definições fornecidas.

5 Para os exemplos dessas colunas, o cartucho não foi otimizado para obter  $A_e = 0$ . Assim, a comparação de interesse indica quanta redução real ocorreu em  $A_e$  e assim na pressão.

#### B. Gráficos de Dados Seleccionados, figuras 27-32

10 A atenção se volta agora para os gráficos das figuras 27-32. Nas figuras 27-32, os grupos se referem aos grupos de diâmetro(s) de vedação ( $D_s$ ) resultantes dos dados das figuras 18-26.

##### 1. Figuras 27-28

15 (a) Figura 27

Referindo-se primeiramente ao gráfico da figura 27, o gráfico inclui um traçado de certa informação incluída nas tabelas das figuras 18-20.

20 Em particular, para os sistemas descritos nas tabelas das figuras 18-20, o gráfico da figura 27 é o diâmetro da vedação  $D_s$  com  $D_i$ . Diversas linhas são traçadas. As linhas são identificadas como A, B, C, D, E, F e G, como se segue:

25 Linha A = para dados na figura 20, um gráfico do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_i$  correspondente a  $D_i$  min, coluna 11 (eixo y).

Linha B = um gráfico para os dados na figura 19 do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_i$  correspondente

a Di min, coluna 11 (eixo y).

Linha C = um gráfico para os dados da figura 18 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Di correspondente a Di min, coluna 11 (eixo y).

5           Linha D = um gráfico para qualquer das figuras 18-20 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Di correspondente a Di, coluna 2 (eixo y).

          Linha E = um gráfico da figura 18 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Di correspondente a Di max,  
10   coluna 13 (eixo y).

          Linha F = um gráfico da figura 19 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Di correspondente a Di max, coluna 13 (eixo y).

          Linha G = um gráfico da figura 20 do valor Ds da  
15   coluna 6 (eixo x) com um valor Di correspondente a Di max, coluna 13 (eixo y).

#### (b) Figura 28

Para os sistemas descritos nas tabelas das figuras 18-20, o gráfico da figura 28 do diâmetro da vedação Ds com  
20   Do. Diversas linhas são traçadas. As linhas são identificadas como A1, B1, C1, D1, E1, F1 e G1, como se segue:

          Linha A1 = para dados na figura 20, um gráfico do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente  
25   a Do min, coluna 7 (eixo y).

          Linha B1 = um gráfico para os dados da figura 19 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha C1 = um gráfico para dados da figura 18 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha D1 = um gráfico de qualquer das figuras 18-  
5 20 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do, coluna 2 (eixo y).

Linha E1 = um gráfico da figura 18 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 9 (eixo y).

10       Linha F1 = um gráfico da figura 19 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 9 (eixo y).

Linha G1 = um gráfico da figura 20 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max,  
15       coluna 9 (eixo y).

## 2. Figuras 29 e 30

### (a) Figura 29

Para os sistemas descritos nas tabelas das figuras 21-24, o gráfico da figura 29 é do diâmetro da vedação Ds em  
20       função de Di. Sete linhas foram traçadas. As linhas são identificadas como A2, B2, C2, D2, E2, F2 e G2, como se segue:

Linha A2 = para dados na figura 23, um gráfico do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente  
25       a Do min, coluna 11 (eixo y).

Linha B2 = um gráfico para os dados da figura 22 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 11 (eixo y).

Linha C2 = um gráfico para dados da figura 21 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 11 (eixo y).

Linha D2 = um gráfico de qualquer das figuras 21-  
5 23 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do, coluna 2 (eixo y).

Linha E2 = um gráfico da figura 21 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 13 (eixo y).

10       Linha F2 = um gráfico da figura 22 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 13 (eixo y).

Linha G2 = um gráfico da figura 23 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max,  
15       coluna 13 (eixo y).

(b) Figura 30

Para os sistemas descritos nas tabelas das figuras 21-23, o gráfico da figura 30 é do diâmetro da vedação Ds em função de Do. Sete linhas são traçadas. As linhas são  
20       identificadas como A3, B3, C3, D3, E3, F3 e G3, como se segue:

Linha A3 = para dados na figura 23, um gráfico do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

25       Linha B3 = um gráfico para os dados da figura 22 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha C3 = um gráfico para dados da figura 21 do

valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$  min, coluna 7 (eixo y).

Linha D3 = um gráfico de qualquer das figuras 21-23 do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$ , coluna 2 (eixo y).

Linha E3 = um gráfico da figura 21 do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$  max, coluna 9 (eixo y).

Linha F3 = um gráfico da figura 22 do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$  max, coluna 9 (eixo y).

Linha G3 = um gráfico da figura 23 do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$  max, coluna 9 (eixo y).

### 3. Figuras 31 e 32

#### (a) Figura 31

Para os sistemas descritos nas tabelas das figuras 24-26, o gráfico da figura 31 é do diâmetro da vedação  $D_s$  em função de  $D_i$ . Sete linhas foram traçadas. As linhas são identificadas como A4, B4, C4, D4, E4, F4 e G4, como se segue:

Linha A4 = para dados na figura 26, um gráfico do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$  min, coluna 7 (eixo y).

Linha B4 = um gráfico para os dados da figura 25 do valor  $D_s$  da coluna 6 (eixo x) com um valor  $D_o$  correspondente a  $D_o$  min, coluna 7 (eixo y).

Linha C4 = um gráfico para dados da figura 24 do



valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha D4 = um gráfico de qualquer das figuras 24-26 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do, coluna 2 (eixo y).

Linha E4 = um gráfico da figura 24 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 13 (eixo y).

Linha F4 = um gráfico da figura 25 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 13 (eixo y).

Linha G4 = um gráfico da figura 26 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 13 (eixo y).

(b) Figura 32

Para os sistemas descritos nas tabelas das figuras 24-26, o gráfico da figura 32 é do diâmetro da vedação Ds em função de Do. Sete linhas foram traçadas. As linhas são identificadas como A5, B5, C5, D5, E5, F5 e G5, como se segue:

Linha A5 = para dados na figura 26, um gráfico do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha B5 = um gráfico para os dados da figura 25 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha C5 = um gráfico para dados da figura 24 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente

a Do min, coluna 7 (eixo y).

Linha D5 = um gráfico de qualquer das figuras 24-26 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do, coluna 2 (eixo y).

5           Linha E5 = um gráfico da figura 24 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 9 (eixo y).

          Linha F5 = um gráfico da figura 25 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max,  
10       coluna 9 (eixo y).

          Linha G5 = um gráfico da figura 26 do valor Ds da coluna 6 (eixo x) com um valor Do correspondente a Do max, coluna 9 (eixo y).

          A utilização dos gráficos das figuras 26-32 ficará  
15       aparente a partir do exemplo seguinte.

          1. Em muitos casos, o diâmetro da vedação para um sistema será estabelecido pelo equipamento. Considere, por exemplo, um esforço de projetar um novo cartucho de filtro para se adaptar na cabeça 601 da figura 16. A cabeça 601 já  
20       estaria no lugar no equipamento, ou já teria sido projetada para ficar no lugar nesse equipamento. O diâmetro da vedação seria fixado, pelo desenho do montante 620, na cabeça 601.

          Durante o projeto da parte de reposição 602, em particular o cartucho 604, então o parâmetro do diâmetro da  
25       vedação (Ds) já seria fixado.

          Também, os diâmetros externo e interno globais do alojamento 603 são em geral fixos, ou pelo menos limitados. Isto estabelece a faixa na qual se pode projetar Do e Di

para o cartucho.

2. Se for considerado, com os propósitos do exemplo, que a faixa de tamanhos da vedação,  $D_s$ , para a figura 16, é entre 1,7 e 3,9 polegadas (43,18 e 99,01 milímetros), as tabelas do grupo 1, figura 27 e figura 28, são apropriadas para utilização (outros tamanhos de  $D_s$  envolveriam o grupo 2 ou grupo 3).

3. A linha identificada como "D" na figura 27 e "D1" na figura 28 identifica, para um dado diâmetro de vedação ( $D_s$ ) na faixa declarada, valores de  $D_i$  e  $D_o$  apropriados para se atingir o equilíbrio, isto é, obter  $A_e = 0$ . Ou seja, se for considerado por exemplo um diâmetro da vedação identificado pelo montante 620 de 2,6 polegadas (66,04 milímetros), na figura 27, isto indica que, para se obter um equilíbrio ( $A_e = 0$ ), deve-se escolher um  $D_i$  de pouco mais de 1,8 polegada (45,72 milímetros), e, pela figura 28, um  $D_o$  de cerca de 4 polegadas (101,6 milímetros) deve ser escolhido. (Os valores reais estão nos gráficos de dados correspondentes).

4. Certamente, seria preferível otimizar o desenho, em muitos casos, para fornecer  $A_e = 0$ , de acordo com a discussão do ponto 3 anterior. Entretanto, isto, em todos os casos, não é prático ou exigido.

As linhas representadas pelo segmento de linha A na figura 27 e o segmento de linha A1 da figura 28, em geral, indicam menores limites utilizáveis para  $D_i$  e  $D_o$ , respectivamente, para dados valores de  $D_s$ . Pode-se perceber pelos cálculos das tabelas, para a figura 20, que, desde que

o valor selecionado para  $D_i$  e  $D_o$ , para um dado  $D_s$ , esteja nas linhas A e A1, ou acima delas, respectivamente, resulta-se em uma redução substancial de Ae, e assim na carga correspondente (pela comparação com o desenho da vedação padrão considerada com  $D_s$  aproximadamente igual à  $D_i$ ).

5        5. Em geral, a linha representada pelos segmentos de linha G e G1, as figuras 17, 28 refletem o extremo de  $D_o$  max,  $D_i$  max, coluna 31, figura 20. Este é em geral um valor  $D_i$ ,  $D_o$  para uma dada seleção  $D_s$ , que seria tão grande de  
10        maneira a não resultar em vantagem substancial em relação a um cartucho do tipo padrão, onde  $D_s$  fica localizado aproximadamente em  $D_i$ .

6. Por outro lado, a linha representada pelos segmentos de linha F e F1, em geral, refletem valores para  
15         $D_i$  e  $D_o$ , respectivamente, para um dado  $D_s$  selecionado, por meio do que ocorre uma redução substancial em Ae e, assim, nas forças. Assim,  $D_i$  e  $D_o$ , respectivamente, devem estar nas linhas, ou abaixo delas, das quais F e F1, respectivamente, são segmentos.

20        7. Em decorrência disto, uma vantagem será obtida, para um dado valor  $D_s$ , desde que os valores de  $D_i$  e  $D_o$ , respectivamente, sejam selecionados não inferiores aos valores dados para as linhas representadas pelos segmentos A e A1, e não mais do que os valores dados pelas linhas  
25        representadas pelos segmentos F e F1.

8. Resultados com maiores vantagens, quando os valores escolhidos para  $D_i$  e  $D_o$ , respectivamente, para um dado  $D_s$ , forem: (a) não inferiores aos valores das linhas

representadas pelos segmentos B e B1, respectivamente; e, (b) não superiores aos valores das linhas representadas pelos segmentos F e F1, respectivamente; e (c) preferivelmente não superiores aos valores das linhas representadas por E e E1, respectivamente.

9. Em aplicações típicas dos princípios apresentados, será preferível que os valores selecionados para Di e Do, para um dado Ds, não sejam inferiores aos valores das linhas representadas pelos segmentos C e C1, respectivamente. Também, preferivelmente, eles não são superiores aos valores das linhas representadas pelos segmentos E e E1, respectivamente.

10. O gráfico da figura 27, indicado anteriormente, é a parte central de um gráfico contínuo gerado pela figura 31 na extremidade inferior para Ds e a figura 29 é a extremidade superior para Ds. Assim, as linhas A, A2 e A4 são seções de uma linha contínua; as linhas B, B2 e B4 são seções de uma linha contínua; as linhas C, C2 e C4 são seções de uma linha contínua; as linhas D, D2 e D4 são seções de uma linha contínua; as linhas E, E2 e E4 são seções de uma linha contínua; as linhas F, F2 e F4 são seções de uma linha contínua; e as linhas G, G2 e G4 são seções de uma linha contínua.

11. Similarmente, o gráfico da figura 28, indicado anteriormente, é uma seção central de um gráfico contínuo que compreende as figuras 28, 30 e 32. Assim, as linhas A1, A3 e A5 são seções de uma linha contínua, as linhas B1, B3 e B5 são seções de uma linha contínua, as linhas C1, C3 e C5

são seções de uma linha contínua, as linhas D1, D3 e D5 são seções de uma linha contínua, as linhas E1, E3 e E5 são seções de uma linha contínua, as linhas F1, F3 e F5 são seções de uma linha contínua, e as linhas G1, G3 e G5 são seções de uma linha contínua.

12. Os gráficos das figuras 27-32, então, podem ser usados para selecionar uma faixa de valores Ds e faixa de valores Do preferida para um dado Ds, em uma faixa de Ds (diâmetro da vedação) de 1,06 polegada (26,9 mm) a 7,06 polegadas (179 mm). As diferentes linhas indicam faixas definidas utilizáveis para realizar (Ae) da maneira descrita nas tabelas. Tipicamente, as faixas selecionadas para Di e Do respectivamente, para um dado Ds, serão nas linhas, ou entre as linhas, para as quais os segmentos A (ou A1) e F (ou F1) são uma parte, tipicamente na linha, ou entre alinha, da qual B (ou B1) e F (ou F1) são uma parte, e geralmente nas linhas (ou entre as linhas) das quais os segmentos C (ou C1) e E (ou E1) são uma parte.

## **IX. Sumário Geral de Princípios Selecionados de acordo com A Presente revelação**

### **A. Recursos Gerais**

Técnicas de acordo com a presente revelação podem ser aplicadas em uma variedade de arranjos de filtro de líquido. Os arranjos de filtro de líquido em geral compreendem meio que se estende entre primeira e segunda tampas de extremidade. O meio tipicamente seria sanfonado, definindo um diâmetro de prega interna (Di) e um diâmetro de prega externa (Do). Uma ou ambas as tampas de extremidade

podem ter uma abertura central aberta.

Em geral, pelo menos uma das tampas de extremidade teria um suporte de vedação posicionado em uma projeção que se estende axialmente para fora da tampa de extremidade (em  
5 uma direção para fora do meio). Em exemplos típicos, a vedação suportada pelo suporte da vedação é um anel-O, embora alternativas sejam possíveis. O anel-O, ou vedação alternativa, definiriam no geral o diâmetro da vedação  $D_s$ .

O cartucho do filtro pode ser usado como um  
10 cartucho do filtro reparável, em que ele é removido e substituído em um alojamento durante o uso. Ele pode também ser contido permanentemente no alojamento para ser substituído com a parte do alojamento durante o reparo.

O suporte da vedação típico mostrado nos desenhos  
15 aqui é de um tipo que desliza para a posição sobre (ou dentro) de um componente do conjunto do filtro de líquido durante o uso. Nos exemplos, os suportes de vedação estão mostrados deslizados sobre um montante, ou outra estrutura, através da qual uma abertura, ou conduíte de fluxo, se  
20 estende. Em alguns arranjos, o suporte da vedação pode deslizar dentro de uma abertura de fluxo para selar na parede que define a abertura de fluxo, em uso.

Suportes de vedação do tipo mostrado aqui nas descrições são em geral postos na posição sem um grampo  
25 externo, tais como um grampo de mangueira ou uma estrutura similar, para prender as vedações no lugar. Tais arranjos algumas vezes serão aqui descritos como suportes ou arranjos de vedação "sem grampo" ou "sem fixação por grampos", ou por

termos similares.

Os princípios da presente revelação podem ser utilizados para fornecer arranjos que não têm revestimento interno e/ou revestimento externo, se desejado.

5 As técnicas de acordo com a presente revelação podem ser utilizadas para arranjos que são configurados para fluxo de dentro para fora ou fluxo de fora para dentro. Exemplos de ambos estão descritos.

Técnicas de acordo com a presente revelação podem  
10 ser aplicadas em sistemas nos quais o meio sanfonado inclui, em um ou ambos seus lados, suporte de meio sanfonado, tal como um suporte de malha de arame sanfonado ou um suporte de malha de plástico sanfonado.

Os princípios da presente revelação se relacionam  
15 aos locais de vedação preferidos para conseguir vários efeitos.

B. Localização do diâmetro da vedação para uma dada tampa de extremidade de um cartucho de filtro de líquido em um ponto de equilíbrio  $D_b$  ( $A_e = 0$ ) ou em uma  
20 faixa desejada desse local.

Em um aspecto da presente revelação, pelo menos a primeira tampa de extremidade de um arranjo de filtro de líquido tem uma primeira abertura central nela, o suporte da vedação é posicionado na primeira tampa de extremidade para  
25 definir o diâmetro da vedação  $D_s$ , o diâmetro da vedação está na faixa de 0,85 - 1,15 DbA, inclusive, tipicamente na faixa de 0,9 - 1,1 DbA, inclusive, e preferivelmente na faixa de 0,95 - 1,05 DbA inclusive, em que DbA é o diâmetro no qual



não resulta nenhuma força superficial na primeira tampa de extremidade (A) a favor ou contra a segunda tampa de extremidade (B) em uso. DbA, certamente, é um local no qual se definiria uma área efetiva de 0 ( $A_e = 0$ ) para a tampa de extremidade identificada, de acordo com os cálculos anteriores.

Certamente, em algumas aplicações deste aspecto da revelação, ambas as tampas de extremidade podem ser providas com aberturas, e ambas as tampas de extremidade podem ser providas com vedações de acordo com uma definição similar. Assim, na segunda tampa de extremidade (B), seria provida um suporte de vedação para um elemento de vedação que tem um diâmetro de vedação  $D_{sB}$  na faixa de 0,85 - 1,15  $D_{bB}$ , tipicamente 0,9 - 1,1  $D_{bB}$  e geralmente na faixa de 0,95 - 1,05  $D_{bB}$ .

C. Provisão de um arranjo de filtro de líquido no qual o local da vedação é posicionado espaçado do diâmetro externo da tampa de extremidade e das pontas da prega externa, e espaçado do diâmetro interno da tampa de extremidade e das pontas das pregas internas.

Um outro aspecto da definição de cartuchos de filtro de líquido de acordo com a presente revelação, entende-se que o cartucho de filtro é tal que, pelo menos em uma primeira tampa de extremidade que tem uma abertura central, é provido suporte de vedação que é espaçado na tampa de extremidade do diâmetro interno das pontas das pregas (e da abertura da tampa de extremidade, se presente) a uma distância correspondente à pelo menos 0,1 X, onde X é

a dimensão correspondente à distância entre o diâmetro externo das pontas das pregas (ou perímetro externo da tampa de extremidade, se similar) e o diâmetro interno das pontas das pregas (ou abertura da tampa de extremidade, se similar e presente).

Para tais situações, o arranjo de vedação é também posicionado na tampa de extremidade a uma distância do diâmetro da ponta da prega externa (ou perímetro externo da tampa de extremidade, se similar), para dentro, a uma distância também correspondente à pelo menos 0,1 X.

E alguns arranjos, uma definição similar pode ser provida para a segunda tampa de extremidade, quer aberta quer fechada. Ou seja, um arranjo de vedação pode ser montado na segunda tampa de extremidade, definindo um diâmetro da vedação espaçado para fora do diâmetro da prega interna (ou abertura) e para dentro do diâmetro da prega externa (ou perímetro da tampa de extremidade) a uma distância correspondente à pelo menos 10 % da diferença entre o diâmetro da prega do lado de dentro (ou abertura) e o diâmetro da prega do lado de fora (ou abertura).

Em geral, em alguns cartuchos de filtro de líquido, o diâmetro da abertura da tampa de extremidade de uma tampa de extremidade aberta será aproximadamente o mesmo (ou apenas ligeiramente menor) que o diâmetro da ponta da prega interna. Também, em alguns casos, o diâmetro da tampa de extremidade do lado de fora seria aproximadamente o mesmo do diâmetro da prega do lado de fora. Entretanto, variações são possíveis.

Quando são usadas variações, o espaçamento tipicamente seria considerado com relação ao diâmetro interno e o diâmetro externo da ponta da prega, uma vez que esses fatores controlam  $A_c$ .

- 5           D. Cartuchos de filtro de líquido com o local da vedação espaçado uma quantidade especificada das pontas das pregas internas ou pontas das pregas externas

Em um outro aspecto da invenção, o cartucho de filtro de líquido é provido de antemão sobre um cartucho de  
10 filtro de líquido no qual a vedação é provida tanto no diâmetro das pregas internas como no diâmetro das pregas externas, tendo a vedação suportada em um local espaçado tanto do diâmetro das pregas laterais como do diâmetro das pregas do lado de fora a uma distância de pelo menos 5 mm,  
15 tipicamente pelo menos 10 mm e normalmente pelo menos 15 mm.

E. Filtro definido com relação à área afetada

Em geral, é preferível prover o cartucho de filtro com pelo menos uma tampa de extremidade e, em alguns casos, duas tampas de extremidade, definidas com relação às  
20 posições das suas vedações, de maneira tal que a posição da vedação forneça um valor de  $A_e$  (área afetada) de não mais que 80 %, tipicamente não mais que 55 % e normalmente não mais que 20 % de um valor para  $A$  e de tampa de extremidade similar e da definição de ponta da prega ( $D_o$  e  $D_i$ ), mas no  
25 qual a vedação fique localizada na posição padrão aproximadamente no diâmetro da prega interna ( $D_s = D_i$ ).

F. Cartucho de filtro definido com relação à seleção de  $D_s$  definido de  $D_o$ ,  $D_i$ , pela utilização dos

gráficos das figuras 17-32.

Ainda em um outro aspecto das técnicas aqui descritas, pode ser construído um cartucho de filtro, tipicamente com uma contagem de pregas de 20 ou mais, que tem primeira e segunda tampas de extremidade e meio sanfonado se estendendo entre elas, definindo um diâmetro da ponta da prega interna ( $D_i$ ) e um diâmetro da ponta da prega externa ( $D_o$ ) para um dado  $D_s$  localizado espaçado entre o local de  $D_i$  e  $D_o$ , em que: para um dado valor  $D_s$  na faixa de 1,06 polegada (26,9 mm) a 7,06 polegadas (179,3 mm);

(a) pelo gráfico de  $D_s$  (eixo x) em função de  $D_o$  (eixo y)  $D_o$  não é menos que um valor definido por uma linha que se estende de  $D_s$ ,  $D_o$  de 1,06 polegada, 1,32 polegada (26,9 mm 33,5 mm) a  $D_s$ ,  $D_o$  de 7,06 polegadas, 8,8 polegadas (179 mm, 224 mm); e  $D_o$  não é mais que um valor definido por uma linha que se estende de  $D_s$ ,  $D_o$  de 1,06 polegada, 1,68 polegada (26,9 mm, 42,7 mm) a  $D_s$ ,  $D_o$  de 7,06 polegada, 11,20 polegadas (179 mm, 284 mm); e

(b) pelo gráfico de  $D_s$  (eixo x) em função de  $D_i$  (eixo y),  $D_i$  não é menos que um valor definido por uma linha que se estende de  $D_s$ ,  $D_i$  de 1,06 polegada, 0,66 (26,9 mm, 16,8 mm) a  $D_s$ ,  $D_i$  de 7,06 polegadas, 4,4 (179 mm, 112 mm) e  $D_i$  não é mais que um valor definido por uma linha que se estende de  $D_s$ ,  $D_i$  de 1,06 polegada, 0,84 polegada (26,9 mm, 21,3 mm) a  $D_s$ ,  $D_i$  de 7,06 polegadas, 5,6 polegadas (179 mm, 142 mm).

Tipicamente:

(a) pelo gráfico de  $D_s$  (eixo x) em função de  $D_o$

(eixo y) Do não é menos que um valor definido por uma linha que se estende de Ds, Do de 1,06 polegada, 1,4 polegada (26,9 mm, 290) a Ds, Do de 7,06 polegadas, 9,3 polegadas (179 mm, 236 mm) e Do não é mais que um valor definido por  
 5 uma linha que se estende de Ds, Do de 1,06 polegada, 1,4 polegada (26,9 mm, 35,6 mm) a Ds, Do de 7,06 polegadas, 10,7 polegadas (179 mm, 272 mm); e

(b) pelo gráfico de Ds (eixo x) em função de Di (eixo y), Di não é menos que um valor definido por uma linha  
 10 que se estende de Ds, Di de 1,06 polegada, 0,7 polegada (26,9 mm, 17,8 mm) a Ds, Di de 7,06 polegadas, 4,65 polegadas (179 mm, 118 mm) e Di não é mais que um valor definido por uma linha que se estende de Ds, Di de 1,06 polegada, 0,8 polegada (26,9 mm, 20,3 mm) a Ds, Di de 7,06  
 15 polegadas, 5,35 polegadas (179 mm, 135, 9 mm).

Certamente, pode-se usar uma variedade de faixas preferidas alternativas usando tais gráficos, conforme explicado anteriormente com relação às figuras 17-32.

#### G. Conjuntos de Filtro de Líquido.

20 Certamente, as técnicas aqui descritas podem ser utilizadas para desenvolver conjuntos de filtro compreendendo alojamentos com cartuchos de filtro (reparáveis ou não). Em geral, o alojamento seria configurado para suportar o cartucho de filtro, e o cartucho  
 25 de filtro seria selecionado de acordo com os princípios gerais aqui descritos, por exemplo, da maneira indicada anteriormente nas seções IX A-F.

#### H. Métodos de Filtração

Vantagens resultam da operação de filtração de líquido em que o líquido a ser filtrado passa através do conjunto de acordo com IX G anterior. As vantagens resultam de uma ou mais tampas de extremidade vantajosas do cartucho  
5 de filtro.

Nota-se que em muitos casos aqui é feita referência a um padrão em que a vedação fica localizada no diâmetro das pregas internas, isto é,  $D_s = D_i$ . Com propósitos dos cálculos, foi considerado que um padrão era  
10  $D_s - D_i$ . Em alguns casos anteriores reais, eles podem ter uma variação menos importante em relação a isto.

## REIVINDICAÇÕES

1. Cartucho de filtro de líquido (1) para uso operacional dentro de um alojamento (54) de um conjunto de filtro de líquido (51), o cartucho de filtro de líquido (1) compreendendo:

(a) primeira e segunda tampas de extremidade opostas (77, 78);

(i) pelo menos a primeira tampa de extremidade (77) possuindo uma primeira abertura central (77b) através da mesma;

(b) uma extensão de meio de filtro (75) presa ao mesmo, e se estendendo entre as primeira e segunda tampas de extremidade (77, 78);

(i) a extensão do meio de filtro (75) definindo um volume central aberto em comunicação de fluxo de fluido com a abertura central;

(ii) o meio (75) compreendendo um total de pelo menos 20 pregas; e

(c) um primeiro arranjo de vedação (82) na primeira tampa de extremidade (77) posicionada em um local para prover um diâmetro de vedação maior (DsA) do que um diâmetro da primeira abertura central (77b); o primeiro arranjo de vedação compreendendo uma vedação radialmente direcionada (511);

**25        CARACTERIZADO** pelo fato de que:

(i) DsA está dentro da faixa de 0,92 a 1,08 DbA, inclusive, em que:

(A) DbA é um diâmetro no qual não resulta

força de superfície axial líquida na primeira tampa de extremidade (77) A em direção ou para longe da segunda tampa de extremidade (78), em uso; a força axial líquida sendo a força axial líquida operando na primeira tampa de extremidade (77), devido às pressões de líquido contra as superfícies opostas fora e dentro do mesmo.

2. Cartucho de filtro de líquido (1), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

(a) DsA está dentro da faixa de 0,95 a 1,05 DbA, inclusive.

3. Cartucho de filtro de líquido, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

(a) a primeira tampa de extremidade (77) é uma tampa de extremidade aberta; e

(b) a segunda tampa de extremidade (78) é uma tampa de extremidade aberta possuindo uma segunda abertura central através da mesma (78b).

4. Cartucho de filtro (1), de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

(a) o cartucho (1) inclui um segundo arranjo de vedação (83) em uma segunda tampa de extremidade (78) posicionada para prover um diâmetro de vedação (DsB) igual ou maior que um diâmetro da segunda abertura central;

(i) DsB sendo na faixa de 0,85 - 1,15 DbB, inclusive, em que:

(A) DbB é um diâmetro no qual não resulta força axial na segunda tampa de extremidade a favor e contra a



primeira tampa de extremidade (77), em uso.

5. Cartucho de filtro de líquido (1), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

(a) DsB é na faixa de 0,9 - 1,1 DbB, inclusive.

5 6. Cartucho de filtro de líquido (1), de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que:

(a) DsB é na faixa de 0,95 - 1,05 DbB, inclusive.

7. Cartucho de filtro de líquido (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 6, **CARACTERIZADO**  
10 pelo fato de que:

(a) o segundo arranjo de vedação (83) compreende um segundo suporte de vedação direcionado axialmente para fora possuindo um elemento de vedação nele.

8. Conjunto de filtro de líquido (51),  
15 **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

(a) um alojamento (54); e

(b) um cartucho de filtro (1) do tipo definido em qualquer uma das reivindicações 1 e 2 a 7 posicionado de modo operacional dentro do alojamento (54).

FIG. 1

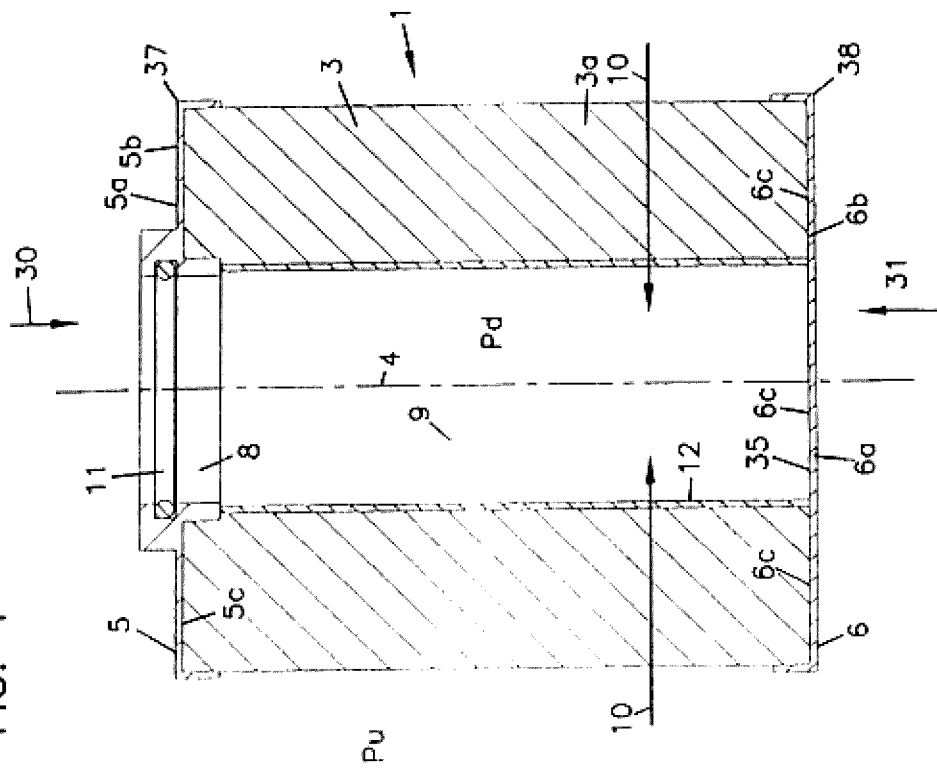
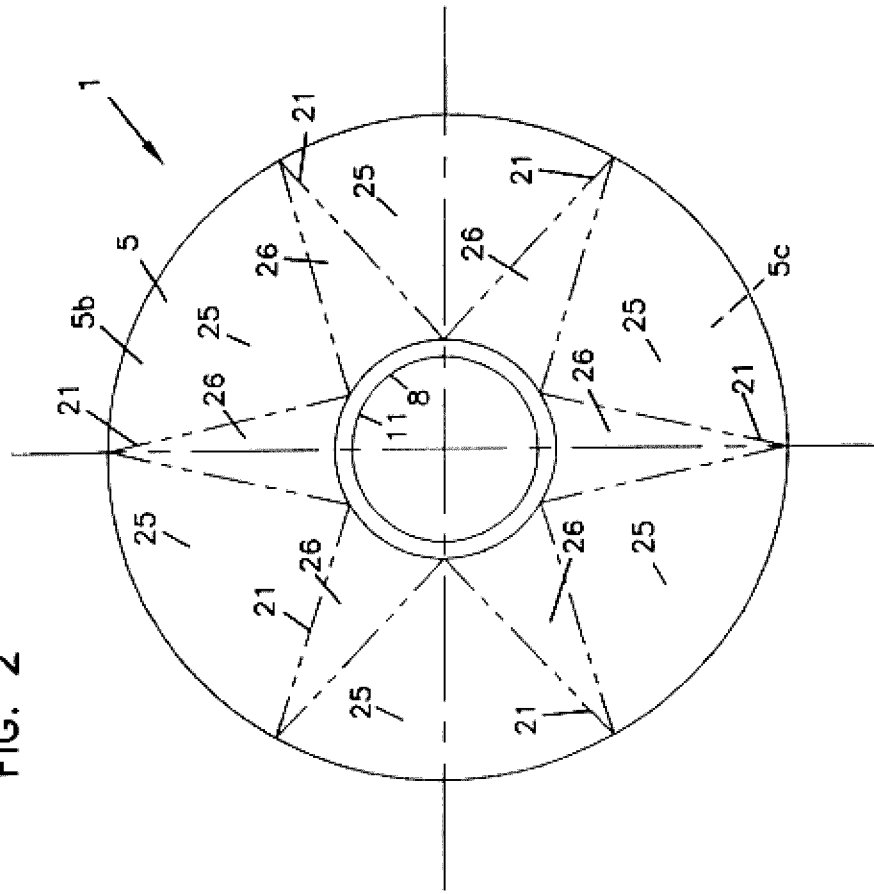


FIG. 2



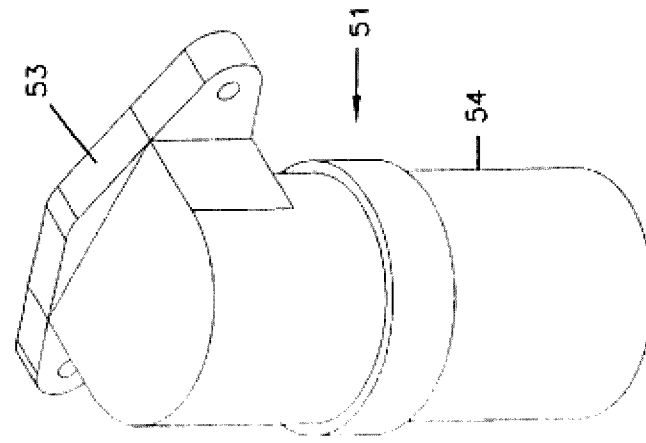
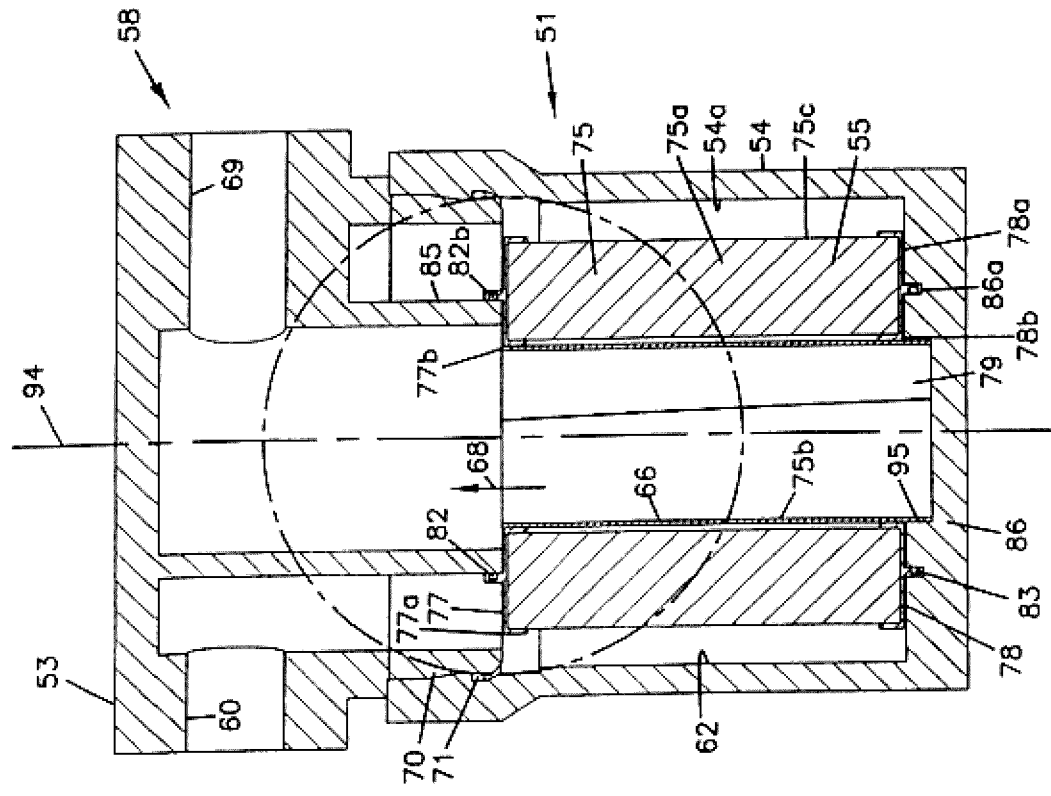
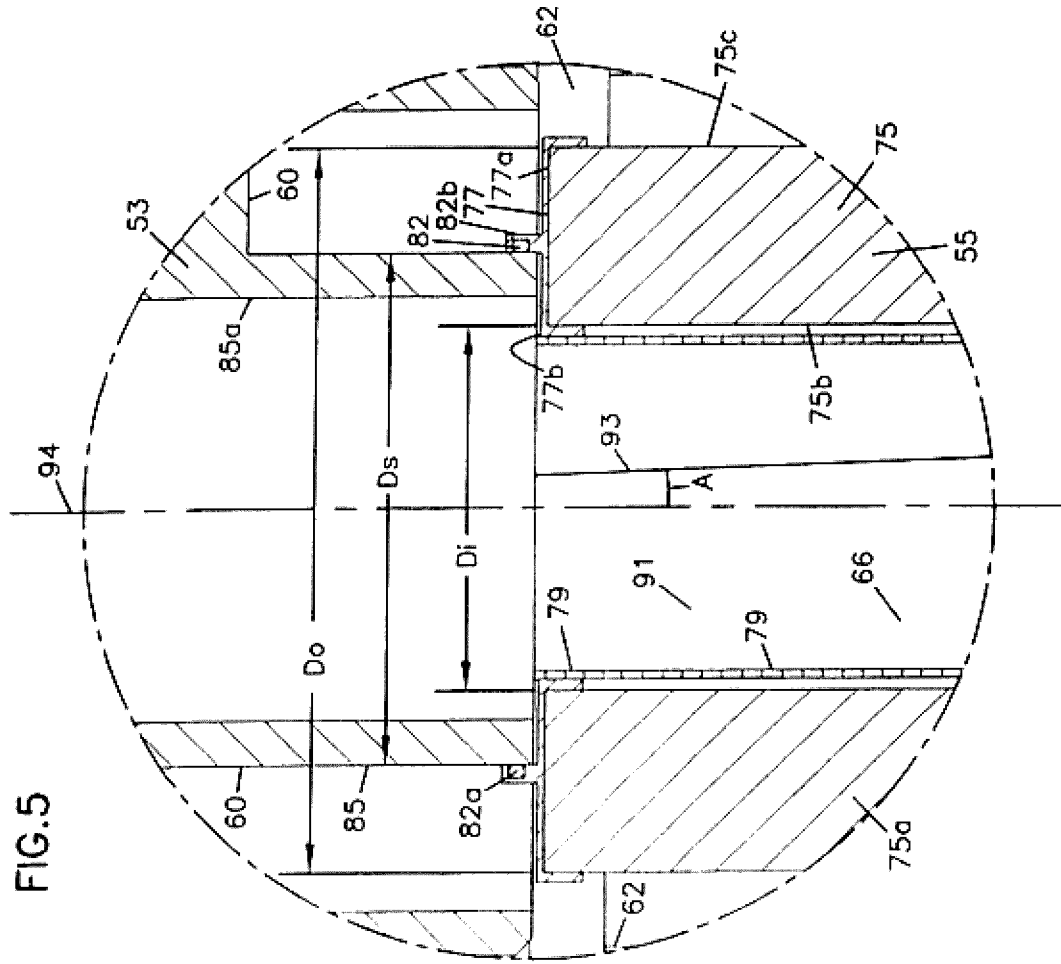


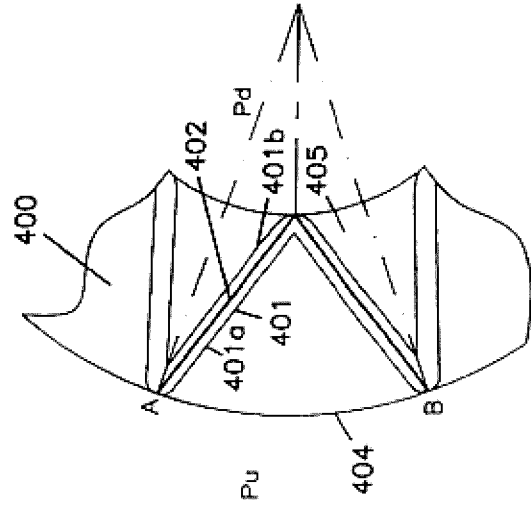
FIG. 3

FIG. 4





**FIG. 6**



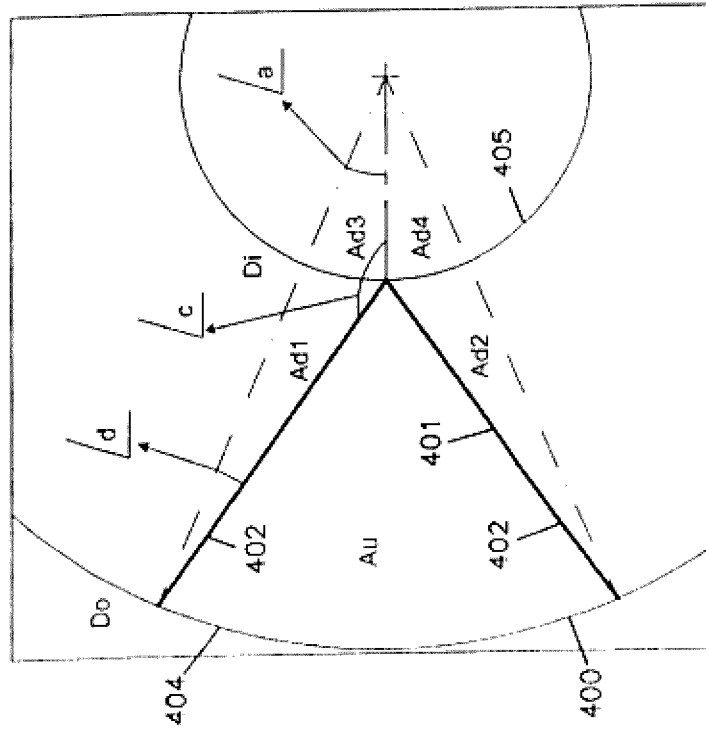


FIG. 7

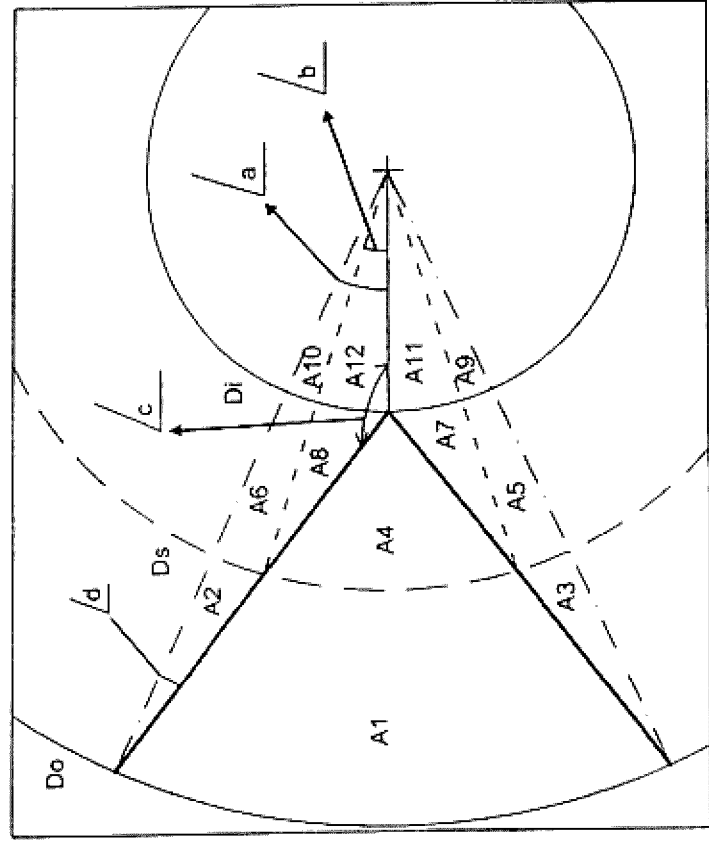


FIG. 8

FIG. 10

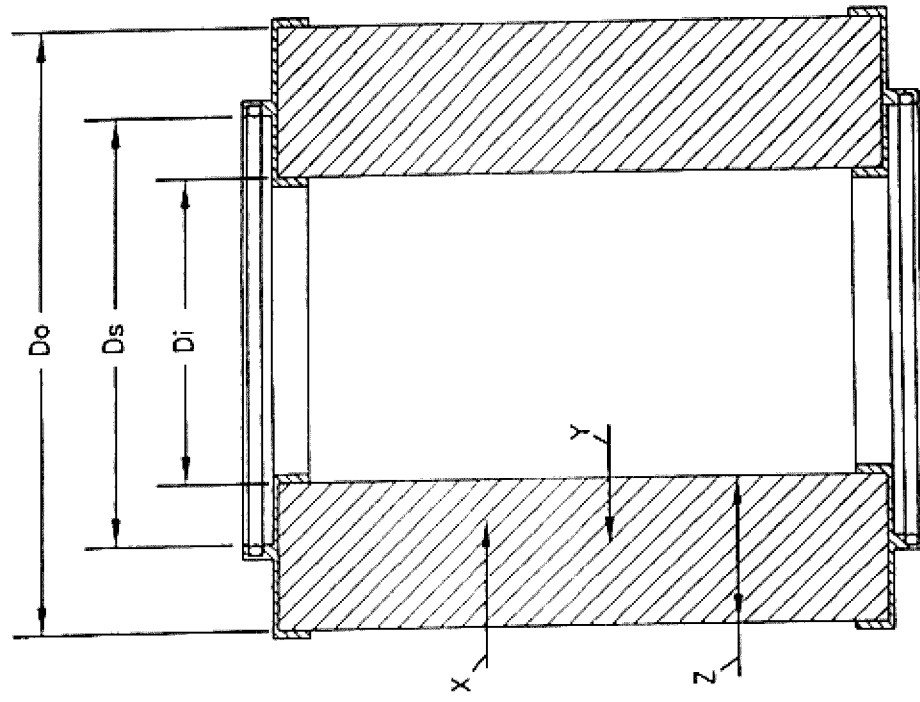
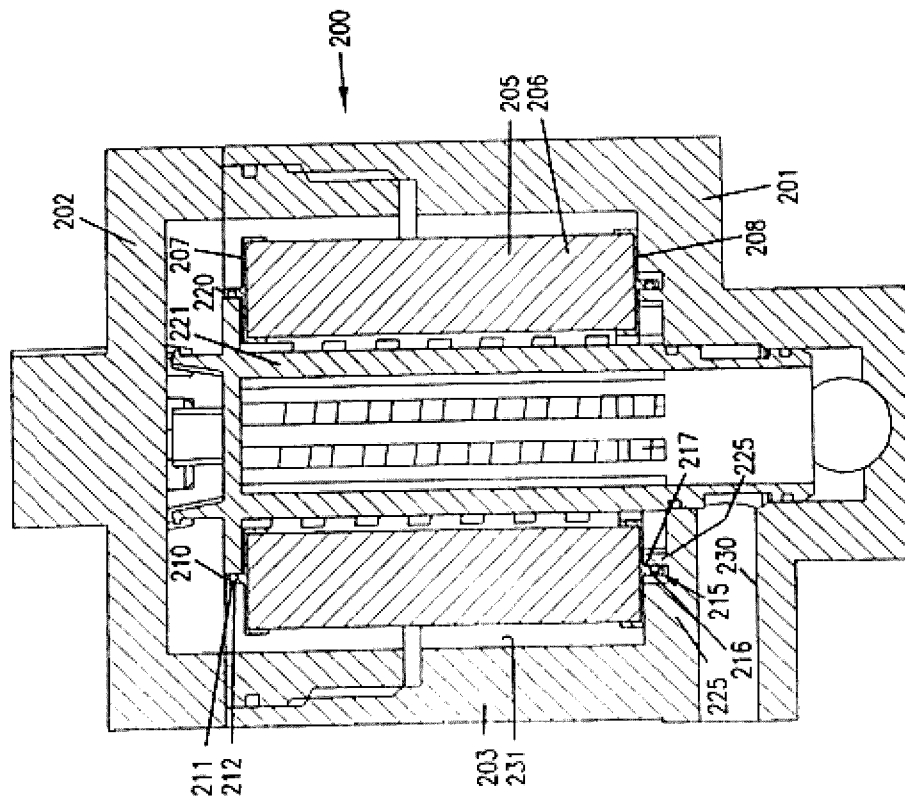


FIG. 9



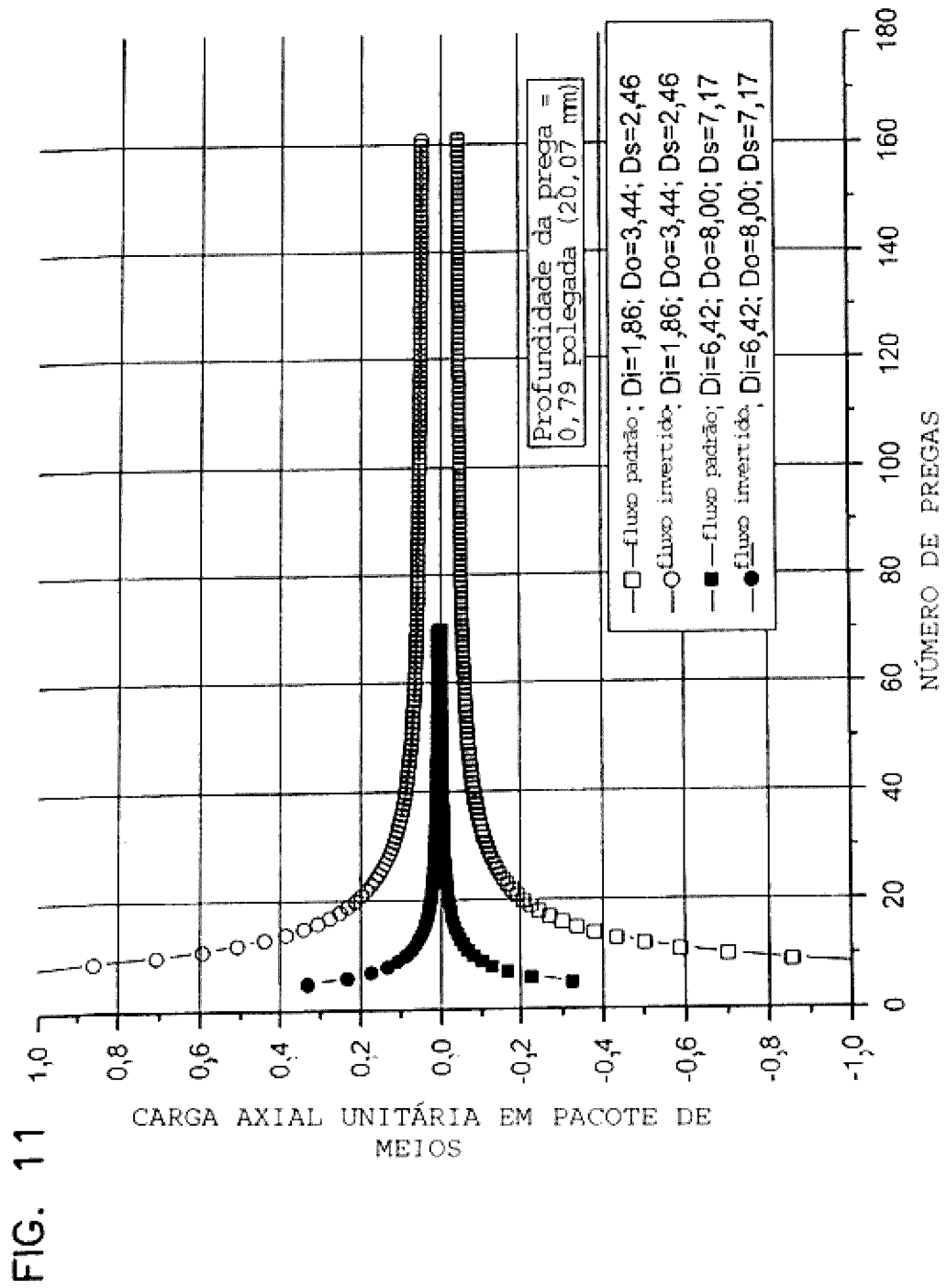


FIG. 12

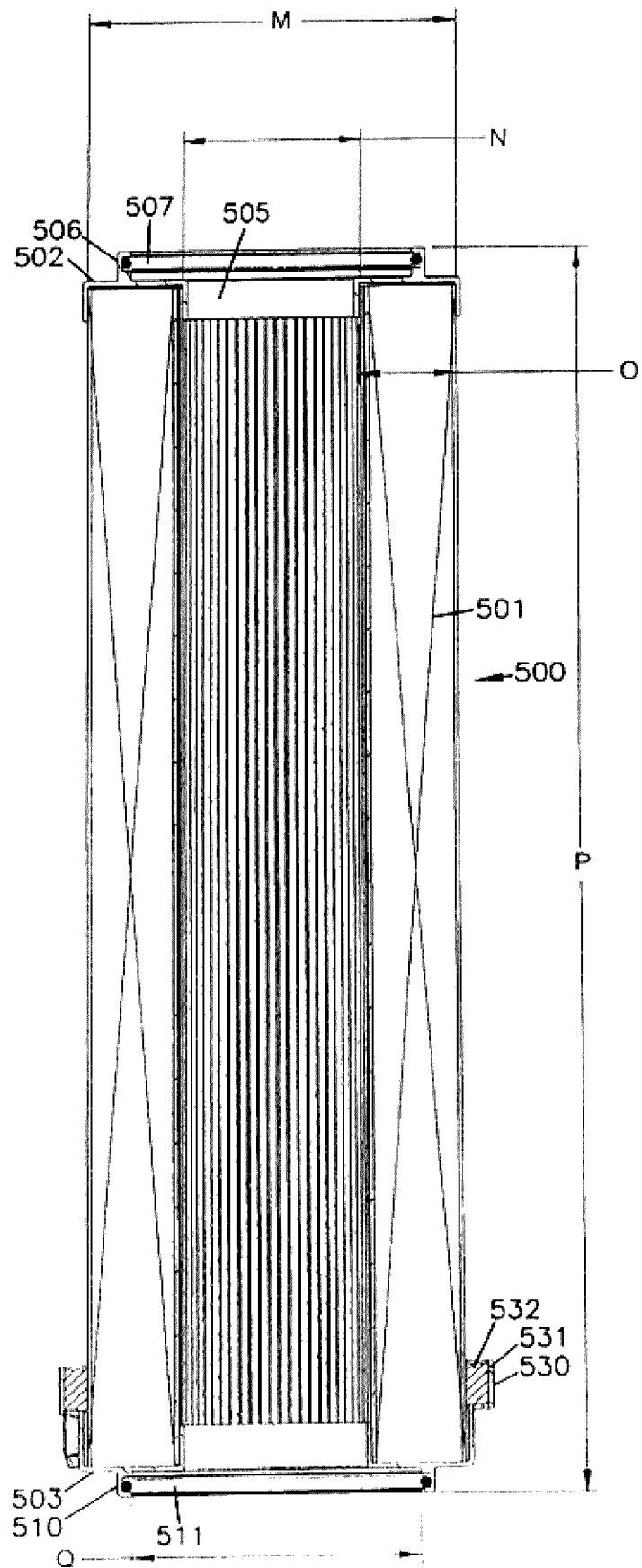




FIG. 13

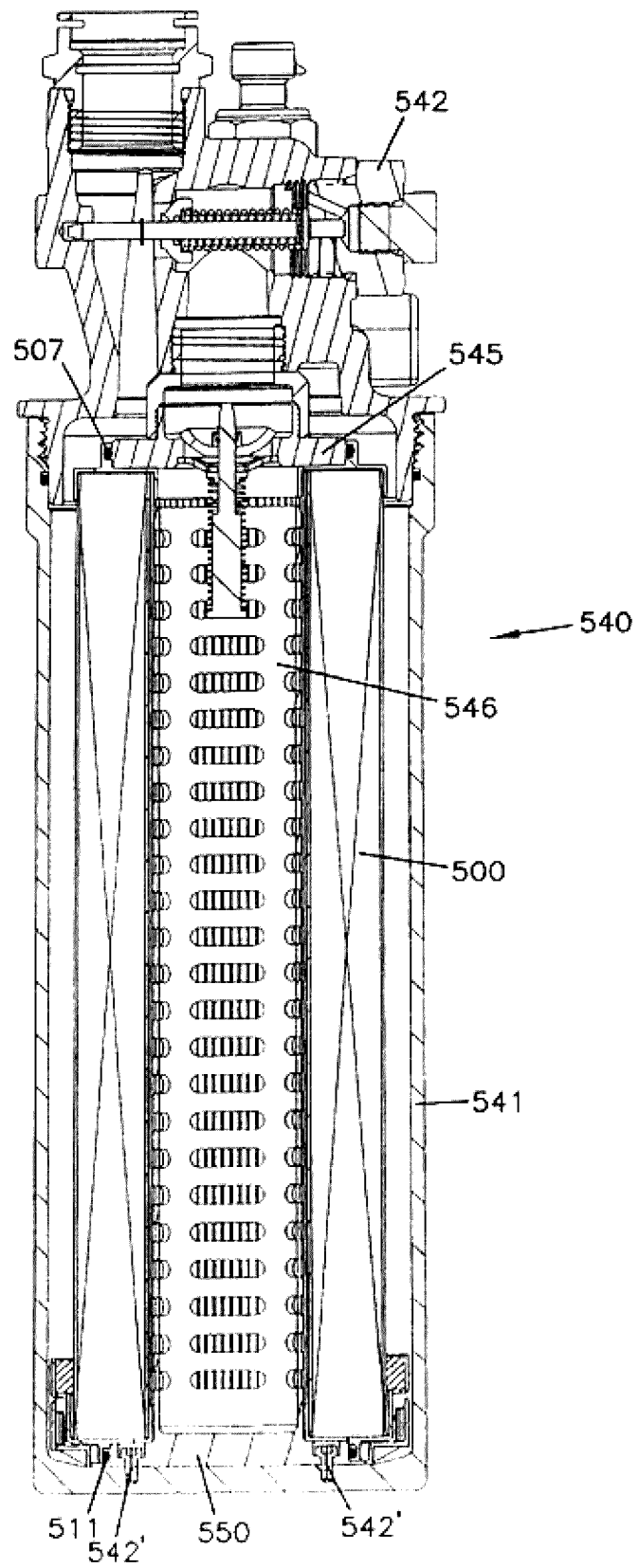


FIG. 14

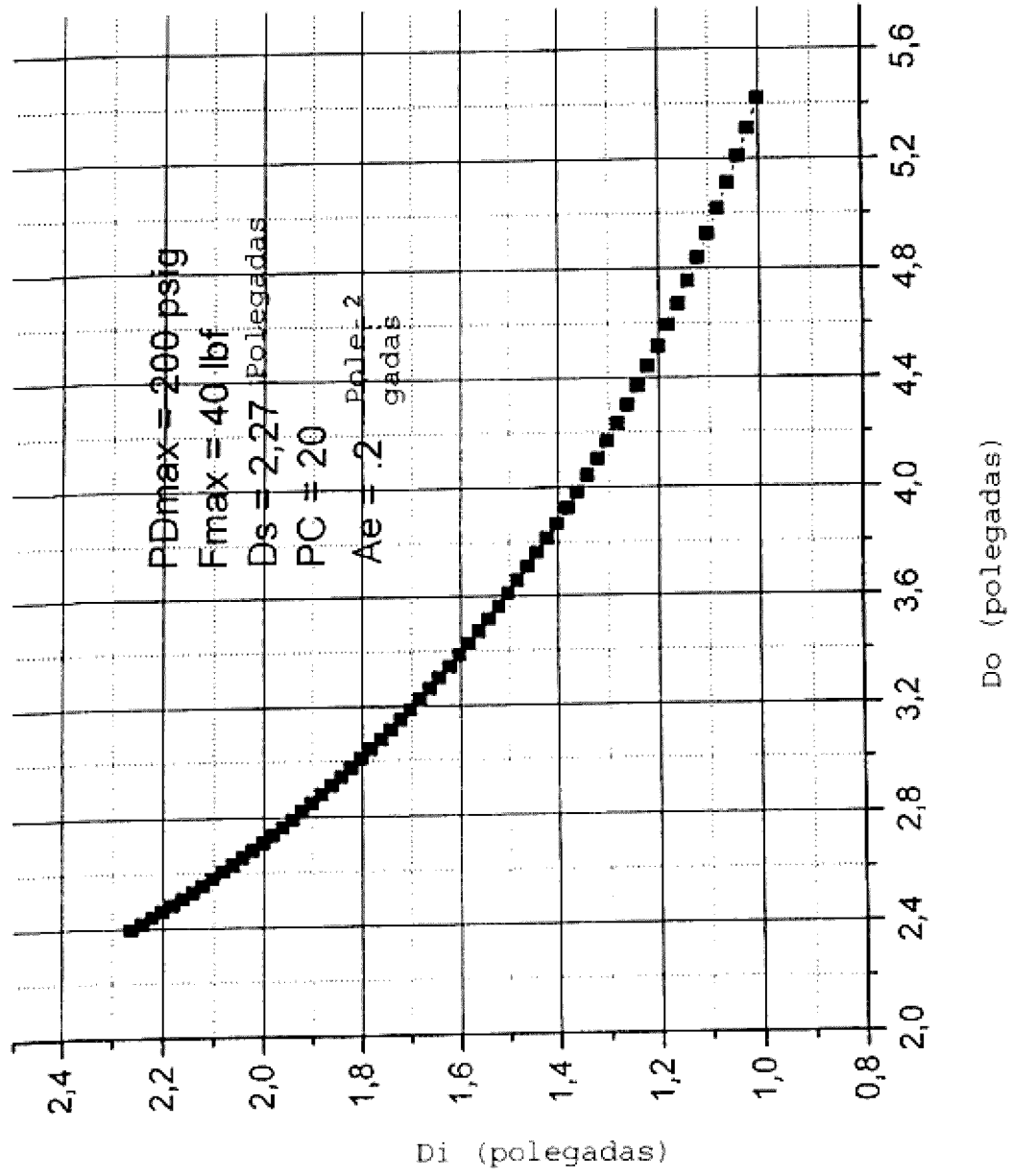


FIG. 15

<div><math display="block">Ae = \text{number of pleats} \cdot Di/4 \cdot Do \cdot \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}) \cdot \pi/4 \cdot Ds^2</math><math display="block">Ds = ((\text{number of pleats} \cdot Di/4 \cdot Do \cdot \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}) - Ae \cdot \pi/4) \cdot 5</math><math display="block">Di = (4 \cdot Ae + \pi \cdot Ds^2)/(\text{number of pleats} \cdot Do \cdot \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}))</math><math display="block">Do = (Ae + \pi/4 \cdot Ds^2)/(\text{number of pleats} \cdot Di/4 \cdot \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}))</math></div>									
<div><math display="block">Ds = (Do \times Di \times \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}) \times \text{number of pleats} / \pi) \cdot 5</math><math display="block">Di = (4 \cdot Ae + \pi \cdot Ds^2)/(\text{number of pleats} \cdot Do \cdot \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}))</math><math display="block">Do = (Ae + \pi/4 \cdot Ds^2)/(\text{number of pleats} \cdot Di/4 \cdot \sin(180 \text{degrees}/\text{number of pleats}))</math></div>									

FIG. 16

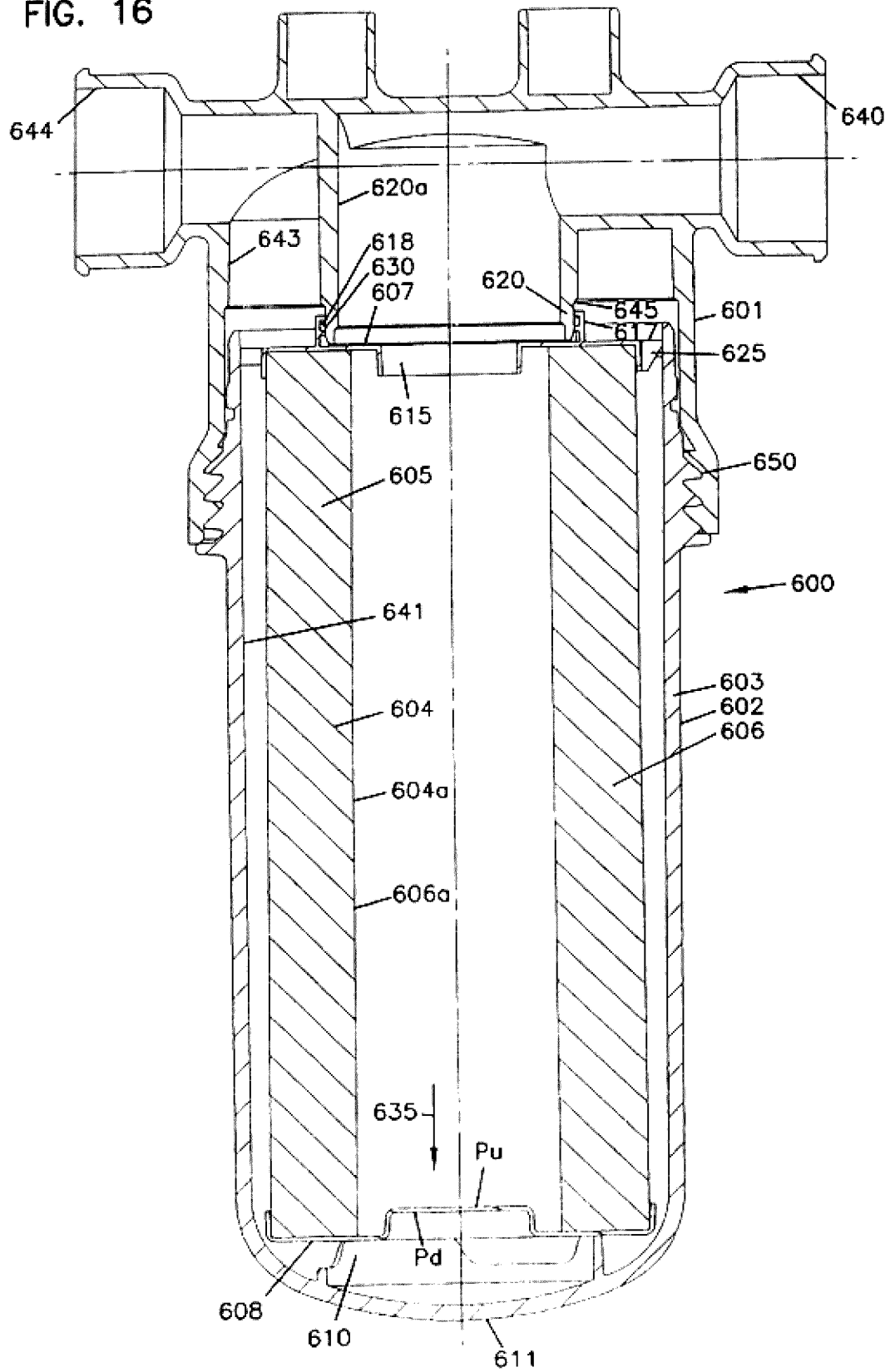


FIG. 17

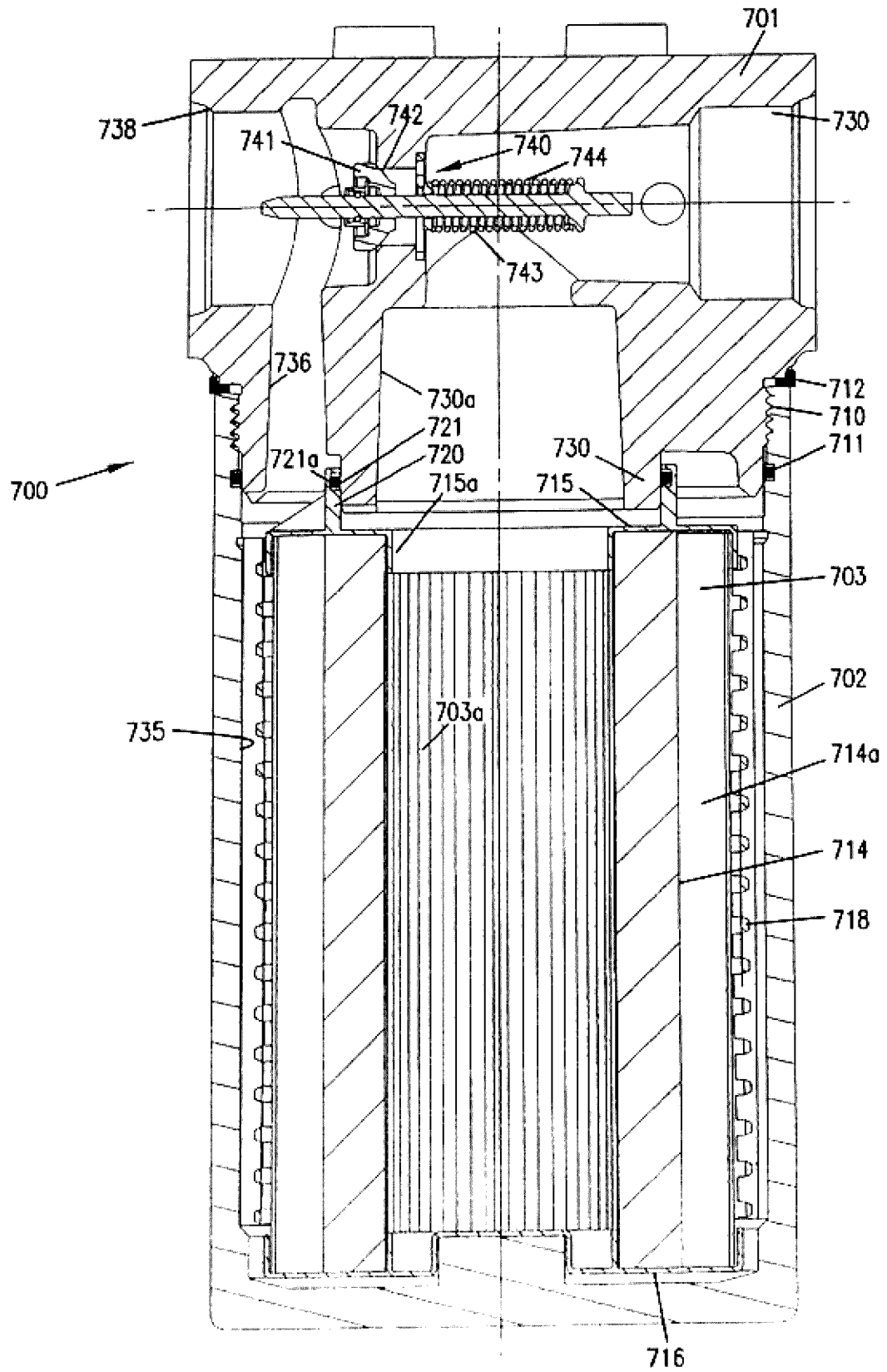




FIG.19

GRUPO 1 / 12% DE FOLGA / NOVO DESENHO Vx CARTUCHO PADRÃO COM VEDAÇÃO EM I.D.																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Do	Do	PIT DEPTH	PIT CNT	GAP	Ds=Db (CALCULATED)	Do MIN	Do MIN AS A % OF DB	Do MAX	Do MAX AS A2 OF DB	DI MIN	DI MIN AS A % OF DB	DI MAX	DI MAX AS A2 OF DB	Asid(Ds=DI, DO, DI) SEAL ON ID	Ac(Ds-CALC, DO-MIN, DI-MIN)	Ds1-Ds AS A FUNCTION OF DO-MIN & DI-MIN	Ds1 AS A % OF DB	Ac(Ds-CALC, DO-MIN, DI-MIN)	Ds1-Ds AS A FUNCTION OF DO-MAX & DI-MIN	Ds1 AS A % OF DB	Ac(Ds-CALC, DO-MAX, DI-MIN)	Ds1-Ds AS A FUNCTION OF DO-MAX & DI-MIN	Ds1 AS A % OF DB	Ac(Ds-CALC, DO-MAX, DI-MAX)	Ds1-Ds AS A FUNCTION OF DO-MAX & DI-MAX	Ds1 AS A % OF DB	Ac(Ds-CALC, DO-MIN, DI-MIN)	Ac(Ds-CALC, DO-MAX, DI-MIN)	Ac(Ds-CALC, DO-MAX, DI-MAX)	Ac(Ds-CALC, DO-MAX, DI-MAX)	
2,5	1,25	0,63	20	12%	1,76	2,20	1,25	2,80	1,59	1,10	0,62	1,40	0,79	1,22	-0,55	1,55	0,880	-0,04	1,75	0,993	-0,04	1,82	0,993	0,62	1,96	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
2,6	1,3	0,65	20	12%	1,83	2,29	1,25	2,91	1,59	1,14	0,62	1,46	0,79	1,32	-0,60	1,61	0,880	-0,04	1,82	0,993	-0,04	1,82	0,993	0,67	2,05	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
2,7	1,35	0,68	20	12%	1,91	2,38	1,25	3,02	1,59	1,19	0,62	1,51	0,79	1,42	-0,64	1,68	0,880	-0,04	1,89	0,993	-0,04	1,89	0,993	0,73	2,13	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
2,8	1,4	0,7	20	12%	1,98	2,46	1,25	3,14	1,59	1,23	0,62	1,57	0,79	1,53	-0,69	1,74	0,880	-0,04	1,96	0,993	-0,04	1,96	0,993	0,78	2,21	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
2,9	1,45	0,73	20	12%	2,05	2,53	1,25	3,25	1,59	1,28	0,62	1,62	0,79	1,64	-0,74	1,80	0,880	-0,05	2,03	0,993	-0,05	2,03	0,993	0,84	2,29	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
3	1,5	0,75	20	12%	2,12	2,64	1,25	3,36	1,59	1,32	0,62	1,68	0,79	1,75	-0,79	1,86	0,880	-0,05	2,10	0,993	-0,05	2,10	0,993	0,90	2,37	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
3,1	1,55	0,78	20	12%	2,19	2,73	1,25	3,47	1,59	1,36	0,62	1,74	0,79	1,87	-0,85	1,93	0,880	-0,05	2,17	0,993	-0,05	2,17	0,993	0,96	2,45	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
3,2	1,6	0,8	20	12%	2,26	2,82	1,25	3,58	1,59	1,41	0,62	1,79	0,79	1,99	-0,90	1,99	0,880	-0,06	2,24	0,993	-0,06	2,24	0,993	1,02	2,53	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
3,3	1,65	0,83	20	12%	2,33	2,90	1,25	3,70	1,59	1,45	0,62	1,85	0,79	2,12	-0,96	2,05	0,880	-0,06	2,31	0,993	-0,06	2,31	0,993	1,08	2,61	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
3,4	1,7	0,85	20	12%	2,40	2,99	1,25	3,81	1,59	1,50	0,62	1,90	0,79	2,23	-1,02	2,11	0,880	-0,07	2,38	0,993	-0,07	2,38	0,993	1,15	2,69	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
3,5	1,75	0,88	20	12%	2,47	3,08	1,25	3,92	1,59	1,54	0,62	1,96	0,79	2,39	-1,08	2,17	0,880	-0,07	2,45	0,993	-0,07	2,45	0,993	1,22	2,77	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
3,6	1,8	0,9	20	12%	2,54	3,17	1,25	4,03	1,59	1,58	0,62	2,02	0,79	2,52	-1,14	2,24	0,880	-0,07	2,52	0,993	-0,07	2,52	0,993	1,29	2,85	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
3,7	1,85	0,93	20	12%	2,61	3,26	1,25	4,14	1,59	1,63	0,62	2,07	0,79	2,67	-1,21	2,30	0,880	-0,08	2,59	0,993	-0,08	2,59	0,993	1,36	2,92	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
3,8	1,9	0,95	20	12%	2,68	3,34	1,25	4,26	1,59	1,67	0,62	2,13	0,79	2,81	-1,27	2,36	0,880	-0,08	2,66	0,993	-0,08	2,66	0,993	1,44	3,00	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
3,9	1,95	0,98	20	12%	2,75	3,43	1,25	4,37	1,59	1,72	0,62	2,18	0,79	2,96	-1,34	2,42	0,880	-0,09	2,73	0,993	-0,09	2,73	0,993	1,51	3,08	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
4	2	1	20	12%	2,82	3,52	1,25	4,48	1,59	1,76	0,62	2,24	0,79	3,12	-1,41	2,48	0,880	-0,09	2,80	0,993	-0,09	2,80	0,993	1,59	3,16	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
4,1	2,05	1,03	20	12%	2,89	3,61	1,25	4,59	1,59	1,80	0,62	2,30	0,79	3,27	-1,48	2,55	0,880	-0,09	2,87	0,993	-0,09	2,87	0,993	1,67	3,24	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
4,2	2,1	1,05	20	12%	2,96	3,70	1,25	4,70	1,59	1,85	0,62	2,35	0,79	3,44	-1,56	2,61	0,880	-0,10	2,94	0,993	-0,10	2,94	0,993	1,76	3,32	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
4,3	2,15	1,08	20	12%	3,03	3,78	1,25	4,82	1,59	1,89	0,62	2,41	0,79	3,60	-1,63	2,67	0,880	-0,10	3,01	0,993	-0,10	3,01	0,993	1,84	3,40	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
4,4	2,2	1,1	20	12%	3,10	3,87	1,25	4,93	1,59	1,94	0,62	2,46	0,79	3,77	-1,71	2,73	0,880	-0,11	3,08	0,993	-0,11	3,08	0,993	1,93	3,48	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
4,5	2,25	1,13	20	12%	3,18	3,96	1,25	5,04	1,59	1,98	0,62	2,52	0,79	3,94	-1,79	2,79	0,880	-0,11	3,15	0,993	-0,11	3,15	0,993	2,01	3,56	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
4,6	2,3	1,15	20	12%	3,25	4,05	1,25	5,15	1,59	2,02	0,62	2,58	0,79	4,12	-1,87	2,86	0,880	-0,12	3,22	0,993	-0,12	3,22	0,993	2,11	3,64	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
4,7	2,35	1,18	20	12%	3,32	4,14	1,25	5,26	1,59	2,07	0,62	2,63	0,79	4,30	-1,95	2,92	0,880	-0,12	3,29	0,993	-0,12	3,29	0,993	2,20	3,71	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
4,8	2,4	1,2	20	12%	3,39	4,22	1,25	5,38	1,59	2,10	0,62	2,69	0,79	4,49	-2,03	2,98	0,880	-0,13	3,36	0,993	-0,13	3,36	0,993	2,29	3,79	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
4,9	2,45	1,23	20	12%	3,46	4,31	1,25	5,49	1,59	2,15	0,62	2,74	0,79	4,68	-2,12	3,04	0,880	-0,14	3,43	0,993	-0,14	3,43	0,993	2,39	3,87	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
5	2,5	1,25	20	12%	3,53	4,40	1,25	5,60	1,59	2,20	0,62	2,80	0,79	4,87	-2,21	3,10	0,880	-0,15	3,50	0,993	-0,15	3,50	0,993	2,49	3,95	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
5,1	2,55	1,28	20	12%	3,60	4,49	1,25	5,71	1,59	2,25	0,62	2,86	0,79	5,07	-2,29	3,17	0,880	-0,16	3,57	0,993	-0,16	3,57	0,993	2,59	4,03	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)
5,2	2,6	1,3	20	12%	3,67	4,58	1,25	5,82	1,59	2,29	0,62	2,91	0,79	5,27	-2,39	3,23	0,880	-0,16	3,64	0,993	-0,16	3,64	0,993	2,69	4,11	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MAX)
5,3	2,65	1,33	20	12%	3,74	4,66	1,25	5,94	1,59	2,33	0,62	2,97	0,79	5,47	-2,48	3,29	0,880	-0,16	3,71	0,993	-0,16	3,71	0,993	2,79	4,19	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MIN, DI-MIN)
5,4	2,7	1,35	20	12%	3,81	4,75	1,25	6,05	1,59	2,38	0,62	3,02	0,79	5,68	-2,57	3,35	0,880	-0,17	3,78	0,993	-0,17	3,78	0,993	2,90	4,27	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MAX)
5,5	2,75	1,38	20	12%	3,88	4,84	1,25	6,16	1,59	2,42	0,62	3,08	0,79	5,89	-2,67	3,42	0,880	-0,17	3,85	0,993	-0,17	3,85	0,993	3,01	4,35	1,120	0,45	0,03	0,03	0,51	Ac(Ds=Do, DO-MAX, DI-MIN)

FIG.20

GRUPO 1 / 22% DE FOLGA / NOVO DESENHO VX CARTUCHO PADRÃO COM VEDAÇÃO EM I.D.																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Do	2,5	1,25	0,63	20	222	1,76	1,95	1,11	3,05	1,73	0,98	0,55	1,53	0,66	1,22	0,96	1,38	0,780	-0,121	0,72	0,975	-0,121	0,72	0,975	1,19	2,15	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	2,6	1,3	0,65	20	222	1,83	2,03	1,11	3,17	1,73	1,01	0,55	1,59	0,66	1,32	1,04	1,43	0,780	-0,131	0,79	0,975	-0,131	0,79	0,975	1,29	2,24	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	2,7	1,35	0,68	20	222	1,91	2,11	1,11	3,29	1,73	1,05	0,55	1,65	0,66	1,42	1,21	1,49	0,780	-0,141	0,86	0,975	-0,141	0,86	0,975	1,39	2,32	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	2,8	1,4	0,7	20	222	1,98	2,18	1,11	3,42	1,73	1,09	0,55	1,71	0,66	1,53	1,29	1,54	0,780	-0,151	0,93	0,975	-0,151	0,93	0,975	1,50	2,41	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	2,9	1,45	0,73	20	222	2,05	2,26	1,11	3,54	1,73	1,13	0,55	1,77	0,66	1,64	1,29	1,60	0,780	-0,162	0,97	0,975	-0,162	0,97	0,975	1,61	2,50	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3	1,5	0,75	20	222	2,12	2,34	1,11	3,66	1,73	1,17	0,55	1,83	0,66	1,75	1,38	1,65	0,780	-0,172	0,97	0,975	-0,172	0,97	0,975	1,72	2,58	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,1	1,55	0,78	20	222	2,19	2,42	1,11	3,78	1,73	1,21	0,55	1,89	0,66	1,87	1,47	1,71	0,780	-0,182	1,13	0,975	-0,182	1,13	0,975	1,84	2,67	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,2	1,6	0,8	20	222	2,26	2,50	1,11	3,90	1,73	1,25	0,55	1,95	0,66	1,99	1,57	1,76	0,780	-0,192	2,20	0,975	-0,192	2,20	0,975	1,96	2,75	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,3	1,65	0,83	20	222	2,33	2,57	1,11	4,03	1,73	1,29	0,55	2,01	0,66	2,12	1,67	1,82	0,780	-0,212	2,27	0,975	-0,212	2,27	0,975	2,08	2,84	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,4	1,7	0,85	20	222	2,40	2,65	1,11	4,15	1,73	1,33	0,55	2,07	0,66	2,25	1,77	1,87	0,780	-0,222	3,34	0,975	-0,222	3,34	0,975	2,21	2,93	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,5	1,75	0,88	20	222	2,47	2,73	1,11	4,27	1,73	1,37	0,55	2,14	0,66	2,39	1,88	1,93	0,780	-0,232	4,41	0,975	-0,232	4,41	0,975	2,34	3,01	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,6	1,8	0,9	20	222	2,54	2,81	1,11	4,39	1,73	1,40	0,55	2,20	0,66	2,52	1,98	1,98	0,780	-0,252	4,48	0,975	-0,252	4,48	0,975	2,48	3,10	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,7	1,85	0,93	20	222	2,61	2,89	1,11	4,51	1,73	1,44	0,55	2,26	0,66	2,67	2,10	2,04	0,780	-0,262	5,55	0,975	-0,262	5,55	0,975	2,61	3,19	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,8	1,9	0,95	20	222	2,68	2,96	1,11	4,64	1,73	1,48	0,55	2,32	0,66	2,81	2,21	2,09	0,780	-0,272	6,62	0,975	-0,272	6,62	0,975	2,76	3,27	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	3,9	1,95	0,98	20	222	2,75	3,04	1,11	4,76	1,73	1,52	0,55	2,38	0,66	2,96	2,32	2,15	0,780	-0,292	6,68	0,975	-0,292	6,68	0,975	2,91	3,36	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4	2	1	20	222	2,82	3,12	1,11	4,88	1,73	1,56	0,55	2,44	0,66	3,12	2,45	2,20	0,780	-0,302	7,75	0,975	-0,302	7,75	0,975	3,06	3,44	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,1	2,05	1,03	20	222	2,89	3,20	1,11	5,00	1,73	1,60	0,55	2,50	0,66	3,27	2,57	2,26	0,780	-0,322	8,82	0,975	-0,322	8,82	0,975	3,21	3,53	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,2	2,1	1,05	20	222	2,98	3,28	1,11	5,12	1,73	1,64	0,55	2,56	0,66	3,44	2,69	2,37	0,780	-0,332	9,89	0,975	-0,332	9,89	0,975	3,36	3,62	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,3	2,15	1,08	20	222	3,03	3,35	1,11	5,25	1,73	1,68	0,55	2,62	0,66	3,60	2,83	2,37	0,780	-0,352	9,96	0,975	-0,352	9,96	0,975	3,53	3,70	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,4	2,2	1,1	20	222	3,10	3,43	1,11	5,37	1,73	1,72	0,55	2,68	0,66	3,77	2,96	2,42	0,780	-0,373	10,03	0,975	-0,373	10,03	0,975	3,70	3,79	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,5	2,25	1,13	20	222	3,18	3,51	1,11	5,49	1,73	1,76	0,55	2,75	0,66	3,94	3,10	2,48	0,780	-0,383	10,10	0,975	-0,383	10,10	0,975	3,87	3,87	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,6	2,3	1,15	20	222	3,25	3,59	1,11	5,61	1,73	1,79	0,55	2,81	0,66	4,12	3,24	2,53	0,780	-0,403	10,17	0,975	-0,403	10,17	0,975	4,04	3,96	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,7	2,35	1,18	20	222	3,32	3,67	1,11	5,73	1,73	1,83	0,55	2,87	0,66	4,30	3,38	2,59	0,780	-0,423	10,24	0,975	-0,423	10,24	0,975	4,22	4,05	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,8	2,4	1,2	20	222	3,39	3,74	1,11	5,86	1,73	1,87	0,55	2,93	0,66	4,49	3,53	2,64	0,780	-0,443	10,30	0,975	-0,443	10,30	0,975	4,40	4,13	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	4,9	2,45	1,23	20	222	3,46	3,82	1,11	5,96	1,73	1,91	0,55	2,99	0,66	4,68	3,68	2,70	0,780	-0,453	10,37	0,975	-0,453	10,37	0,975	4,59	4,22	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	5	2,5	1,25	20	222	3,53	3,90	1,11	6,10	1,73	1,95	0,55	3,05	0,66	4,87	3,83	2,75	0,780	-0,473	10,44	0,975	-0,473	10,44	0,975	4,78	4,30	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	5,1	2,55	1,28	20	222	3,60	3,98	1,11	6,22	1,73	1,99	0,55	3,11	0,66	5,07	3,98	2,81	0,780	-0,493	10,51	0,975	-0,493	10,51	0,975	4,97	4,39	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	5,2	2,6	1,3	20	222	3,67	4,06	1,11	6,34	1,73	2,03	0,55	3,17	0,66	5,27	4,14	2,86	0,780	-0,513	10,58	0,975	-0,513	10,58	0,975	5,16	4,48	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	5,3	2,65	1,33	20	222	3,74	4,13	1,11	6,47	1,73	2,07	0,55	3,23	0,66	5,47	4,30	2,92	0,780	-0,533	10,65	0,975	-0,533	10,65	0,975	5,37	4,56	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	5,4	2,7	1,35	20	222	3,81	4,21	1,11	6,59	1,73	2,11	0,55	3,29	0,66	5,68	4,47	2,97	0,780	-0,553	10,72	0,975	-0,553	10,72	0,975	5,57	4,65	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98
Do	5,5	2,75	1,38	20	222	3,88	4,29	1,11	6,71	1,73	2,15	0,55	3,36	0,66	5,89	4,63	3,03	0,780	-0,573	10,79	0,975	-0,573	10,79	0,975	5,78	4,73	1,220	0,79	0,10	0,100	0,98





[illegible]



FIG.24

GRUPO 3 / 7% DE FOLGA / NOVO DESENHO VX CARTUCHO PADRÃO COM VEDAÇÃO EM I. D.																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Do	DI	PIT DEPTH	PIT CNT	GAP (% OF DO)	DS/CALC (ie Db)	DO MIN	DO MIN AS A % OF DS/CALC	DO MAX	DO MAX AS A% OF DS/CALC	DI MIN	DI MIN AS A % OF DS/CALC	DI MAX	DI MAX AS A% OF DS/CALC	AstD(Ds=DI, Do, DI)	Ae(Ds-CALC, Do-MIN, DI-MIN)	Do MIN & DI-MIN	DS1 AS A % OF Db	Ae(Ds-CALC, Do-MIN, DI-MAX)	DS1=DS AS A FUNTION OF DO MIN & DI-MAX	DS1 AS A % OF Db	Ae(Ds-CALC, Do-MAX, DI-MIN)	Do MAX & DI-MIN	DS1 AS A % OF Db	Ae(Ds-CALC, Do-MAX, DI-MAX)	DS1=DS AS A FUNTION OF DO-MAX & DI-MAX	DS1 AS A % OF DS CALC (ie % OF Db Col.6)	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MIN)	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MAX)	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)		
1.5	0.75	0.375	20	7.0%	1.06	1.40	1.32%	1.61	1.52%	0.70	65.9%	0.80	75.8%	0.438	-0.12	0.98	0.930	0.00	1.06	0.998	0.00	1.06	0.998	0.13	1.13	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)	
2	1.6	0.8	0.4	20	7.0%	1.13	1.49	1.32%	1.71	1.52%	0.74	65.9%	0.86	75.8%	0.499	-0.14	1.05	0.930	0.00	1.13	0.998	0.00	1.13	0.998	0.15	1.21	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)
3	1.7	0.85	0.425	20	7.0%	1.20	1.58	1.32%	1.82	1.52%	0.79	65.9%	0.91	75.8%	0.563	-0.15	1.12	0.930	-0.01	1.20	0.998	-0.01	1.20	0.998	0.16	1.28	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MAX)
4	1.8	0.9	0.45	20	7.0%	1.27	1.67	1.32%	1.93	1.52%	0.84	65.9%	0.96	75.8%	0.631	-0.17	1.18	0.930	-0.01	1.27	0.998	-0.01	1.27	0.998	0.16	1.36	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)
5	1.9	0.95	1.475	20	7.0%	1.34	1.77	1.32%	2.03	1.52%	0.88	65.9%	1.02	75.8%	0.703	-0.19	1.25	0.930	-0.01	1.34	0.998	-0.01	1.34	0.998	0.20	1.43	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)
6	2	1	0.5	20	7.0%	1.41	1.86	1.32%	2.14	1.52%	0.93	65.9%	1.07	75.8%	0.779	-0.21	1.31	0.930	-0.01	1.41	0.998	-0.01	1.41	0.998	0.23	1.51	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MIN)
7	2.1	1.05	0.525	20	7.0%	1.48	1.95	1.32%	2.25	1.52%	0.98	65.9%	1.12	75.8%	0.859	-0.23	1.36	0.930	-0.01	1.46	0.998	-0.01	1.46	0.998	0.25	1.59	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)
8	2.2	1.1	0.55	20	7.0%	1.55	2.05	1.32%	2.35	1.52%	1.02	65.9%	1.18	75.8%	0.943	-0.26	1.44	0.930	-0.01	1.55	0.998	-0.01	1.55	0.998	0.27	1.66	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)
9	2.3	1.15	0.575	20	7.0%	1.62	2.14	1.32%	2.46	1.52%	1.07	65.9%	1.23	75.8%	1.030	-0.28	1.51	0.930	-0.01	1.62	0.998	-0.01	1.62	0.998	0.30	1.74	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)
10	2.4	1.2	0.6	20	7.0%	1.69	2.23	1.32%	2.57	1.52%	1.12	65.9%	1.28	75.8%	1.122	-0.30	1.58	0.930	-0.01	1.69	0.998	-0.01	1.69	0.998	0.33	1.81	1.070	27.1%	1.0%	1.0%	29.1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)

FIG. 25

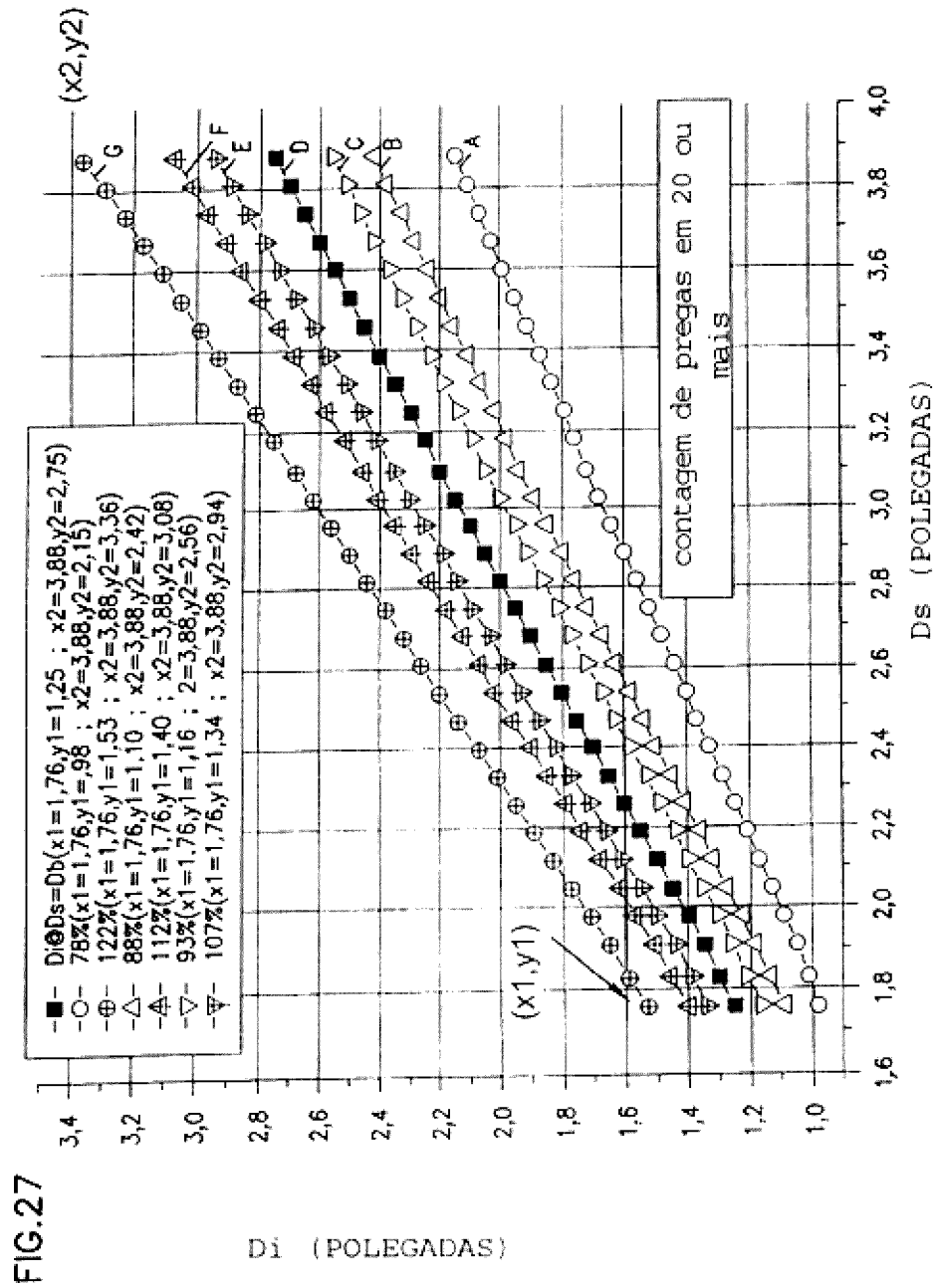
GRUPO 3 / 12% DE FOLGA / NOVO DESENHO VX CARTUCHO PADRÃO COM VEDAÇÃO EM I.D.																													
	Do	Dl	PIT DEPTH	PIT CNT	GAP (% OF Do)	Ds/CALC (ie Db)	Do MIN	Do MIN AS A % OF Ds/CALC	Do MAX	Do MAX AS A% OF Ds/CALC	DI MIN	DI MIN AS A % OF Ds/CALC	DI MAX	DI MAX AS A% OF Ds/CALC	AstD(Ds=DI, Do, DI)	Ae(Ds-CALC, Do-MIN, DI-MIN)	Ds1=Ds AS A FUNCTION OF Do-MIN & DI-MIN	Ds1 AS A % OF Db	Ae(Ds-CALC, Do-MIN, DI-MAX)	Ds1=Ds AS A FUNCTION OF Do-MIN & DI-MAX	Ds1 AS A % OF Db	Ae(Ds-CALC, Do-MAX, DI-MAX)	Ds1=Ds AS A FUNCTION OF Do-MAX & DI-MAX	Ds1 AS A % OF Ds CALC (ie % OF Db Col.6)	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MIN)	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MAX)	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)	% ASTD
1	1,5	0,75	0,375	20	12,0%	1,06	1,32	125%	1,68	159%	0,66	62,4%	0,84	79,4%	0,438	-0,20	0,93	0,880	-0,01	1,05	0,993	0,22	1,19	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)
2	1,6	0,8	0,4	20	12,0%	1,13	1,41	125%	1,79	159%	0,70	62,4%	0,90	79,4%	0,499	-0,23	0,99	0,880	-0,01	1,12	0,993	0,25	1,26	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)
3	1,7	0,85	0,425	20	12,0%	1,20	1,50	125%	1,90	159%	0,75	62,4%	0,95	79,4%	0,563	-0,25	1,06	0,880	-0,02	1,19	0,993	0,29	1,34	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)
4	1,8	0,9	0,45	20	12,0%	1,27	1,58	125%	2,02	159%	0,79	62,4%	1,01	79,4%	0,631	-0,29	1,12	0,880	-0,02	1,26	0,993	0,32	1,42	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MIN)
5	1,9	0,95	1,475	20	12,0%	1,34	1,67	125%	2,13	159%	0,84	62,4%	1,06	79,4%	0,703	-0,32	1,18	0,880	-0,02	1,33	0,993	0,36	1,50	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MAX)
6	2	1	0,5	20	12,0%	1,41	1,76	125%	2,24	159%	0,89	62,4%	1,12	79,4%	0,779	-0,35	1,24	0,880	-0,02	1,40	0,993	0,40	1,58	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)
7	2,1	1,05	0,525	20	12,0%	1,48	1,85	125%	2,35	159%	0,92	62,4%	1,18	79,4%	0,859	-0,39	1,30	0,880	-0,02	1,47	0,993	0,44	1,66	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MAX)
8	2,2	1,1	0,55	20	12,0%	1,55	1,94	125%	2,46	159%	0,97	62,4%	1,23	79,4%	0,943	-0,43	1,37	0,880	-0,03	1,54	0,993	0,48	1,74	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MIN)
9	2,3	1,15	0,575	20	12,0%	1,62	2,02	125%	2,58	159%	1,01	62,4%	1,29	79,4%	1,030	-0,47	1,43	0,880	-0,03	1,61	0,993	0,53	1,82	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MIN, DI-MAX)
10	2,4	1,2	0,6	20	12,0%	1,69	2,11	125%	2,69	159%	1,06	62,4%	1,34	79,4%	1,122	-0,51	1,49	0,880	-0,03	1,68	0,993	0,57	1,90	1,120	45,3%	2,9%	2,9%	51,1%	Ae(Ds=Db, DO-MAX, DI-MIN)

FIG.26

GRUPO 3 / 22% DE FOLGA / NOVO DESENHO VX CARTUCHO PADRÃO COM VEDAÇÃO EM I.D.																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Do	Di	PIT DEPTH	PIT CNT	GAP (% OF Do)	DS/CALC (ie Db)	Do MIN	Do MIN AS A % OF DS/CALC	Do MAX	Do MAX AS A% OF DS/CALC	DI MIN	DI MIN AS A % OF DS/CALC	DI MAX	DI MAX AS A% OF DS/CALC	AsId(Ds=Di, Do, Di)	Ae(Ds=Do, Di, Di, Di)	Ds1=Do AS A FUNCTION OF Do MIN & DI MIN	Ds1 AS A % OF Db	Ae(Ds=Do, Di, Di, Di)	Ds1=Do AS A FUNCTION OF Do MIN & DI MAX	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.5	0.75	0.375	20	22.0%	1.06	1.17	111%	1.83	173%	0.59	55.3%	0.92	86.4%	0.438	-0.340	0.830	0.780	-0.041	0.30	0.975
2	1.6	0.8	20	22.0%	1.13	1.25	111%	1.95	173%	0.62	55.3%	0.98	86.4%	0.499	-0.390	0.880	0.780	-0.051	0.30	0.975
3	1.7	0.85	20	22.0%	1.20	1.33	111%	2.07	173%	0.66	55.3%	1.04	86.4%	0.563	-0.440	0.940	0.780	-0.051	0.30	0.975
4	1.8	0.9	20	22.0%	1.27	1.40	111%	2.20	173%	0.70	55.3%	1.10	86.4%	0.631	-0.500	0.990	0.780	-0.061	0.30	0.975
5	1.9	0.95	20	22.0%	1.34	1.48	111%	2.32	173%	0.74	55.3%	1.16	86.4%	0.703	-0.551	1.050	0.780	-0.061	0.30	0.975
6	2	1	20	22.0%	1.41	1.56	111%	2.44	173%	0.78	55.3%	1.22	86.4%	0.779	-0.611	1.100	0.780	-0.071	0.30	0.975
7	2.1	1.05	20	22.0%	1.48	1.64	111%	2.56	173%	0.82	55.3%	1.28	86.4%	0.859	-0.668	1.160	0.780	-0.081	0.30	0.975
8	2.2	1.1	20	22.0%	1.55	1.72	111%	2.68	173%	0.86	55.3%	1.34	86.4%	0.943	-0.741	1.210	0.780	-0.091	0.30	0.975
9	2.3	1.15	20	22.0%	1.62	1.79	111%	2.81	173%	0.90	55.3%	1.40	86.4%	1.030	-0.811	1.270	0.780	-0.101	0.30	0.975
10	2.4	1.2	20	22.0%	1.69	1.87	111%	2.93	173%	0.94	55.3%	1.46	86.4%	1.122	-0.881	1.320	0.780	-0.111	0.30	0.975
11	2.5	1.25	20	22.0%	1.76	1.96	111%	3.05	173%	0.98	55.3%	1.52	86.4%	1.214	-0.951	1.370	0.780	-0.121	0.30	0.975
12	2.6	1.3	20	22.0%	1.83	2.05	111%	3.17	173%	1.02	55.3%	1.58	86.4%	1.306	-1.021	1.420	0.780	-0.131	0.30	0.975
13	2.7	1.35	20	22.0%	1.90	2.14	111%	3.29	173%	1.06	55.3%	1.64	86.4%	1.398	-1.091	1.470	0.780	-0.141	0.30	0.975
14	2.8	1.4	20	22.0%	1.97	2.23	111%	3.41	173%	1.10	55.3%	1.70	86.4%	1.490	-1.161	1.520	0.780	-0.151	0.30	0.975
15	2.9	1.45	20	22.0%	2.04	2.32	111%	3.53	173%	1.14	55.3%	1.76	86.4%	1.582	-1.231	1.570	0.780	-0.161	0.30	0.975
16	3.0	1.5	20	22.0%	2.11	2.41	111%	3.65	173%	1.18	55.3%	1.82	86.4%	1.674	-1.301	1.620	0.780	-0.171	0.30	0.975
17	3.1	1.55	20	22.0%	2.18	2.50	111%	3.77	173%	1.22	55.3%	1.88	86.4%	1.766	-1.371	1.670	0.780	-0.181	0.30	0.975
18	3.2	1.6	20	22.0%	2.25	2.59	111%	3.89	173%	1.26	55.3%	1.94	86.4%	1.858	-1.441	1.720	0.780	-0.191	0.30	0.975
19	3.3	1.65	20	22.0%	2.32	2.68	111%	4.01	173%	1.30	55.3%	2.00	86.4%	1.950	-1.511	1.770	0.780	-0.201	0.30	0.975
20	3.4	1.7	20	22.0%	2.39	2.77	111%	4.13	173%	1.34	55.3%	2.06	86.4%	2.042	-1.581	1.820	0.780	-0.211	0.30	0.975
21	3.5	1.75	20	22.0%	2.46	2.86	111%	4.25	173%	1.38	55.3%	2.12	86.4%	2.134	-1.651	1.870	0.780	-0.221	0.30	0.975
22	3.6	1.8	20	22.0%	2.53	2.95	111%	4.37	173%	1.42	55.3%	2.18	86.4%	2.226	-1.721	1.920	0.780	-0.231	0.30	0.975
23	3.7	1.85	20	22.0%	2.60	3.04	111%	4.49	173%	1.46	55.3%	2.24	86.4%	2.318	-1.791	1.970	0.780	-0.241	0.30	0.975
24	3.8	1.9	20	22.0%	2.67	3.13	111%	4.61	173%	1.50	55.3%	2.30	86.4%	2.410	-1.861	2.020	0.780	-0.251	0.30	0.975
25	3.9	1.95	20	22.0%	2.74	3.22	111%	4.73	173%	1.54	55.3%	2.36	86.4%	2.502	-1.931	2.070	0.780	-0.261	0.30	0.975
26	4.0	2.0	20	22.0%	2.81	3.31	111%	4.85	173%	1.58	55.3%	2.42	86.4%	2.594	-2.001	2.120	0.780	-0.271	0.30	0.975
27	4.1	2.05	20	22.0%	2.88	3.40	111%	4.97	173%	1.62	55.3%	2.48	86.4%	2.686	-2.071	2.170	0.780	-0.281	0.30	0.975
28	4.2	2.1	20	22.0%	2.95	3.49	111%	5.09	173%	1.66	55.3%	2.54	86.4%	2.778	-2.141	2.220	0.780	-0.291	0.30	0.975
29	4.3	2.15	20	22.0%	3.02	3.58	111%	5.21	173%	1.70	55.3%	2.60	86.4%	2.870	-2.211	2.270	0.780	-0.301	0.30	0.975
30	4.4	2.2	20	22.0%	3.09	3.67	111%	5.33	173%	1.74	55.3%	2.66	86.4%	2.962	-2.281	2.320	0.780	-0.311	0.30	0.975
31	4.5	2.25	20	22.0%	3.16	3.76	111%	5.45	173%	1.78	55.3%	2.72	86.4%	3.054	-2.351	2.370	0.780	-0.321	0.30	0.975
32	4.6	2.3	20	22.0%	3.23	3.85	111%	5.57	173%	1.82	55.3%	2.78	86.4%	3.146	-2.421	2.420	0.780	-0.331	0.30	0.975
33	4.7	2.35	20	22.0%	3.30	3.94	111%	5.69	173%	1.86	55.3%	2.84	86.4%	3.238	-2.491	2.470	0.780	-0.341	0.30	0.975
34	4.8	2.4	20	22.0%	3.37	4.03	111%	5.81	173%	1.90	55.3%	2.90	86.4%	3.330	-2.561	2.520	0.780	-0.351	0.30	0.975
35	4.9	2.45	20	22.0%	3.44	4.12	111%	5.93	173%	1.94	55.3%	2.96	86.4%	3.422	-2.631	2.570	0.780	-0.361	0.30	0.975
36	5.0	2.5	20	22.0%	3.51	4.21	111%	6.05	173%	1.98	55.3%	3.02	86.4%	3.514	-2.701	2.620	0.780	-0.371	0.30	0.975
37	5.1	2.55	20	22.0%	3.58	4.30	111%	6.17	173%	2.02	55.3%	3.08	86.4%	3.606	-2.771	2.670	0.780	-0.381	0.30	0.975
38	5.2	2.6	20	22.0%	3.65	4.39	111%	6.29	173%	2.06	55.3%	3.14	86.4%	3.698	-2.841	2.720	0.780	-0.391	0.30	0.975
39	5.3	2.65	20	22.0%	3.72	4.48	111%	6.41	173%	2.10	55.3%	3.20	86.4%	3.790	-2.911	2.770	0.780	-0.401	0.30	0.975
40	5.4	2.7	20	22.0%	3.79	4.57	111%	6.53	173%	2.14	55.3%	3.26	86.4%	3.882	-2.981	2.820	0.780	-0.411	0.30	0.975
41	5.5	2.75	20	22.0%	3.86	4.66	111%	6.65	173%	2.18	55.3%	3.32	86.4%	3.974	-3.051	2.870	0.780	-0.421	0.30	0.975
42	5.6	2.8	20	22.0%	3.93	4.75	111%	6.77	173%	2.22	55.3%	3.38	86.4%	4.066	-3.121	2.920	0.780	-0.431	0.30	0.975
43	5.7	2.85	20	22.0%	4.00	4.84	111%	6.89	173%	2.26	55.3%	3.44	86.4%	4.158	-3.191	2.970	0.780	-0.441	0.30	0.975
44	5.8	2.9	20	22.0%	4.07	4.93	111%	7.01	173%	2.30	55.3%	3.50	86.4%	4.250	-3.261	3.020	0.780	-0.451	0.30	0.975
45	5.9	2.95	20	22.0%	4.14	5.02	111%	7.13	173%	2.34	55.3%	3.56	86.4%	4.342	-3.331	3.070	0.780	-0.461	0.30	0.975
46	6.0	3.0	20	22.0%	4.21	5.11	111%	7.25	173%	2.38	55.3%	3.62	86.4%	4.434	-3.401	3.120	0.780	-0.471	0.30	0.975
47	6.1	3.05	20	22.0%	4.28	5.20	111%	7.37	173%	2.42	55.3%	3.68	86.4%	4.526	-3.471	3.170	0.780	-0.481	0.30	0.975
48	6.2	3.1	20	22.0%	4.35	5.29	111%	7.49	173%	2.46	55.3%	3.74	86.4%	4.618	-3.541	3.220	0.780	-0.491	0.30	0.975
49	6.3	3.15	20	22.0%	4.42	5.38	111%	7.61	173%	2.50	55.3%	3.80	86.4%	4.710	-3.611	3.270	0.780	-0.501	0.30	0.975
50	6.4	3.2	20	22.0%	4.49	5.47	111%	7.73	173%	2.54	55.3%	3.86	86.4%	4.802	-3.681	3.320	0.780	-0.511	0.30	0.975
51	6.5	3.25	20	22.0%	4.56	5.56	111%	7.85	173%	2.58	55.3%	3.92	86.4%	4.894	-3.751	3.370	0.780	-0.521	0.30	0.975
52	6.6	3.3	20	22.0%	4.63	5.65	111%	7.97	173%	2.62	55.3%	3.98	86.4%	4.986	-3.821	3.420	0.780	-0.531	0.30	0.975
53	6.7	3.35	20	22.0%	4.70	5.74	111%	8.09	173%	2.66	55.3%	4.04	86.4%	5.078	-3.891	3.470	0.780	-0.541	0.30	0.975
54	6.8	3.4	20	22.0%	4.77	5.83	111%	8.21	173%	2.70	55.3%	4.10	86.4%	5.170	-3.961	3.520	0.780	-0.551	0.30	0.975
55	6.9	3.45	20	22.0%	4.84	5.92	111%	8.33	173%	2.74	55.3%	4.16	86.4%	5.262	-4.031	3.570	0.780	-0.561	0.30	0.975
56	7.0	3.5	20	22.0%	4.91	6.01	111%	8.45	173%	2.78	55.3%	4.22	86.4%	5.354	-4.101	3.620	0.780	-0.571	0.30	0.975
57	7.1	3.55	20	22.0%	4.98	6.10	111%	8.57	173%	2.82	55.3%	4.28	86.4%	5.446	-4.171	3.670	0.780	-0.581	0.30	0.975
58	7.2	3.6	20	22.0%	5.05	6.19	111%	8.69	173%	2.86	55.3%	4.34	86.4%	5.538	-4.241	3.720	0.780	-0.591	0.30	0.975
59	7.3	3.65	20	22.0%	5.12	6.28	111%	8.81	173%	2.90	55.3%	4.40	86.4%	5.630	-4.311	3.770	0.780	-0.601	0.30	0.975
60																				

## GRUPO 1

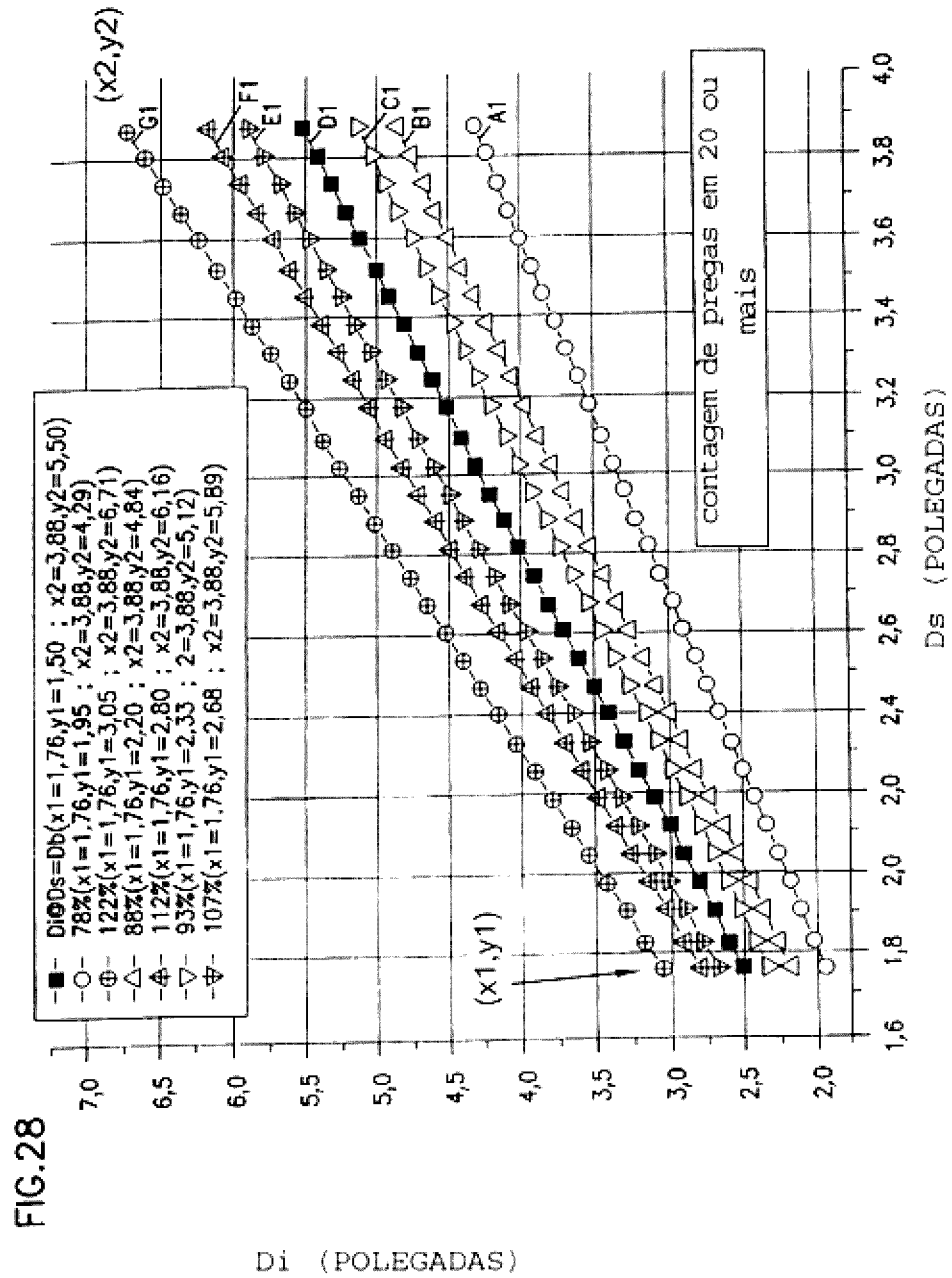
Ds (diâmetro da vedação) vs Di (diâmetro interno do pacote de pregas)





## GRUPO 1

Ds (diâmetro da vedação) vs Di (diâmetro interno do  
pacote de pregas)

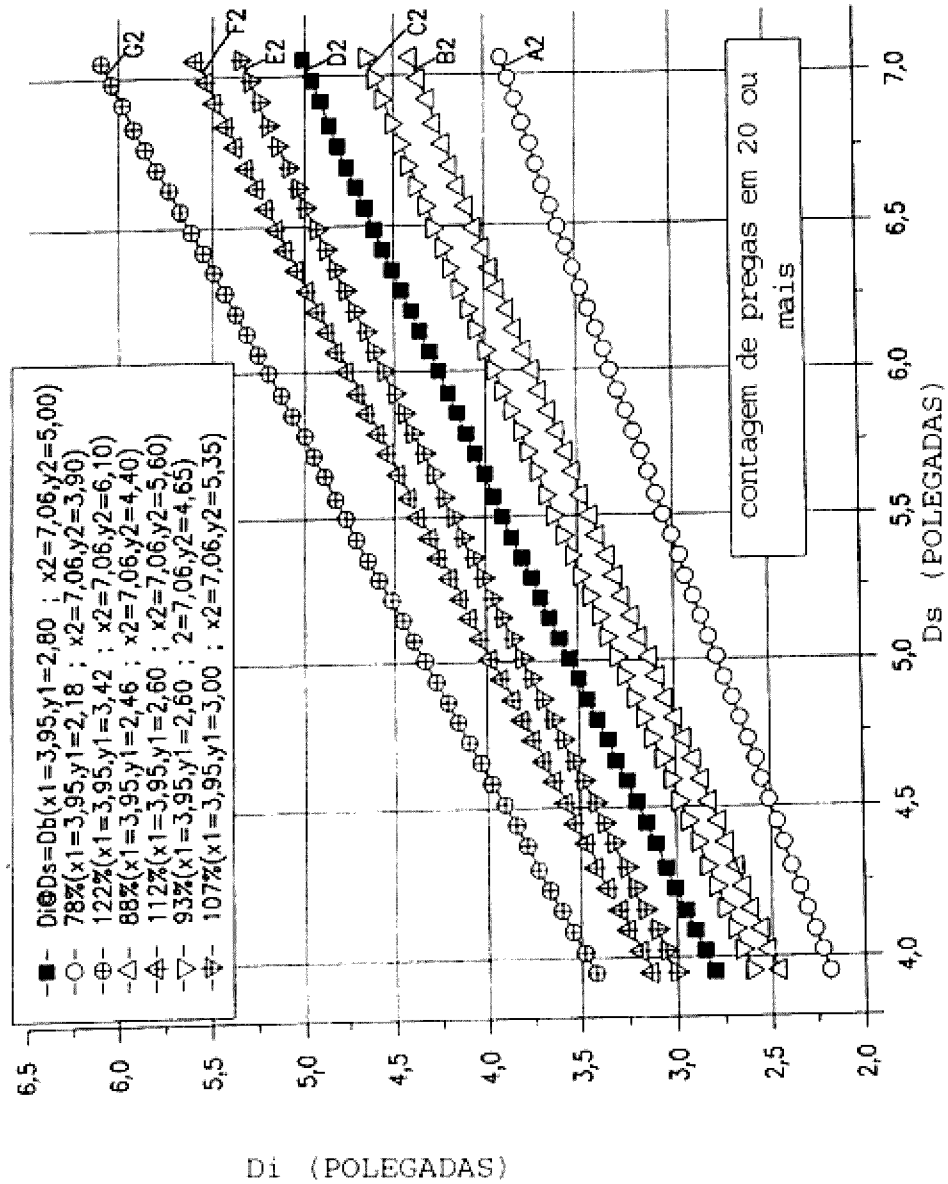




## GRUPO 2

Ds (diâmetro da vedação) vs Di (diâmetro interno do  
pacote de pregas)

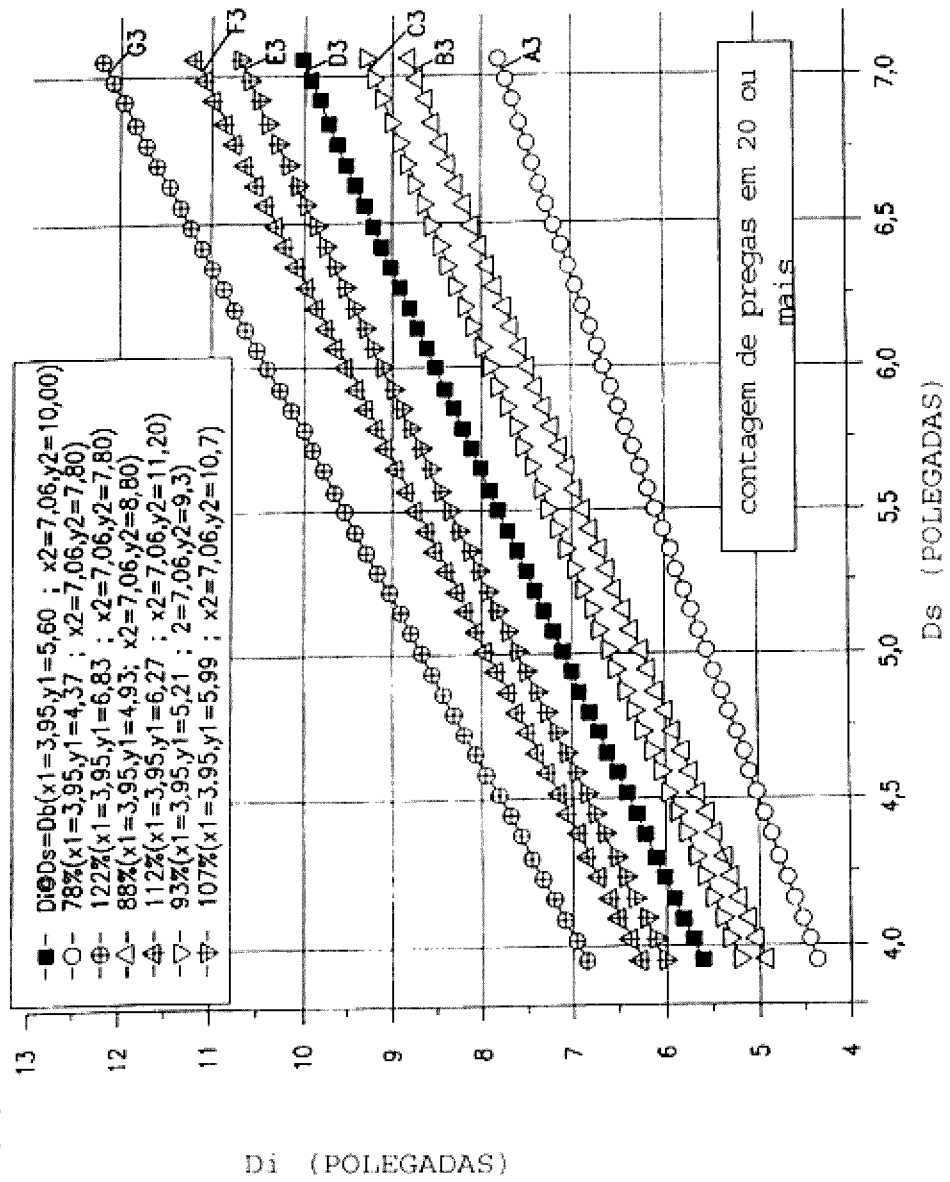
FIG.29



## GRUPO 2

Ds (diâmetro da vedação) vs Di (diâmetro interno do  
pacote de pregas)

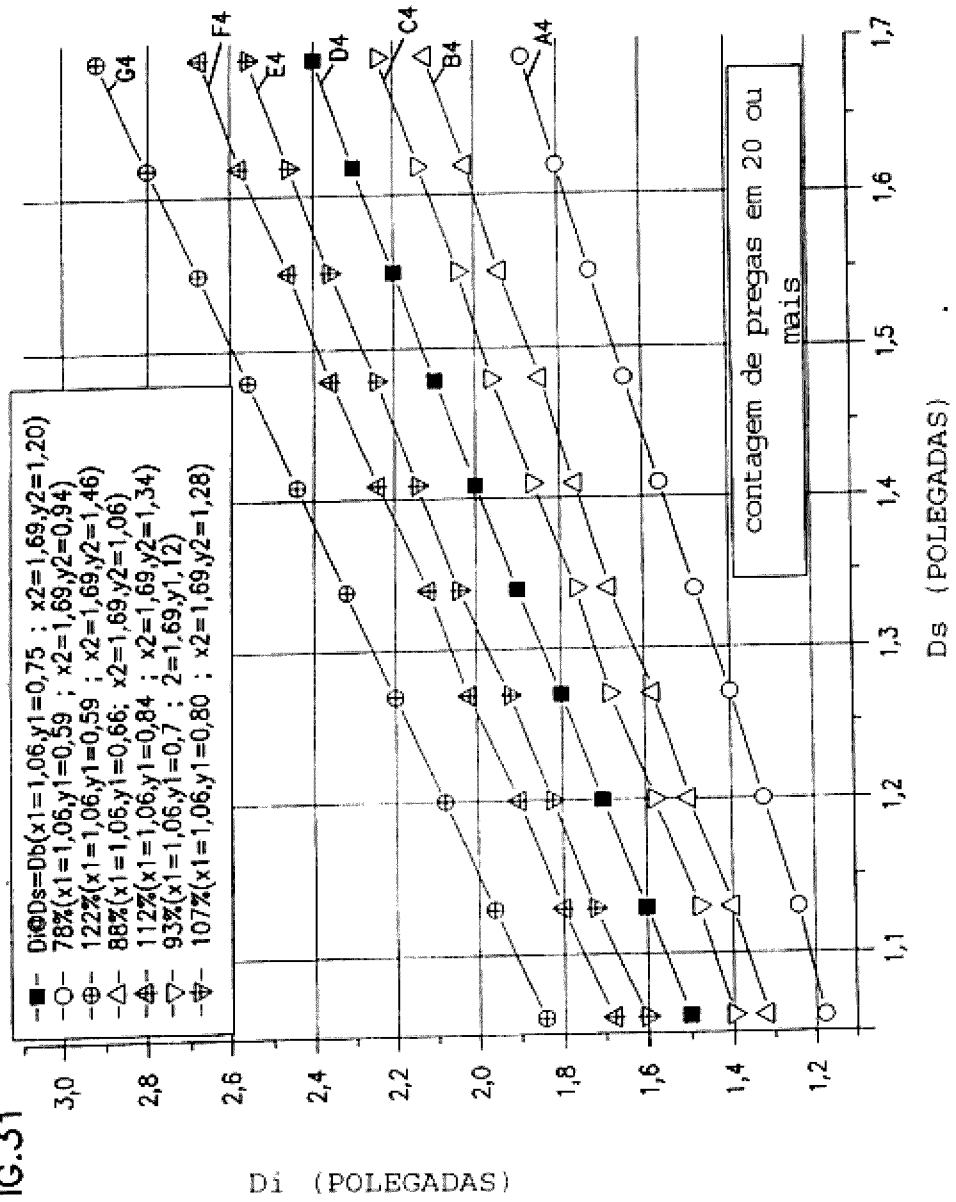
FIG.30



## GRUPO 3

Ds (diâmetro da vedação) vs Di (diâmetro interno do pacote de pregas)

FIG.31



## GRUPO 3

Ds (diâmetro da vedação) vs Di (diâmetro interno do pacote de pregas)

FIG.32

