



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

**(11) BR 112015009503-8 B1**



**(22) Data do Depósito:** 29/10/2013

**(45) Data de Concessão:** 27/04/2021

**(54) Título:** ATUADOR LINEAR, SISTEMA DE ACIONAMENTO E SISTEMA DE VÁLVULA ACIONÁVEL

**(51) Int.Cl.:** A61M 1/14; A61M 1/16; A61M 1/34; F16K 31/04; F16H 25/12.

**(30) Prioridade Unionista:** 29/10/2012 IB PCT/IB2012/055972.

**(73) Titular(es):** DEBIOTECH S.A..

**(72) Inventor(es):** RETO CUENI; PIERRE THIEBAUD; OLIVIER MAGNENAT; FRÉDÉRIC NEFTEL.

**(86) Pedido PCT:** PCT IB2013059744 de 29/10/2013

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/068475 de 08/05/2014

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 28/04/2015

**(57) Resumo:** DISPOSITIVO DE TRATAMENTO EXTRACORPORAL DO SANGUE. A presente invenção refere-se a um sistema de tratamento de sangue que compreende um único cassete capaz de realizar os diferentes tratamentos de CRRT.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para  
**"ATUADOR LINEAR, SISTEMA DE ACIONAMENTO E SISTEMA DE VÁLVULA ACIONÁVEL".**

### **Campo da Invenção**

[0001] A presente invenção refere-se a um dispositivo de tratamento extracorpóral do sangue. O dispositivo compreende, em particular, um cassete para a distribuição de fluidos para efetuar o referido tratamento, e meios para melhorar a eficiência dos referidos dispositivos que podem ser usados separadamente e/ou com o referido cassete.

### **Estado Técnico**

[0002] Existem várias causas possíveis para que uma pessoa sofra de uma insuficiência renal em que a suspensão temporária/definitiva ou parcial/total obrigue essa pessoa a usar dispositivos extracorporais que substituam total ou parcialmente, seus próprios rins. A diálise é uma técnica de purificação do sangue. Ela permite, em um paciente que sofra de uma tal doença, remover as impurezas, tais como a ureia e o excesso de água do organismo que normalmente teriam sido eliminadas por rins em funcionamento normal.

[0003] É possível distinguir dois tipos de insuficiência renal relacionados com a duração da doença e com a necessidade de cuidados que podem ser significativamente diferentes: a insuficiência renal crônica e a insuficiência renal aguda. A insuficiência renal crônica força o paciente a se submeter a um tratamento para sempre e com uma certa frequência. Para isso, o paciente pode realizar este tratamento em um centro médico ou em casa, utilizando um dispositivo para diálise peritoneal ou hemodiálise. A insuficiência renal aguda é uma condição temporária em que o paciente necessita de um dispositivo para substituir temporariamente as funções de seus rins. Neste caso, o paciente segue uma terapia de depuração extrarenal contínua. A diálise perito-

neal e a técnica de depuração extrarrenal contínua são muito diferentes, assim como as técnicas e/ou os dispositivos utilizados:

- A diálise peritoneal utiliza o peritônio do paciente, que é a membrana natural em torno das paredes do ventre e dos órgãos do ventre (fígado, intestinos, etc.). A membrana peritoneal tem uma área superficial muito grande e inclui numerosos vasos sanguíneos. Portanto, ela atua como um filtro natural. Muitas patentes descrevem sistemas para a realização de diálise peritoneal em que algumas usam cassetes (EP 1648536 A2, EP 0471000 B1, EP 1195171 B1, EP 1648536 B1) para a injeção e retirada de fluido no peritoneu do doente.

- A terapia de depuração extrarrenal contínua (CRRT chamada em Inglês: Continuous Renal Replacement Therapy) é um processo que requer a extração contínua de sangue do paciente, tratá-lo através de um filtro, geralmente um dialisador e, em seguida, a injeção de novo do sangue tratado no paciente. Dois grandes princípios são utilizados pelo filtro:

- A difusão permite a passagem de moléculas de soluto através de uma membrana semipermeável, de acordo com um gradiente de concentração. Os solutos vão do meio mais concentrado (o sangue) para o meio menos concentrado (o dialisado) para se distribuírem uniformemente em ambos os lados da membrana do filtro.

- A convexão permite a transferência simultânea da água e do seu conteúdo em solutos através da membrana semipermeável, graças ao gradiente de pressão hidrostática transmembranar. Assim, os solutos vão do meio onde a pressão é mais elevada (o compartimento de sangue) para o meio onde a pressão é mais baixa (compartimento do dialisado).

[0004] Existem várias técnicas de depuração extrarrenal contínua usando um único ou dois princípios: a ultrafiltração contínua lenta (SCUF: Slow Continuous Ultra-Filtration), a hemofiltração venovenosa

contínua (CVVH: Continuous Veno-Venous Hemofiltration), a hemodiálise venovenosa contínua (CVVHD: Continuous Veno-Venous Hemodialyse), a hemodiafiltração venovenosa contínua (CVVHDF: Continuous Veno-Venous Hemofiltration), as trocas de plasma (TPE: Therapeutic Plasma Exchange) e hemoperfusão (também chamada Blood Detoxification). Até o momento, nenhum dispositivo é capaz de oferecer todos esses tratamentos sem a intervenção de cuidadores experientes. Além disso, estas técnicas são utilizadas principalmente em ambiente de cuidados intensivos. Infelizmente, estas técnicas utilizam dispositivos volumosos que podem interferir com o funcionamento dos outros tratamentos realizados no paciente. Além disso, estes dispositivos são complexos, possuem muitos consumíveis e requerem mudanças significativas para executar as várias técnicas mencionadas acima. Isto implica que os funcionários recebam treinamento especializado.

### **Descrição Geral da Invenção**

[0005] A invenção refere-se a múltiplos aperfeiçoamentos para dispositivos médicos, meios e/ou métodos utilizados para os dispositivos médicos.

[0006] Este pedido reivindica a prioridade do pedido com o número PCT/IB2012/055972, apresentado em 29 de outubro de 2012, em nome de Debiotech, cujo conteúdo completo deve ser considerado como parte do presente pedido.

[0007] Um primeiro aspecto da invenção refere-se a um único cassete para efetuar qualquer uma das, ou todas, diferentes técnicas de depuração extrarrenal contínua: a ultrafiltração contínua lenta (SCUF), a hemofiltração venovenosa (CVVH), a hemodiálise venovenosa contínua (CVVHD), a hemodiafiltração venovenosa contínua (CVVHDF), a troca de plasma (TPE) e hemoperfusão. Em uma modalidade, o dispositivo também pode ser usado em conexão com uma diálise peritoneal em que certos elementos e/ou características podem não ser usados

ou ser utilizados para outras funções, tais como recolha de amostras ou outras. Na modalidade, o cassete é total ou parcialmente integrado na máquina de diálise em que alguns destes elementos são parte do referido aparelho (por exemplo o sistema de bombeamento, os sensores, o filtro...) ou são fisicamente separados do cassete (por exemplo, o filtro, os meios de alimentação, os tanques, os sensores, os meios de aquecimento...) ou são opcionais. De preferência, o referido cassete e o aparelho de diálise são ambos diferentes. O cassete é descartável, enquanto que o aparelho é reutilizável. Isto significa que a caixa pode ser substituída para cada tratamento (uso único, substituição do cassete após cada utilização) e que o aparelho pode ser utilizado várias vezes com diferentes cassetes. Os referidos cassetes são concebidos para cooperar fisicamente e/ou mecanicamente com o aparelho e/ou vice-versa. Além disso, o uso de um único cassete simplifica o uso do referido dispositivo, reduzindo os erros do operador com esta simplificação, automatizar o processamento sem a intervenção do pessoal médico, limitar o número de tipo de cassete, simplificar a programação, permitir a utilização do dispositivo no paciente e/ou limitar o espaço ocupado pelo dispositivo.

[0008] De acordo com um segundo aspecto da invenção, o dispositivo pode compreender apenas 3 bombas principais para realizar pelo menos uma ou todas as técnicas citadas no estado da técnica (SCUF, CVV, CVVH, CVVHDF, TPE e hemoperfusão).

[0009] De acordo com uma modalidade, o dispositivo compreende um meio de filtragem de sangue, pelo menos um meio de fornecimento de líquido, dois tubos por paciente - um tubo de saída tendo sangue a ser processado e um tubo de entrada reinjetando o sangue tratado no referido paciente - (ou um único tubo em caso de diálise peritoneal, ou um tubo com duas luzes distintas), um meio de recolha do filtrado, três bombas de fluido, um cassete consistindo de canais e de válvulas de

modo a dirigir os fluidos, e um controlador que controla as bombas, a abertura e fecho das referidas válvulas de acordo com o tratamento desejado.

[00010] O referido cassete inclui pelo menos uma câmara de distribuição que compreende um único canal de entrada, pelo menos dois canais de saída e pelo menos duas câmaras de ligação compreendendo pelo menos dois canais de entrada e um canal de saída. De preferência, a referida câmara de distribuição compreende um canal de entrada e três canais de saída controlados pelo controlador (de modo automático, programado e/ou comandado) para permitir que o fluido seja injetado nos meios de filtração de sangue, no sangue antes do meio de filtração de sangue (pré-diluição) e/ou depois do meio de filtração do sangue (diluição posterior). Com esta câmara de distribuição, o dispositivo pode executar qualquer tratamento de diálise sem que o pessoal cuidador (ou outro especialista) esteja presente para configurar conexões específicas de cada tratamento.

[00011] O referido sistema de processamento compreende ainda pelo menos três caminhos de fluido. O primeiro caminho de fluido que liga o referido meio de filtração do sangue ao meio de recuperação do filtrado. Ele inclui uma série de canais e uma bomba dedicada. O segundo caminho do fluido é dedicado ao fluxo de sangue. Ele compreende, pelo menos, duas câmaras de ligação, uma série de canais, o referido meio de filtração do sangue, os referidos tubos do paciente e uma bomba dedicada. O terceiro caminho de fluido compreende um meio de fornecimento de líquido, pelo menos uma bomba dedicada, uma série de canais, uma câmara de distribuição, e, opcionalmente, um meio de aquecimento. A referida câmara de distribuição compreende pelo menos três canais distintos:

- um primeiro canal de saída de fornecimento do segundo caminho de fluido a montante do meio de filtração (para fazer a pré-

diluição do sangue antes de ser filtrado pelo meio de filtragem),

- um segundo canal de saída que alimenta o segundo caminho de fluido a jusante dos meios de filtração (para efetuar uma pós-diluição do sangue depois de ter sido filtrado pelo meio de filtração), e
- um terceiro canal de saída que alimenta os referidos meios de filtração.

[00012] Em uma modalidade, as duas câmaras de ligação e a câmara de distribuição são alimentadas por duas bombas de pressão positiva localizadas a montante das referidas câmaras.

[00013] A referida primeira câmara de ligação é utilizada para ligar o segundo caminho de fluido ao terceiro caminho de fluido a montante do filtro (técnica de pré-diluição). Ela inclui um canal de entrada a partir do segundo caminho de fluido, um canal de entrada a partir do terceiro caminho do fluido e um canal de saída permitindo que o sangue flua na direção do filtro, o referido canal de entrada proveniente do terceiro caminho de fluido podendo incluir uma válvula controlada pelo referido controlador, um limitador de fluxo e/ou uma bomba.

[00014] A referida segunda câmara de ligação é utilizada para ligar o segundo caminho de fluido ao terceiro caminho de fluido a jusante do filtro (técnica de pós-diluição). Ela inclui um canal de entrada a partir do segundo caminho de fluido devido ao seu fluxo através do filtro, um canal de entrada a partir do terceiro caminho de fluido e um canal de saída para o doente.

[00015] De acordo com algumas modalidades, a invenção pode ainda compreender:

- Um meio de fornecimento para a injeção de um anticoagulante no segundo caminho de fluido ou diretamente para dentro do tubo de saída do paciente mais a montante no cassete graças a uma câmara de ligação que permite a mistura de anticoagulante com o sangue (fluido o segundo caminho de fluido), e/ou

- Um meio de fornecimento para a injeção de um produto que inibe o anticoagulante no segundo caminho de fluido ou diretamente para o tubo de entrada do paciente mais a jusante no cassete através de uma câmara de ligação que permite que a mistura do referido produto com o sangue (fluido a partir do segundo caminho de fluido).

[00016] Um terceiro aspecto da invenção relaciona-se com a estrutura do cassete, quando um caminho de fluido (por exemplo a partir de um meio de fornecimento de líquido) se liga a outro caminho de fluido, o cassete comprehende preferencialmente uma câmara de ligação que permite a interseção dos dois referidos caminhos de fluido. Esta câmara de ligação pode assim permitir a mistura dos fluidos a partir dos referidos caminhos de fluido. Além disso, pelo menos um dos referidos canais de entrada da referida câmara de ligação pode incluir uma válvula de modo a que o controlador possa selecionar o, ou os, fluido(s) determinado(s) que fluirá(Fluirão) na câmara de ligação de acordo com o tratamento desejado, programado ou controlado.

[00017] De acordo com um quarto aspecto da invenção, um meio de aquecimento se situa no terceiro caminho de fluido entre a bomba principal do dialisado e a câmara de distribuição. O referido meio de aquecimento é, de preferência, um saco flexível alimentado por pressão positiva pela referida bomba. Em uma modalidade, uma segunda bomba está localizada entre a câmara de distribuição e uma câmara de ligação. De preferência, a câmara de distribuição está ligada a uma primeira e a uma segunda câmara de ligação. A primeira câmara de ligação permite uma pré-diluição do fluido que flui através do segundo caminho de fluido (isto é, a diluição do sangue antes do meio de filtração), enquanto que a segunda câmara de ligação proporciona uma pós-diluição do fluido a partir do referido segundo caminho de fluido (isto é, a diluição do sangue após o meio de filtragem). A primeira bomba é uma bomba de precisão e ela ajuda a saber com precisão a

quantidade de fluido que será misturada no sangue na pré e na pós-diluição. A segunda bomba está localizada a jusante de uma das duas câmaras de ligação, uma e/ou ambas as câmaras de ligação podem compreender uma válvula. Esta segunda bomba é uma bomba de distribuição para a distribuição de uma dada quantidade de fluido entre a primeira e a segunda câmaras de ligação. Este tipo de sistema pode incluir uma ou mais câmaras de ligação. De preferência, o sistema compreende um sensor de pressão e o meio de aquecimento pode ser usado como meio de armazenamento temporário.

[00018] Para otimizar o funcionamento do sistema de tratamento, a presente invenção também divulga os seguintes itens que podem ser usados com ou sem o cassete descrito acima:

- Um meio e um método de calibragem das bombas do primeiro e do terceiro caminho de fluido,
- Um sensor de pressão no caminho de fluido,
- Um acionador linear de poupança de energia,
- Um dispositivo de acionamento usado para as bombas peristálticas,
- Um meio de amortecimento de picos de pressão.

#### **Meio e método de calibragem das bombas e/ou dos sensores do primeiro e do terceiro caminho de fluido:**

[00019] Algumas técnicas de depuração extrarrenal contínua necessitam de saber com precisão a quantidade de volume injetado e removido a partir, respectivamente, do terceiro e do primeiro caminho de fluido. Normalmente, os dispositivos incluem duas balanças, uma balança dedicada ao dialisado e outra dedicada ao filtrado. A presente invenção pode compreender o mesmo sistema de balança, no entanto, essas balanças são muito sensíveis e grandes (uma vez que devem ser capazes de conter todos os fluidos). Outros dispositivos têm cavidades cuja capacidade volumétrica é conhecida com precisão. Estas

cavidades estão localizadas diretamente no primeiro e terceiro caminhos de fluido (uma parede intermédia sendo usada para misturar os dois fluidos) e são cheias e esvaziadas sucessivamente de fluidos dos referidos caminhos fluídicos. Quando a cavidade é enchida com o dialisado, a cavidade se esvazia do filtrado anteriormente contido na referida cavidade e/ou vice-versa. Estes dispositivos podem conter várias dessas cavidades. No entanto contrariamente ao dispositivo da presente invenção, estes dispositivos não permitem um funcionamento contínuo, eles operam em uma sucessão de fases de enchimento e de esvaziamento do fluido contido nas referidas cavidades.

[00020] De acordo com um quinto aspecto da invenção, o sistema de tratamento tem um meio de calibragem das referidas bombas a fim de saber com precisão os referidos volumes. O sistema compreende:

- Pelo menos dois meios de medição de volume (sensor, sistema de fluxo de massa, bomba de volume, bomba peristáltica, balança...), incluindo um que mede a quantidade de líquido que flui através do terceiro caminho de fluido e um que mede a quantidade de líquido que flui através do primeiro caminho de fluido;
- um meio de amostragem dos primeiro e terceiro caminhos de fluido;
- um meio comum de medição dos volumes recolhidos.

[00021] O referido meio comum de medição mede a quantidade de fluido recolhido pelos meios de amostragem e permite comparar os volumes recolhidos e calibrar as referidas bombas e/ou os referidos meios para medição do volume.

[00022] Em uma modalidade, as referidas bombas são consideradas como os referidos meios de medição de volume, pois cada acionamento corresponde a um determinado volume.

[00023] Em uma outra modalidade, os sensores de volumes são separados das bombas e medem continuamente os volumes impelidos

pelas referidas bombas. Em caso de desvio dos volumes bombeados, o controlador pode corrigir o acionamento das referidas bombas para corrigir os volumes ou o diferencial de volume.

[00024] Um sexto aspecto da invenção refere-se a um método de calibração das bombas usadas para impulsionar os fluidos dos primeiro e terceiro caminhos de fluido e/ou os sensores dispostos nos referidos caminhos de fluido. O método também permite calibrar as referidas bombas antes e/ou durante a realização do tratamento.

**O sensor de pressão sensor remoto do caminho de fluidos:**

[00025] Um sétimo aspecto da presente invenção refere-se a um meio de medir a pressão de um fluido. Em uma modalidade, o sistema de processamento comprehende pelo menos um sensor de pressão em, pelo menos, um dos referidos caminhos de fluido. Este documento divulga um sistema de distribuição de fluido (de preferência um cassette), que permite a recolha e/ou a entrega de um fluido FI1 e medir a pressão do referido fluido FI1. O sistema comprehende um corpo rígido compreendendo pelo menos um caminho de fluido através do qual o referido fluido FI1 flui, pelo menos um canal separado do referido caminho de fluido. O referido canal é usado para ligar o referido caminho de fluido a uma área de medição. O sistema pode incluir, pelo menos, uma abertura coberta por uma membrana flexível que forma a referida zona de medição. A membrana tem uma forma para receber um sensor de pressão.

[00026] Um fluido FI2 diferente do fluido FI1 está contido na referida zona de medição. O fluido FI2 preenche pelo menos parcialmente a zona de medição e/ou o referido canal. O referido fluido FI2 pode transmitir a pressão do fluido FI1 à referida membrana.

[00027] A finalidade deste canal é que o fluido FI1 não possa entrar em contato com a referida membrana ou que o fluido FI1 molhe pelo menos parcialmente a referida membrana. Assim, o canal pode ser

formado de modo que o referido fluido FI1 limite, iniba e/ou controle o fluxo de fluido FI1 através do referido canal. Ele tem uma forma e um comprimento permitindo esta funcionalidade e/ou pode incluir um meio de conter o fluido FI1 (tal como uma membrana, um filtro hidrofílico, hidrofóbico...). De um modo preferencial, a área de medição é preenchida com dois fluidos FI1 e FI2 e/ou os fluidos FI1 e FI2 estão em contato com a membrana.

**Atuador linear econômico em termos energéticos:**

[00028] Em uma modalidade, o sistema de processamento comprehende pelo menos um atuador linear econômico em termos de energia. Este documento revela um princípio inovador para controlar um atuador linear que consome uma pequena quantidade de energia e controla a posição de uma válvula. Este atuador pode ser incluído em um sistema como descrito acima, mas também em qualquer dispositivo que use um atuador linear. Em particular, o atuador deve fornecer duas posições básicas, isto é, a válvula fechada (quando o pistão está na primeira posição) e a válvula aberta (quando o pistão está em uma segunda posição). O pistão também pode ter uma terceira posição que corresponde a um estado em que o pistão do atuador é desengatado do pé da válvula.

[00029] Para garantir a função do atuador linear, duas técnicas diferentes são geralmente usadas: o íman ou o motor sem escovas montado com um parafuso sem fim e uma porca. A principal desvantagem destas duas técnicas é que consomem energia para manter uma posição. A presente invenção revela um atuador linear compreendendo, pelo menos, duas posições fixas com baixo consumo de energia e um rápido retorno para uma posição segura. Além disso, o atuador descrito neste documento não consome qualquer energia ou consome uma quantidade muito pequena de energia para manter as suas posições diferentes.

[00030] O oitavo aspecto da presente invenção é, assim, ligado a um atuador linear compreendendo um motor elétrico rotativo, um pistão e meios que estão interpostos entre o motor elétrico e o pistão transformando o movimento de rotação do motor em um movimento de deslocação linear do pistão. Os referidos meios interpostos compreendem pelo menos uma rampa periférica disposta no interior do referido pistão, pelo menos um meio de guia que permite ao pistão guiar o movimento de translação e, pelo menos, um meio de suporte ligado diretamente ou indiretamente ao rotor do referido motor elétrico. O referido meio de suporte é moldado para cooperar com a referida rampa circumferencial. Em uma modalidade, o referido atuador compreende ainda, pelo menos, um meio de compressão que exerce uma força contra o pistão na direção da extremidade distal do pistão. A rampa inclui pelo menos um patamar que permite obter pelo menos uma posição estacionária, sem consumo de energia. Pelo menos um patamar é estabelecido na parte superior da referida rampa. Em uma modalidade preferida, o patamar é seguido por passagem permitindo que o pistão se liberte das limitações exercidas pelo meio de suporte.

[00031] De acordo com um nono aspecto da invenção, o atuador assegura uma pressão de oclusão definida quando a válvula está na posição fechada. A posição da válvula sem contribuição do atuador é de preferência uma posição fechada. Para garantir a oclusão adequada, o atuador tem meios de compressão para assegurar uma pressão suficiente de oclusão da válvula contra o seu assentamento, quando o pistão está na primeira posição. O referido meio de compressão fornece uma terceira posição (quando o pistão não está engatado com a válvula) em que o pistão está mais distante do suporte do atuador. A transição a partir da terceira posição para a primeira posição é realizada quando o pistão se engata com a válvula. Em outras palavras, quando o cassete é colocado no dispositivo. Assim, o meio de com-

pressão força o pistão a exercer uma força inicial contra a válvula, que transmite esta força contra o assentamento da válvula assegurando uma oclusão do caminho de fluido, quando o pistão está na primeira posição.

[00032] Em uma modalidade, o referido meio de compressão pode estar no suporte do atuador ou no referido pistão. Em outras palavras, quando o referido pistão de atuador é engatado no pé da válvula, ou seja na primeira posição, um meio de compressão fornece uma carga prévia para garantir uma boa oclusão. O referido meio de compressão pode ser montado no dispositivo de atuador ou no suporte do atuador, o referido meio de compressão fornece uma terceira posição em que o pistão do atuador está mais afastado do suporte do atuador que nas primeira e segunda posições. A pressão de oclusão depende do desenho da válvula e do dimensionamento do meio de compressão.

#### **Dispositivo de acionamento usado para as bombas peristálticas:**

[00033] Um décimo aspecto da invenção refere-se a um dispositivo de acionamento utilizado para uma bomba.

[00034] Durante a utilização do referido sistema de processamento, o cassete é inserido em um aparelho de ciclos que inclui sensores, atuadores lineares (para abrir e fechar as válvulas) e meios para acionar os rolos da bomba peristáltica. Para garantir um funcionamento adequado do sistema, é importante que todos os elementos sejam corretamente alinhados (sensor, atuador, meios de acionamento...). Ora uma diferença entre o ponto central teórico da cabeça da bomba e o ponto central real pode existir. Essa diferença cria problemas de alinhamento dos atuadores e dos sensores, respectivamente nas válvulas e áreas de medição do cassete. Assim, os meios de guia permitem resolver este problema de alinhamento para sensores e atuadores, mas retira a diferença no sistema de bombeamento. Assim, restrições mais ou menos importantes podem ser exercidas sobre os elementos

da bomba, o que pode afetar a precisão da bomba peristáltica. O fenômeno é ainda mais importante quando as bombas são numerosas.

[00035] Para relaxar tolerâncias de fabricação e garantir a precisão das bombas peristálticas, a invenção descreve um dispositivo de acionamento das bombas que compreende um eixo flutuante acionado por um meio de acionamento fixo a um rotor. O eixo flutuante inclui um conjunto integrado de base/tampa, que forma uma cavidade dentro da qual os referidos meios de acionamento estão pelo menos parcialmente contidos. Além disso, o referido meio de acionamento compreende um corpo em forma rígida para cooperar com as paredes da referida cavidade para permitir uma liberdade limitada do eixo flutuante em relação ao eixo do referido rotor. O eixo flutuante permite deslocar o eixo do sistema de bombeamento para minimizar ou eliminar quaisquer limitações exercidas pelo eixo da bomba sobre o eixo de bombeamento teórico do cassete.

#### **Meio de amortecimento dos picos de pressão:**

[00036] Um décimo primeiro aspecto da invenção refere-se a um meio de amortecimento dos picos de pressão.

[00037] A quantidade de um fluido bombeado pode ser influenciada pelos elementos componentes do sistema. Estes elementos podem ser o mecanismo de bombeamento, o mecanismo de válvulas, os meios de fornecimento de líquido (tubos, reservatórios...). Em particular, o mecanismo de bombeamento de uma bomba peristáltica pode causar variações de pressão. Assim, uma onda de pressão é criada e se propagada no, ou nos, caminhos de fluido de cada vez que os rolos entram em contato com o tubo flexível. Esta disseminação é atenuada ou reforçada por vários fatores tais como o tipo de líquido, o comprimento do caminho de fluido, as restrições, o tipo de materiais do sistema, a quantidade de líquido fornecido pelo mecanismo de bombeamento, o tipo de bomba, as características dos seus componentes (tubo flexível...), a pressão a jusante da bomba....

[00038] Um dos aperfeiçoamentos da invenção permite reduzir a amplitude dos picos de pressão assim como a sua influência sobre a quantidade bombeada. Esta redução é obtida pela adição ao caminho de fluido de um meio concebido para absorver os picos de pressão.

[00039] Outra vantagem desta redução dos picos é também obter uma pressão mais constante, o que aumenta mais o conforto do paciente. Nesta modalidade, o amortecimento dos picos pode ser efetuado a jusante da bomba durante uma injeção para o paciente e a montante quando a bomba retira um fluido proveniente do paciente (em particular aquando da diálise peritoneal).

[00040] Este meio de amortecimento é de uma cavidade preenchida com um fluido compressível tal como o ar. Este meio de amortecimento pode ser um elemento flexível que é deformado por picos de pressão e regressa a um estado de equilíbrio. Este elemento flexível pode ser, por exemplo, uma membrana de polímero na parede do caminho de fluido.

[00041] Neste trabalho, os vários aspectos da invenção podem ser objeto de reivindicações independentes ou dependentes relacionadas ou não com qualquer sistema de tratamento médico.

### **Lista das figuras**

[00042] A invenção será melhor compreendida a seguir por meio de alguns exemplos mostrados. Escusado será dizer que a invenção não está limitada a estas modalidades.

[00043] A Figura 1 mostra o sistema de processamento de sangue divulgado pela invenção

[00044] A Figura 2 descreve a utilização do cassete aplicando um tratamento lento de ultrafiltração contínua

[00045] A Figura 3 mostra, esquematicamente, a utilização do cassete aplicando um tratamento de hemofiltração venovenosa contínua

[00046] A Figura 4 mostra esquematicamente o uso do cassete aplicando um tratamento de hemodiálise venovenosa contínua

- [00047] A Figura 5 mostra, esquematicamente, a utilização do cassete aplicando um tratamento de hemodiafiltração venovenosa contínua
- [00048] A Figura 6 mostra, esquematicamente, a utilização do cassete aplicando um tratamento de trocas de plasma
- [00049] A Figura 7 mostra, esquematicamente, a utilização do cassete aplicando um tratamento de hemoperfusão
- [00050] A Figura 8 mostra esquematicamente o sistema com uma pluralidade de meios de fornecimento de líquidos
- [00051] A Figura 9 mostra esquematicamente o sistema com uma recirculação do segundo caminho de fluido e rejeição
- [00052] A Figura 10 mostra esquematicamente o sistema com o sensor de referência
- [00053] A Figura 11 mostra o corpo rígido do cassete que comprehende um caminho de fluido e o seu canal para medir a pressão
- [00054] A Figura 12 mostra o corpo do cassete e a membrana que cobre a zona de medição
- [00055] As Figuras 13 e 13' mostram, esquematicamente, a localização do sensor remoto de um caminho de fluido
- [00056] A Figura 14 mostra uma vista explodida do atuador linear
- [00057] A Figura 15 mostra uma vista em corte em que a válvula é acoplada ao pino/pistão
- [00058] A Figura 16 mostra duas vistas detalhadas do pistão
- [00059] A Figura 17 mostra duas vistas da parte de corte de pistão na terceira posição, a válvula (não mostrada) não ligada
- [00060] A Figura 18 mostra duas vistas em corte parcial da primeira posição do pistão, válvula acoplada (não mostrada)
- [00061] A Figura 19 mostra duas vistas parcialmente cortadas do pistão a partir da primeira para a segunda posição, a válvula acoplada (não mostrada)

- [00062] A Figura 20 mostra o pistão na segunda posição, a válvula acoplada (não mostrada)
- [00063] A Figura 21 mostra o pistão na segunda posição que passa imediatamente para a primeira posição, a válvula associada (não mostrada)
- [00064] As Figuras 17', 18', 19', 20' e 21' ilustram a cooperação entre a rampa e o meio de suporte acionado por um motor (não mostrado)
- [00065] A Figura 22 mostra uma vista explodida do mecanismo de acionamento da bomba peristáltica
- [00066] A Figura 23 mostra uma vista em corte do dispositivo de acionamento da bomba peristáltica
- [00067] A Figura 24 mostra um gráfico dos picos de pressão provocados por uma bomba
- [00068] A Figura 25 e 26 mostram duas concepções diferentes do meio de amortecimento
- [00069] A Figura 27 mostra esquematicamente uma modalidade do sistema de processamento de sangue
- [00070] A Figura 28 e 29 mostram esquematicamente os modos de realização mais complexos do sistema de processamento de sangue
- [00071] A Figura 31 mostra esquematicamente o uso da bomba adicional para a distribuição do fluido
- [00072] A Figura 32 e 32' ilustra a utilização de um atuador linear
- [00073] A Figura 33 mostra 3 gráficos usados por um sistema de controlo de atuador

### **Referências numéricas utilizadas nas Figuras**

- 1 Paciente
- 2 Cassete
- 2' Cassete compreendendo as bombas
- 3 Meio de filtração do sangue
- 4 Meio de aquecimento

5	Tubo de saída proveniente do paciente
6	Tubo de entrada em direção ao paciente
7	Elemento de segurança
8	Entrada de sangue no filtro
9	Entrada do dialisado no filtro
10	Saída do filtrado a partir do filtro
11	Saída do sangue proveniente do filtro
12	Membrana do filtro
13	Meio de ajuste de fluxo
14	Sistema de processamento do sangue
15	Sensor de volume do terceiro caminho de fluido
16	Sensor de volume de referência
17	Sensor de volume do primeiro caminho de fluido
100	Sistema de distribuição de fluido
101	Área de medição
102	Canal
103	Caminho fluídico
104	Membrana
105	Corpo rígido do cassete
106	Abertura
107	Sensor de pressão
108	Filtro hidrofóbico
200	Atuador linear
201	Motor CC com a engrenagem
202	Invólucro rígido
203	Ranhura invólucro rígido
204	Sensor
205	Meio de compressão
206	Magneto
207	Pistão

208	Eixo do motor
209	Eixo transversal
210	Elemento de ligação do pistão ao pino
211	Pino
212	Válvula
213	Assento de válvula
214	Rampa
215	Patamar na parte superior da rampa
216	Meios de guia
217	Extremidade distal do pistão
218	Extremidade proximal do pistão
219	Passagem
220	Direção 1
221	Direção 2
300	Dispositivo de acionamento
301	Eixo flutuante
302	Capa
303	Meio de acionamento
304	Corpo do meio de acionamento
305	Eixo longitudinal
306	Eixo perpendicular
307	Parafuso de fixação
308	Elementos rígidos
309 e 309'	paredes interiores da cavidade
310	Rotor/motor
311	Base
312	Elemento de engate
313	Cavidade
313'	Segunda cavidade
320	Rolo

321	Eixo do rolo
322	Parte rígida
323	Parte flexível
401	Curva de pressão
402	Curva da pressão média
403	Membrana flexível
404	Parede do caminho de fluido
405	Fluido compressível (por exemplo, gás)
406	Fluido
500	Paciente
501	1ª câmara
502	2ª câmara
503	3ª câmara
504	4ª câmara
505	5ª câmara
506	6ª câmara
507	1ª bomba
508	2ª bomba
509	3ª bomba
510	4ª bomba (opcional)
511	5ª bomba (opcional)
512	6ª bomba (opcional)
513	Filtro
514	1ºs meios de fornecimento de fluido
515	2ºs meios de fornecimento de fluido
516	3ºs meios de fornecimento de fluido
517	Meios de recuperação de fluido
518	Sensor de pressão
519	Meios de obturação (por exemplo, válvula)
520	Meios de restrição do fluxo ou do obturador

521	Sensor
522	Meios de aquecimento
600	Paciente
601	Cassete
602	Aparelho de diálise/embalagem
603	Meios de alimentação de fluido
604	Meios de recuperação de fluidos
605	Processador
606	Sensores
607	Atuadores (Bomba, válvula...)
608	Tela
609	Meio de aquisição e/ou outro, por exemplo, meio de fornecimento de energia
610	Memória
700	Sistema de distribuição de fluido
701	Caminho de fluido principal
702	Bomba de precisão
703	Bolsa flexível (por exemplo, bolsa de aquecimento flexível)
704 e 704'	Caminho de fluido secundário
705	Válvula
706	Sensor de pressão
707	Bomba adicional
708	Processador
800	Sistema de controle
801	Parte móvel do atuador
802	Item 1 do sensor
803	Item 2 do sensor
804	Parte fixa do atuador
805	Elemento de controle (processador e/ou outro elemento)
C1	Primeira câmara de distribuição

C1.1	Câmara de ligação adicional
C1.2	Câmara de distribuição adicional
C2	Primeira câmara de ligação
C3	Segunda câmara ligação
C4	Terceira câmara de ligação
C5	Quarta câmara de ligação
C6	Quinta câmara de ligação
C7	Segunda câmara de distribuição
C8	Sexta câmara de ligação
C9	Sétima câmara de ligação
F1	Primeiro meio de fornecimento de líquido
F2	Segundo meio de fornecimento de líquido
F3	Terceiros meio de fornecimento de líquido
F4	Meio de recuperação do filtrado
F5	Meio de recuperação do sangue ou amostragem
FI1	Fluido 1
FI2	Fluido 2
FI3	Fluido 3
P1	Bomba do segundo caminho de fluido (Sangue)
P2	Bomba principal do terceiro caminho de fluido (Dialisado ou substituição)
P2'	Bomba adicional do terceiro caminho de fluido
P3	Bomba do primeiro caminho de fluido (Filtrado)
P4	Bomba do segundo meio de fornecimento de líquido
P5	Bomba do terceiro meio de fornecimento de líquido
V1	Canal de entrada de sangue na terceira câmara de ligação
V1'	Canal de entrada do segundo meio de fornecimento líquido na terceira câmara de ligação
V1"	Canal de entrada de sangue no interior da terceira câmara de ligação proveniente da segunda câmara de ligação

- V2 Canal de saída do sangue na terceira câmara de ligação
- V3 Canal de entrada do sangue na primeira câmara de ligação
- V4 Canal de saída do sangue na primeira câmara de ligação
- V5 Canal de entrada de dialisado ou produto de substituição (pré-diluição) na primeira câmara de ligação
- V5' Canal de saída do dialisado ou produto de substituição (pré-diluição) da câmara de distribuição adicional (C1.2) para a primeira câmara de ligação
- V6 Canal de saída do dialisado ou produto de substituição (pré-diluição) da primeira câmara de distribuição para a primeira câmara de ligação
- V6' Canal de saída do dialisado ou produto de substituição da primeira câmara de distribuição para a câmara de distribuição adicional (C1.2)
- V7 Canal de saída do dialisado ou produto de substituição da primeira câmara de distribuição para o filtro
- V7' Canal de saída do dialisado ou produto de substituição da primeira câmara de distribuição para a câmara de ligação adicional (C1.1)
- V7" Canal de saída do dialisado ou produto de substituição da câmara de ligação adicional (C1.1) para o filtro
- V7"" Canal de saída do dialisado ou produto de substituição da câmara de distribuição adicional (C1.2) para a câmara de ligação adicional (C1.1)
- V8 Canal de saída do dialisado ou produto de substituição (diluição posterior) da primeira câmara de distribuição para a segunda câmara de ligação
- V9 Canal de entrada do dialisado ou produto de substituição na primeira câmara de distribuição
- V10 Canal de saída de sangue para o paciente

- V10' canal de saída do sangue para a terceira câmara de ligação
- V10" Canal de saída do sangue canal para um meio de recuperação
- V11 Canal de entrada do sangue na segunda câmara de ligação proveniente do filtro
- V12 Canal de entrada do dialisato ou produto de substituição (diluição posterior) proveniente da primeira câmara de distribuição
- V12' Canal de entrada do terceiro meio de fornecimento de líquido na segunda câmara de ligação
- V13 Canal de saída do dialisado ou produto de substituição
- V14 e V14' Canal de entrada de dialisado ou produto de substituição do primeiro meio de alimentação
- V15 Canal de saída do filtrado a partir da segunda câmara de distribuição para a sexta câmara de ligação
- V16 Canal de saída do filtrado a partir da segunda câmara de distribuição para a sétima câmara de ligação
- V17 Canal de entrada na sétima câmara de ligação a partir do sensor de volume de referência
- V18 Canal de saída a ser medido
- V19 Canal de entrada na sexta câmara de ligação do volume a ser medido (dialisado)
- V20 Canal de entrada na sexta câmara de ligação do volume a medir (filtrado)

### **Descrição Detalhada da Invenção**

[00074] Neste documento, uma descrição detalhada da invenção inclui modalidades de dispositivos, de sistemas e de métodos apresentados para fins ilustrativos. Entende-se que outras concretizações são possíveis e podem ser feitas sem se afastar do âmbito ou do escopo da invenção. A seguinte descrição detalhada, portanto, não deve ser tomada em um sentido limitativo.

[00075] A menos que indicado de outra forma, os termos científicos e técnicos aqui utilizados têm os significados normalmente utilizados pelos peritos. Definições feitas neste documento são mencionadas para facilitar a compreensão dos termos frequentemente utilizados, e não se destinam a limitar o escopo da invenção.

[00076] Sinais direcionais utilizados na descrição e reivindicações, tais como "cima", "baixo", "esquerda", "direita", "superior", "inferior" e outras direções ou orientações são mencionados para trazer mais clareza com referência às figuras. Estas indicações não se destinam a limitar o escopo da invenção.

[00077] Os verbos "ter", "compreender", "incluir" ou equivalentes são aqui utilizados em um sentido lato e geralmente significam "incluindo, mas não limitado a".

[00078] O termo "ou" é geralmente utilizado em um sentido lato, incluindo "e/ou" a menos que o contexto indique claramente o contrário.

[00079] Na presente invenção, um canal pode ser definido como um fluxo em forma de tubo oco e alongado, que permite a passagem de um líquido e/ou de um gás de um local para o outro. Pode tomar a forma de uma mangueira flexível, tubo ou uma cavidade dentro de um cassete. Alguns canais têm válvulas que podem ser operadas preferencialmente graças a um atuador linear controlado por um controlador para abrir ou fechar o canal. Sem atuação, as referidas válvulas são, de preferência, fechadas. Uma câmara pode ser uma cavidade ou um canal com várias entradas e/ou saídas ou assumir a forma de uma simples interseção de dois canais. Cada câmara tem uma entrada chamada canal de entrada e uma saída chamada de canal de saída.

### **Princípio da invenção relativa a um sistema de processamento de sangue**

[00080] A modalidade mostrada esquematicamente na Figura 27 é uma modalidade simplificada. O sistema de processamento inclui três

bombas 507, 508, 509, três caminhos de fluido e um meio de filtragem ou filtro 513. O primeiro caminho de fluido através dos meios de filtro 513 até ao reservatório 517 também chamada de meio de recuperação de fluido. O fluido que flui através do primeiro caminho de fluido é chamado de filtrado. O segundo caminho de fluido parte do paciente, passa através do filtro 513 e retorna ao paciente 500. O fluido que flui através do segundo caminho de fluido é o sangue do paciente. O terceiro caminho de fluido é alimentado por um fluido chamado geralmente de dialisado (mas a invenção não se limita a este fluido), que flui a partir do primeiro meio de fornecimento de fluido também chamado reservatório de dialisado 514. O dialisado flui em um primeiro tempo, no terceiro caminho de fluido para fluir para dentro, em seguida, em um ou mais caminhos de fluido secundário (como diluído ou transformado). O dialisado (ou outro fluido a partir do terceiro caminho de fluido) pode:

- se misturar com o sangue:
  - antes do filtro 513 para a realização de uma pré-diluição,
- e/ou
  - após o filtro 513 para a realização de uma pós-diluição,
- e/ou
  - alimentar o filtro 513.

[00081] Para permitir estas diferentes soluções e, assim, realizar qualquer técnica de tratamento de diálise, o sistema precisa de três câmaras 501, 502, 503. A segunda câmara 502, também denominada câmara de distribuição, permite encaminhar o dialisado para o filtro 513, para a primeira câmara 501) para efetuar uma pré-diluição e/ou a segunda câmara 502 para realizar uma pós-diluição. As primeira e terceira câmaras 501, 503 também podem ser chamadas de câmara de ligação. As primeira e terceira câmaras 501, 503 permitem misturar o sangue do dialisado, por outras palavras, as primeira e terceira câma-

ras 501, 503 permitem que o fluido do terceiro caminho de fluido flua para dentro do segundo caminho de fluido. Os canais que ligam as câmaras entre elas e o filtro podem incluir válvulas 519 e/ou um meio de restringir o fluxo ou de obturador 520.

[00082] A figura 28 mostra esquematicamente um sistema mais complexo por adição de novos componentes opcionais. Ele pode ser, por exemplo:

- um novo meio de fornecimento 515, que pode conter, por exemplo, um anticoagulante. Este fluido pode ser contido em um reservatório 515 e alimentado por uma bomba 510 ou por gravidade. Estes meios de alimentação podem ser uma seringa, e/ou

- um outro meio de fornecimento 516, que pode conter, por exemplo, um agente que inibe o anticoagulante. Este fluido pode ser contido em um reservatório 516 e alimentado por uma bomba 512 ou por gravidade. Este meio de alimentação pode ser uma seringa, e/ou

- um novo canal que permite conectar a terceira câmara 503 (a que é normalmente utilizada para a pós-diluição) - ou a uma outra câmara (localizada a jusante da terceira câmara) - para a primeira câmara 501 (o que é normalmente utilizada para base de pré-diluída) - ou uma outra câmara 504 (situada a montante da primeira câmara) - este novo canal comprehende preferencialmente uma válvula controlada por um controlador. Ele permite que o fluido contido no segundo caminho de fluido circule em um circuito de modo a não estagnar no canal, e/ou

- um outro canal que permite a ligação da terceira câmara 503 aos meios de recolha de fluido 517. Este canal inclui de preferência uma válvula. Ele pode, por exemplo, permitir o aprimoramento do sistema ou eliminar uma parte de fluido que flui através do segundo caminho de fluido, e/ou

- um meio de aquecimento 522.

[00083] Uma outra modalidade está representada na Figura 29. Esta modalidade pode compreender pelo menos um sensor de pressão 518 - localizado em ou perto das câmaras 504, 501, 502, 503, do filtro 513 e/ou dos meios de fornecimento 515, 516, 514 - e/ou uma bomba adicional 511 (em vez do limitador de fluxo 520) no terceiro caminho de fluido entre a câmara de distribuição 502 e a câmara de ligação 501. O sistema pode ainda incluir o sistema de calibração que pode incluir um sensor comum aos primeiro e terceiro caminhos de fluido. Este sistema de calibração compreende dois canais adicionais que permitem que os fluidos contidos no primeiro e no terceiro caminhos de fluido fluam para uma sexta câmara 506. Esta sexta câmara 506 compreende no seu interior ou tem a ela ligado um sensor que permite a calibração de elementos (sensores e/ou bomba) das primeira e terceira câmaras, de modo que sejam calibrados de forma idêntica.

[00084] A figura 30 descreve um sistema de processamento como o descrito anteriormente. Este sistema compreende ainda um cassete 601 que permite garantir as funções de distribuição de fluidos. Este cassete 601 é ligado aos tanques 603, 604 e coopera com um dispositivo 602. O dispositivo 602 designado aparelho de diálise pode ser reutilizável, enquanto o cassete 601 pode ser descartável. O dispositivo 602 pode incluir um processador 605, pelo menos um sensor 606 adaptado para cooperar com o cassete 601, pelo menos um atuador 607 (por exemplo, uma bomba ou meio de controle) meios adaptados para cooperar com o cassete 601, uma tela 608, pelo menos um meio de aquisição e/ou outros semelhantes a uma bateria 609 e/ou de uma memória 610.

#### **Modalidades de cassetes de acordo com o princípio de funcionamento descrito anteriormente**

[00085] De acordo com a figura 1, a invenção descreve um sistema 14 que permite efetuar um tratamento do sangue de um paciente e que

compreende um meio de filtragem de sangue 3, pelo menos um meio de fornecimento de líquido (F1), dois tubos de paciente, um tubo de saída 5, tendo o sangue a ser tratado e um tubo de entrada 6 reinjetando o sangue tratado no referido paciente, um meio de recolha de filtrado (F4), pelo menos três bombas de fluido (P1, P2, P3), um cassete 2, 2' que consiste em canais e válvulas de modo a continuar a dirigir os fluidos. O referido cassete 2, 2' comprehende pelo menos uma câmara de distribuição (C1, C1.2, C7) compreendendo um só canal de entrada e, pelo menos, dois canais de saída. O referido sistema de processamento 14 comprehende um controlador que controla a abertura e fecho das referidas válvulas de acordo com o tratamento desejado.

[00086] O referido sistema de processamento 14 comprehende ainda um primeiro caminho de fluido que liga os referidos meios de filtração de sangue 3 por meio de recuperação do filtrado (F4) constituído por uma série de canais e uma bomba dedicada (P3); um segundo caminho de fluido dedicado à circulação sanguínea, compreendendo uma série de canais, os referidos meios de filtração de sangue 3, os referidos tubos de paciente 5, 6 e uma bomba dedicada (P1); um terceiro caminho de fluido composto por um meio de fornecimento de líquido (F1), pelo menos uma bomba dedicada (P2), uma série de canais, um meio de aquecimento 4 e pelo menos uma câmara de distribuição (C1, C1.2).

[00087] Vantajosamente, a câmara de distribuição (C1) comprehende pelo menos três canais de saída (separados), ligados direta ou indiretamente:

- ao segundo caminho de fluido a montante dos referidos meios de filtração do sangue 3,
- ao segundo caminho de fluido a jusante dos referidos meios de filtração de sangue 3,
- ao referido meio de filtração do sangue 3.

[00088] O referido cassete pode ainda compreender pelo menos um meio de controlo de fluxo adaptado para controlar a quantidade de líquido do terceiro caminho de fluido que flui para dentro de, pelo menos, um dos referidos canais de saída da referida câmara de distribuição (C1). Além disso, os referidos meios de controle, pelo menos unitários, de regulação de fluxo são controlados pelo referido controlador, que pode incluir o processador 605.

[00089] O referido cassete 2' pode também conter bombas e/ou outros elementos.

[00090] O sistema de processamento compreende ainda, no terceiro caminho de fluido, um meio de ajuste de fluxos (13, P2') localizado entre a referida câmara de distribuição (C1) e a referida primeira câmara de ligação (C2).

[00091] Em uma modalidade, o terceiro caminho de fluido compreende uma bomba adicional (P2') no terceiro caminho de fluido, localizado entre a câmara de distribuição (C1) e a referida primeira câmara de ligação (C2). A referida bomba adicional (P2') desempenha o papel parcial ou total de meio de fluxo. O meio de ajuste do fluxo tem por objetivo controlar o fluxo de fluido que passa da câmara de distribuição (C1) para a câmara de ligação (C2). O meio de ajuste permite assim distribuir a quantidade de líquido na câmara de ligação (C2) e pelo menos uma outra câmara de ligação adicional ou os meios de filtração do sangue 3.

[00092] Em uma modalidade, um ou mais meios de ajuste de fluxo (também chamados de estrangulamento de fluxo) pode ser colocado entre qualquer câmara ou membro (por exemplo, meio de filtração do sangue 3). Um meio de ajustamento de fluxo 13 pode ser uma bomba, uma válvula proporcional e/ou um conjunto de canais dedicado a válvula, e de diâmetro diferentes, etc. Uma válvula de segurança adicional pode ser adicionada a montante ou a jusante do meio de ajusta-

mento de fluxo 13 -520. Um meio de ajustamento de fluxo permite um ajustamento de 0% a 100% do fluido ao mesmo tempo ou durante um dado tempo através dos referidos meios de escoamento. Em outras palavras, o fluxo de um fluido a partir de meios de fornecimento de, pelo menos, um líquido pode ser distribuído nos diferentes canais de acordo com as necessidades do tratamento.

[00093] Em uma modalidade, o sistema de processamento 14 comprehende um segundo meio de alimentação (F2 - 515) no estado líquido localizado no tubo de saída do paciente 5 ou no cassete 2, 2' - 601. O referido segundo meio de fornecimento pode conter um anticoagulante tal como citrato, heparina, danaparoid de sódio ou outro.

[00094] Em uma modalidade, o referido sistema 14 comprehende um terceiro meio de fornecimento de líquido (F3 - 516) situado no tubo de entrada 6 do paciente ou no cassete 2, 2' - 601. O referido meio de fornecimento de líquido pode conter cálcio ou um agente de inibição anticoagulante.

[00095] Sobre o tubo de entrada do paciente 6 e/ou no cassete 2, 2' - 601, o sistema comprehende pelo menos um elemento de segurança 7 que permite a detecção de bolhas de ar no segundo caminho de fluido e/ou parar o fluxo de sangue e/ou um meio de captura das referidas bolhas de ar.

**A localização do meio de aquecimento e/ou o uso de duas bombas, no terceiro caminho de fluido:**

[00096] De acordo com o princípio de funcionamento representado na figura 31, para ser eficaz, o sistema de distribuição de fluido (quer para um cassete como aqui descrito, ou por outro sistema de distribuição) pode incluir uma bomba de precisão 702, um meio de fornecimento de fluido, uma bolsa flexível 703 e uma bomba adicional 707 para a distribuição. O sistema comprehende ainda um caminho de fluido principal 701, que é dividido em pelo menos dois caminhos de fluido

secundários 704, 704' e distintos. A bomba de precisão 702 e o bolso flexível 703 estão posicionados no caminho de fluido principal 701, a bolsa flexível estando posicionada a jusante da referida bomba. Assim, todo o fluido bombeado é precisamente conhecido e pode ser, pelo menos parcialmente, armazenado de um modo pelo menos temporário na bolsa flexível. A bomba adicional 707 está posicionada dentro de um dos caminhos de fluido secundários 704. De preferência, o outro caminho de fluido secundário 704' compreende uma válvula 705. Em uma modalidade, pelo menos um caminho de fluido inclui um sensor de pressão 706 posicionado a jusante da bomba de precisão 702. De preferência, o referido sensor de pressão 706 está posicionado no caminho de fluido secundário 704 que inclui a bomba adicional 707 e a montante da bomba adicional. De preferência, a bolsa flexível 703 é um meio de aquecimento.

[00097] Uma vez que algumas técnicas de purificação extrarrenal contínua exigem o aquecimento do dialisado e/ou líquido de substituição durante a sua injeção, o referido meio de aquecimento 4 pode estar localizado em diferentes lugares do terceiro caminho de fluido. Em uma modalidade, o cassete tem um meio de aquecimento 4 no interior da câmara de distribuição (C1) ou a montante desta última.

[00098] Em uma modalidade de acordo com o princípio descrito acima, o meio de aquecimento 4 é uma bolsa flexível, localizada entre a bomba principal (P2) do referido terceiro caminho de fluido e a referida câmara de distribuição (C1) que permite a criação de uma pressão positiva constante na referida bolsa 4. A bolsa de aquecimento é alimentada continuamente pela bomba (P2), que permite, adicionadamente, garantir um controlo adequado do aquecimento do líquido do terceiro caminho de fluido. A referida bolsa 4 é, então, ligada diretamente ao canal de entrada (V9) da câmara de distribuição (C1).

[00099] Por esta configuração, todo o líquido injetado passa através

de uma única bomba (P2). A bomba de pré-diluição (P2') (também chamada de bomba adicional) apenas distribui o líquido antes e/ou depois do filtro. Assim, uma única bomba de precisão é necessária. A bomba (P2) é a bomba de precisão e permite conhecer a quantidade de fluido bombeado. A bomba adicional simplesmente permite a divisão entre a pré-diluição (antes do filtro) e a pós-diluição (após o filtro). A utilização das bombas é feita da seguinte forma:

- Se apenas a diluição de pós é programada: a bomba de pré-diluição (P2') é interrompida e todo o líquido vai ser injetado, após o filtro 3. A válvula de pós-diluição (V8) está aberta. De preferência, a válvula de pré-diluição (V5) está fechada.

- Se apenas a pré-diluição é programada: a bomba de pós-diluição (P2) distribui o volume de substituição. A válvula de pós-diluição (V8) impede a passagem de líquido depois do filtro. A bomba de pré-diluição (P2') pode também regular o fluido para evitar que a pressão nos meios de aquecimento 4 se torne negativa.

- Se a pré e pós-diluição estão programadas: a bomba principal (P2) distribui todo o volume substituto necessário (pré e pós). A válvula de pós-diluição (V8) está aberta. A bomba de pré-diluição (P2') perfura uma parte do líquido para o injetar antes do filtro (3). Se existir um erro de precisão na distribuição de pré e pós-injeção, a sua gravidade é limitada porque o volume é de qualquer jeito injetado no paciente.

#### **Uso do cassete de acordo com os diferentes tratamentos:**

- Ultrafiltração contínua lenta (SCUF)

[000100] A figura 2 ilustra a utilização do cassete que aplica um tratamento de ultrafiltração contínua lento. Esta técnica é usada para remover o excesso de fluido, devido ao princípio da convexão.

[000101] Assim, o controlador apenas abre a válvula V1 do segundo caminho de fluido e fecha as válvulas V5, V7 e V8 do terceiro caminho

de fluido. As bombas P1 e P3 funcionam enquanto que P2 e P2' não estão funcionando.

- Hemofiltração venovenosa contínua (CVVH)

[000102] A figura 3 mostra a utilização do cassete aplicando um tratamento de hemofiltração venovenosa contínuo. Esta técnica é usada para se obter a remoção de substâncias dissolvidas por meio do princípio de convexão. Uma solução de substituição é injetada no circuito antes (da pré-diluição) e/ou após (a pós-diluição) do meio de filtragem 3.

[000103] Assim, o controlador abre as válvulas V1 do segundo caminho de fluido e V5 e/ou V8 do terceiro caminho de fluido e a válvula V7 está fechada. As bombas P1, P2 (opcionalmente P2') e P3 operar.

- Hemodiálise venovenosa contínua (CVVHD)

[000104] A figura 4 mostra a utilização do cassete aplicando um tratamento de hemodiálise venovenosa contínua. Esta técnica é usada para a remoção de substâncias dissolvidas (moléculas pequenas: ureia, creatina, K...) e obter um equilíbrio hídrico por princípio de difusão. O dialisado é injectado no meio de filtração 3. Assim, o controlador abre as válvulas V1 do segundo caminho de fluido e V7 do terceiro caminho de fluido e as válvulas V5 e V8 permanecem fechadas. As bombas P1, P2 e P3 funcionam.

- Hemodiafiltração venovenosa contínua (CVVHDF)

[000105] A figura 5 mostra a utilização do cassete aplicando um tratamento de hemodiafiltração venovenosa contínua. Esta técnica é usada para a remoção de substâncias dissolvidas (moléculas pequenas ou médias) através dos princípios de difusão e de convexão. O dialisado e/ou uma solução de substituição é injetado nos meios de filtração 3 e no sangue depois do meio de filtração 3.

[000106] Assim, o controlador abre a válvula V1 do segundo caminho de fluido e as válvulas V7 e V8 do terceiro caminho de fluido. A válvula V5 permanece fechada. As bombas P1, P2 e P3 funcionam. Nesta

modalidade, os canais de saída V7 e V8 são válvulas proporcionais ou outro meio para controlar o fluxo que passa através dessas válvulas.

[000107] Em uma outra modalidade descrita na figura 5', o cassete inclui uma câmara de distribuição suplementar (C1.2) e uma câmara de ligação suplementar (C1.1). A referida câmara de distribuição suplementar (C1.2) é alimentada diretamente pela bomba adicional (P2'). A referida câmara de distribuição suplementar (C1.2) ajuda a distribuir o produto dialisado ou de substituição quer da primeira câmara de ligação (C2) para a pré diluição à referida câmara de ligação suplementar (C1.1). A referida câmara de ligação suplementar (C1.1) também é fornecida com dialisado ou produto de substituição pela primeira câmara de distribuição (C1) graças ao canal de saída com válvula dedicada (V7'). A referida câmara de ligação suplementar (C1.1) também tem um canal de saída (V7'') que se liga ao filtro (3). O interesse de uma tal disposição é aumentar a precisão das quantidades injetadas no filtro e na segunda câmara de ligação para a pós-diluição ou no filtro e na primeira câmara de ligação para a pré diluição. Assim, a bomba adicional (P2') pode distribuir com precisão as quantidades de fluido a ser distribuído. Nesta modalidade, para uma terapia de hemodiafiltração venovenosa contínua, as válvulas V1, V8 e V7'' estão abertas.

**- Troca de plasma (TPE):**

[000108] A figura 6 mostra a utilização do cassete aplicando um tratamento de troca de plasma. Esta técnica permite a troca de plasma por filtração de membranas. Uma solução alternativa é injectada para substituir o plasma extraído.

[000109] Assim, o controlador abre a válvula V1 do segundo caminho de fluido e a válvula V8 do terceiro caminho de fluido. As válvulas V5 e V7 permanecem fechadas. As bombas P1, P2 e P3 funcionam. De preferência, F2 e F3, entregam o seu fluido no segundo caminho de fluido.

**- Hemoperfusão:**

[000110] A figura 7 mostra a utilização do cassete aplicando de um tratamento de hemoperfusão. Esta técnica é usada para remover as substâncias tóxicas do sangue de um paciente, em que o meio de filtração contém uma substância absorvente. Uma solução de substituição é injetada para substituir o plasma extraído.

[000111] Assim, o controlador abre a válvula V1 do segundo caminho de fluido e a válvula V8 do terceiro caminho de fluido. As válvulas V5 e V7 permanecem fechadas. As bombas P1 e P2 funcionam, a bomba P3 não funciona. De preferência, F2 e F3, entregam o seu fluido no segundo caminho de fluido.

**Sistema com vários meios de fornecimento de líquido**

[000112] Quando um caminho de fluido (por exemplo, a partir de um meio de abastecimento de líquido suplementar) se liga a um outro caminho de fluido, o cassete comprehende preferencialmente uma câmara de ligação que permite a interseção dos referidos dois caminhos de fluido.

[000113] Em uma modalidade descrita na figura 8, o cassete comprehende:

- Uma terceira câmara de ligação (C4), que comprehende um canal de entrada (V1'), um canal de entrada com válvula dedicada (V1) e um canal de saída (V2). Esta câmara de ligação introduz um fluido contido em um segundo meio de fornecimento de líquido (F2) no caminho de fluido do sangue (segundo caminho de fluido), de preferência o referido segundo meio de fornecimento de líquido (F2) contém um agente anticoagulante, e/ou

- Um terceiro canal de entrada (V12') na segunda câmara de ligação (C3). O terceiro canal de entrada (V12') permite injetar um fluido contido em um terceiro meio de fornecimento de líquido (F3) no caminho de fluido do sangue (segundo caminho de fluido), de preferência o referido terceiro meio de fornecimento de líquido (F3) contém um agente anticoagulante, e/ou

rência o referido terceiro meio de fornecimento de líquidos (F3) contém um agente de inibição do anticoagulante e/ou

- Uma quarta câmara de ligação (C5), que compreende pelo menos dois canais de entrada (V14, V14') com válvula dedicada permitindo ter pelo menos dois fluidos diferentes ou semelhantes no terceiro caminho de fluido, por exemplo o dialisado em uma bolsa e um produto de substituição na outra.

**Circulação sem interrupção, esvaziamento e aprimoramento dos segundo e/ou terceiro caminho de fluido:**

[000114] Em uma modalidade descrita na figura 9, a segunda câmara de ligação (C3) é constituída por:

- Um canal de entrada (V11) do segundo caminho de fluido ligado aos meios de filtração 3

- Um canal de entrada (V12) do terceiro caminho de fluido ligado à câmara de distribuição (C1)

- Três canais de saída com válvula dedicada (V10, V10', V10''), o primeiro estando ligado a tubos de entrada do paciente 6, o segundo estando ligado a um canal de entrada da segunda câmara de ligação (C4) e o terceiro estando ligado a um meio de recuperação (F5), quer diretamente ou indiretamente ao meio de recuperação do filtrado (C6).

[000115] Esta modalidade permite, por exemplo:

- No caso de problemas, o controlador pode fechar a válvula V10 para evitar, por exemplo, injetar no paciente uma bolha de ar ou outro elemento que pode pôr em risco a vida do paciente. Neste caso, o sangue permanece no cassete e o filtro corre o risco de coagulação. É, portanto, imperativo que o sangue não estagne no cassete nem no filtro. Assim, P1 continua a funcionar, retirando no sangue a partir da segunda câmara de ligação para que o sangue circule entre as primeira, segunda câmaras de ligação e o filtro. V10' e/ou V1'' estão abertas, enquanto V1, V10 e V10'' estão fechadas.

- retirar amostras de sangue através da válvula V10",
- iniciar o tratamento retirando o ar do sistema,
- enxaguando o segundo caminho de fluido com o fluido do terceiro caminho de fluido,
- para eliminar a totalidade ou parte do fluido contido no segundo e/ou no terceiro caminho de fluido.

**Meios e método para a calibração das bombas e/ou dos sensores do primeiro e terceiro caminho de fluido:**

[000116] Algumas técnicas de limpeza extrarrenal contínua exigem saber com precisão a quantidade de volume injetado e retirado através de, respectivamente, os terceiro e primeiro caminhos de fluido. O sistema de tratamento inclui, de preferência, bombas peristálticas. Este tipo de bomba pode ter alguma imprecisão. Assim, de acordo com a figura 10, para determinar a quantidade precisa do volume adicionado e removido, o sistema de distribuição compreende pelo menos dois sensores de volume para medir os volumes dos terceiro e primeiro caminhos de fluido.

[000117] O primeiro sensor 15 está incluído no terceiro caminho de fluido entre a câmara de distribuição (C1) e a bomba principal (P2) e mede o volume injetado a partir do primeiro meio de fornecimento de líquido (F1, F1'). De preferência, o sensor 15 se situa depois do meio de aquecimento 4. O segundo sensor 17 é colocado no primeiro caminho de fluido a jusante da bomba e antes de qualquer outra câmara. O referido segundo sensor 17 mede o volume do filtrado retirado. Para evitar qualquer risco de contaminação, os dois sensores estão localizados preferencialmente no cassete.

[000118] Em uma modalidade preferida, o sistema de processamento compreende:

- um terceiro sensor de volume 16 para comparar os volumes medidos pelos dois sensores de volume anteriores 15, 17, o referido sensor também é chamado de sensor de referência,

- um meio de amostragem de fluido a partir dos primeiro e terceiro caminhos de fluido. O referido meio de amostragem inclui uma sexta câmara de ligação (C8) tendo um canal de saída ligado diretamente ao referido terceiro sensor 16 e dois canais de entrada (V19, V20) ligados, respectivamente, a:

- um canal de saída com válvula dedicada (V21), localizado na primeira câmara de distribuição,
- um canal de saída com válvula dedicada (V15), localizado na segunda câmara de distribuição

- opcionalmente, uma sétima câmara de ligação (C9) que permite aos sensores de referência 16 rejeitar os líquidos medidos no meio de recolha de filtrado (F4).

[000119] Para evitar o risco de contaminação, o referido terceiro sensor pode ser localizado de preferência no cassete.

[000120] O método compreende as etapas seguintes:

- calibração do volume injetado:
  - abertura da válvula (V21) e fecho das outras válvulas,
  - acionamento da bomba principal (P2) do terceiro caminho de fluido,
  - medição do volume bombeado pela referida bomba (P2) por intermédio do referido primeiro sensor 15 do referido terceiro caminho de fluido,
  - medição do referido volume bombeado através do sensor de referência 16,
  - comparação das duas medições,
- calibração do primeiro sensor 15 e/ou da bomba (P2).
- calibração do volume retirado:
  - abertura da válvula (V15) e fecho das outras válvulas,
  - acionamento da bomba (P3), do filtrado proveniente do primeiro caminho de fluido,

- medição do referido volume bombeado pela referida bomba (P3), através do referido segundo sensor 17 do referido primeiro caminho de fluido,
- medição do referido volume bombeado através do sensor de referência 16,
- comparação das duas medidas,
- calibração do primeiro sensor 15 e/ou da bomba (P2).

[000121] Estas etapas podem ser realizadas durante o aprimoramento e/ou durante o tratamento.

[000122] Os primeiro e segundo sensores 15, 17 são montados sobre um sensor comum chamado de sensor de referência 16 para uma precisão relativa ótima. Os referidos sensores, mesmo imprecisos, são suficientemente eficazes porque são precisos em comparação (relativa) em relação ao sensor de referência 16.

[000123] O referido sensor de referência 16 pode ser uma balança, uma bomba de volumétrica, um sensor de fluxo de massa ou um sensor qualquer para medir ou inferir um volume.

[000124] De preferência, os referidos primeiro e segundo sensores 15, 17 medem em contínuo os líquidos que passam, respectivamente, nos primeiro e terceiro caminhos de fluido. Graças à medição contínua de volumes, a compensação de qualquer desvio é possível.

#### **Sensor de pressão afastado do caminho de fluido:**

[000125] De acordo com as Figuras 11, 12 e 13, a presente invenção descreve um sistema de distribuição de fluido 100 (de preferência um cassete como descrito acima), que permite a recolha e/ou entrega de um fluido FI1 do e/ou ao paciente e medir a pressão do referido fluido FI1. O sistema inclui um corpo rígido 105 composto de, pelo menos, um caminho de fluido 103 através do qual o referido fluido FI1 se escoa e pelo menos um canal 102. O referido canal 102 é distinto do caminho de fluido 103 e é usado para ligar o referido caminho de fluido

a uma área de medição 101. O sistema compreende ainda pelo menos uma abertura 106 coberta por uma membrana flexível 104 que forma a referida zona de medição. A membrana tem uma forma para receber um sensor de pressão 107.

[000126] Um fluido FI2 diferente do fluido FI1 está contido na referida zona de medição 101. O fluido FI2 se estende até, pelo menos, em parte no referido canal 102. O referido fluido FI2 pode transmitir por contato a pressão do fluido FI1 à referida membrana 104. O referido canal 102 tem um estrangulador de fluxo formado de modo que o referido fluido FI1 não pode entrar em contato com a referida membrana. O comprimento e/ou a forma do referido canal de transmissão de pressão 102 depende da capacidade de expansão do referido fluido FI2 e/ou da gama de pressão a ser medida. De preferência, o canal 102 compreende pelo menos uma seção suficientemente estreita para reter o fluido FI1 de modo a que o referido fluido não penetre na referida zona de medição 101.

[000127] Em uma modalidade, o canal 102 compreende um filtro hidrofóbico 108 ou uma membrana.

[000128] Em uma modalidade, uma interface de membrana 104/fluido (FI3)/célula do sensor 107 é concebida para não ter nenhum atrito da membrana 104 sobre a referida célula que poderiam criar perturbações na medição. Uma interface de líquido (FI1)/fluido (FI2)/membrana 104 é concebida para impedir que a membrana 104 seja molhada pelo líquido (FI1). A transmissão das pressões de FI1 é assegurada pelos fluidos FI2 e FI3, dispostos em ambos os lados da membrana 104. FI2 e FI3 têm de preferência as mesmas propriedades físicas. De preferência, FI2 e FI3 é o ar. A referida membrana 104 pode se deformar com as tensões equivalentes de cada lado das faces e para compensar as variações de volume de ar, aprisionado entre a membrana 104 e o sensor 107, devidas à temperatura.

[000129] Em uma outra modalidade, o fluido FI1 é de natureza aquosa, enquanto que FI2 é de natureza lipídica, FI3 pode ser de natureza lipídica ou aquosa.

[000130] Em uma outra modalidade, a figura 13' divulga um sistema de fornecimento de fluido 100 que permite o escoamento de um fluido FI1 e medir a pressão do referido fluido FI1. O sistema inclui um corpo rígido 105 composto de, pelo menos, um caminho de fluido 103 através do qual o referido fluido FI1 se escoa e pelo menos um canal 102. O referido canal 102 é separado do caminho de fluido 103, mas se comunica de modo a que o fluido FI1 possa se escoar para o canal 102. Assim, o canal 102 permite ligar o referido caminho de fluido a uma área de medição 101. O sistema comprehende ainda pelo menos uma abertura 106 coberta por uma membrana flexível 104 que forma a referida zona de medição. A referida abertura 106 pode ser de tamanho igual ou diferente do tamanho do canal 102. Além disso, a membrana tem uma forma para receber um sensor de pressão 107. Um fluido FI2 diferente do fluido FI1 está contido na referida zona de medição 101. O fluido FI2 está contido, pelo menos parcialmente, dentro da zona de medição e/ou no canal 102.

[000131] Em uma modalidade ainda mostrada na figura 13', a quantidade e/ou o volume de fluido FI2 é constante ou pode diminuir ao longo do tempo da mesma forma que o fluido FI1 aumenta mais ou menos rapidamente no canal 102 e/ou na área de medição 101.

[000132] Em uma modalidade, a área de medição 101 e/ou o canal 102 contêm, pelo menos parcialmente, o fluido FI2 e o fluido FI1. O fluido FI1 pode molhar parcialmente ou estar em contato com a membrana 104. O comprimento e/ou a forma do referido canal de transmissão de pressão 102 depende da capacidade de expansão do referido fluido FI2 e/ou da gama de pressão a ser medida.

[000133] O canal 102 tem uma forma para limitar e/ou reduzir a pro-

gressão do fluido FI1, por exemplo durante a utilização do referido sistema. O sistema de distribuição de fluido 100 pode ser adaptado para garantir que a membrana 104 e/ou a área de medição 101 não sejam totalmente umedecidos pelo, ou em contato com o fluido FI1 durante a utilização do referido sistema.

**Atuador linear com economia de energia:**

[000134] A invenção descreve um atuador linear 200, utilizando um motor (por exemplo, um motor de corrente contínua (também chamado motor de CC) ou outro tipo de motor conhecido pelo perito na técnica) 201 acoplado a meios interpostos para converter a rotação do eixo motor em um movimento linear. De preferência, o motor pode também incluir um redutor de torque.

[000135] Em particular, os meios interpostos compreendem:

- pelo menos uma rampa 214 periférica disposta dentro de um pistão 207,
- pelo menos um meio de suporte 209 diretamente ou indiretamente fixado ao rotor 208 do referido motor elétrico 201, o referido meio de apoio 209 sendo conformado para cooperar com a referida rampa 214 periférica,
- pelo menos um meio de guia 203, 216, permitindo que o pistão 207 guie o movimento de translação.

[000136] A referida rampa 214 compreende pelo menos um patamar, em que o patamar 215 está localizado na parte superior da referida rampa 214. Em uma modalidade, pelo menos, um patamar pode ser conformado para cooperar com o meio de suporte. Por exemplo, o patamar pode ser perfeitamente plano, horizontal em relação ao movimento vertical do pistão. O patamar pode ter também uma forma específica para garantir a manutenção adequada do meio de suporte para assegurar a manutenção da posição, por exemplo, a modalidade da direita da Figura 18'. Além disso, o patamar 215 localizado na parte

superior da referida rampa 214 pode ser seguido por uma passagem 219 permitindo que o pistão 207 se libere das limitações exercidas pelo referido meio de apoio 209.

[000137] O pistão pode incluir uma ou mais rampas e/ou uma ou mais passagens. Pelo menos uma rampa pode ter uma inclinação entre 0 e 90°. Em uma modalidade, a referida inclinação pode estar entre 0 e 45°, de preferência entre 10 e 30°.

[000138] O referido pistão 207 compreende, pelo menos, duas posições fixas:

- uma primeira posição em que o pistão 207 está localizado a uma distância (d2) igual a A. Nesta posição, o meio de suporte 209 está no início da rampa,

- uma segunda posição em que o pistão 207 está localizado a uma distância (d2) igual a B. Nesta posição, o meio de suporte 209 coopera com um patamar permitindo que o pistão permaneça nesta posição.

[000139] O sistema tem várias vantagens:

- Não há necessidade de alimentar o motor para manter a válvula aberta (3º estado estável).
- O atuador não aquecerá quando este mantém uma posição.
- Baixo ruído de funcionamento.
- Curso significativo.

[000140] Em uma modalidade preferida como a mostrada na figura 16, o pistão 207 tem pelo menos uma rampa 214 (de preferência duas ou mais) e o meio de suporte pode ser um eixo transversal adaptado para cooperar pelo menos temporariamente com a referida pelo menos uma rampa. Além disso, quando o pistão compreende duas rampas posicionadas simetricamente em relação ao eixo central do rotor, para uma rotação completa do rotor, o pistão pode estar duas vezes na segunda posição e na primeira posição. O pistão pode incluir uma

passagem 219 para transições rápidas a partir da segunda posição para a primeira posição, a referida passagem pode se estender abaixo da primeira posição. Isto permite:

- obter duas posições do pistão (primeira e terceira posições), sem a atuação do atuador,
- facilitar a montagem,
- evitar que o rotor (ou o motor) rode quando o pistão está na terceira posição, o que torna impossível mudar de posição quando o cassete não é colocado na máquina.

[000141] De acordo com uma modalidade, a rampa é seguida por pelo menos uma passagem, de preferência depois de um patamar.

[000142] Em uma modalidade, o referido atuador compreende ainda pelo menos um meio de compressão 205 que exerce uma força contra o pistão (207). O meio de suporte e a rampa cooperam para mover o pistão ao longo do mesmo eixo que a força exercida pelos meios de compressão, mas de sentido oposto.

[000143] Em uma modalidade, o referido meio de compressão tende a empurrar o pistão (relativamente ao atuador) (isto é, na direção 220 da extremidade distal do pistão 217), enquanto que os meios de suporte e a rampa forçam o pistão a se mover para mais perto do atuador. Neste caso,  $A > B$ . Em uma outra modalidade, o referido meio de compressão tende a aproximar o pistão do atuador de modo a que os meios de suporte e a rampa forcem o pistão a se mover para longe do atuador. Neste caso  $A < B$ .

[000144] Em uma modalidade, o atuador se destina a acionar um elemento de um aparelho tal como aqui descrito no presente documento. Pode se tratar, por exemplo, de uma válvula do cassete. A descrição seguinte descreve esta modalidade, mas deve se entender que a invenção não está limitada a esta modalidade.

[000145] Assim, o referido pistão 207 compreende pelo menos duas

posições:

- uma primeira posição em que o pino 211 do pistão 207 está acoplado à válvula 212 (como se mostra na figura 15) de um cassete como o descrito anteriormente. O pistão 207 que não está limitado pelo meio de suporte 209, mantém a válvula 212 na posição fechada contra o assentamento da válvula 213. Aqui, d2 é igual a A.

- uma segunda posição na qual o pino 211 do pistão 207 está acoplado à válvula 212. O pistão 207 é limitado pelo meio de suporte 209, movendo o conjunto de pistão/bocal na direção 221 do motor 201. Quando os referidos meios de suporte 209 atingem o patamar 215 se encontrando na parte superior da rampa, o pistão 207 está na segunda posição e a válvula 212 na posição aberta. Aqui, d2 é igual a B.

[000146] Em uma modalidade, o pistão conhece uma terceira posição, em que o pino 211 do pistão 207 é desacoplado da válvula 212. Um meio de compressão 205 exerce uma força contra o pistão, movendo o referido pistão para uma terceira posição mais afastada do motor que a primeira e segunda posições. Pode ser o mesmo meio de compressão descrito acima ou um meio de compressão distinto. Aqui, d2 é igual a C. Nesta modalidade  $C > A > B$ . O interesse desta terceira posição é assegurar uma pressão suficiente quando o pistão está acoplado à válvula na primeira posição. Em outras palavras, quando o pistão está acoplado à válvula, o pistão exerce uma força contra a válvula a fim de assegurar o fecho da válvula, quando o pistão está na primeira posição.

[000147] Na modalidade, o atuador comprehende um elemento de fixação no seu suporte incluindo um meio de compressão para exercer uma força na direção da extremidade distal do pistão e com a mesma função descrita acima.

[000148] Os referidos meios de compressão 205 podem ser uma mola, uma lâmina elástica, um elástico ou um material com memória de

forma. O referido meio de compressão 205 pode exercer uma força de 0 a 6N, de preferência entre 5 e 6N.

[000149] O atuador 200 é projetado para não consumir energia aquando da manutenção de uma posição estacionária. O meio de suporte 209 está adaptado para deslizar ou rolar sobre a rampa para chegar a uma posição. Quando o meio de suporte 209 para em um patamar, esse patamar é formado de modo a que o todo esteja em equilíbrio. O patamar 215 no topo da rampa 214 é seguido diretamente de uma passagem 219 permitindo que o pistão se mova rapidamente a partir de uma segunda posição para uma primeira posição, com um dispêndio mínimo de energia. A referida passagem permite passar de uma posição para outra, com uma pequena quantidade de energia. Em outras palavras, a energia consumida pelo atuador para passar da primeira posição para a segunda posição é maior do que a energia consumida pelo atuador para passar da segunda posição para a primeira posição. A passagem 219 pode ser uma rampa tendo um declive elevado e/ou de sentido oposto ao da inclinação da rampa. Assim, o meio de suporte se desloca uma distância mais curta para se mover a partir da segunda posição para a primeira do que o contrário.

[000150] Opcionalmente, o pistão 207 comprehende uma pluralidade de patamares para ser posições intermédias de descanso.

[000151] Em uma modalidade, o motor comprehende um redutor de torque entre o motor e o rotor de permeio. O referido redutor de torque pode ser concebido de modo a que o motor possa fazer girar o rotor, mas que o rotor não possa fazer girar o motor. Em outras palavras, o redutor de torque, graças à sua concepção, pode impedir ou restringir ou inibir qualquer movimento do rotor, que não fosse devido pelo motor.

[000152] Em uma modalidade, o redutor de torque pode ser concebido de modo a que o atuador possa manter qualquer posição quando o motor está desligado (alimentado ou não). Assim, o atuador pode in-

cluir um número limitado de patamares como descrito acima, mas qualquer número de posições que podem ser mantidas graças ao redutor de torque sem que o atuador seja fornecido com energia. Um tal atuador pode estar adaptado para cooperar com uma válvula proporcional de um cassete de distribuição de fluido. Assim, com esta concepção, o atuador pode permitir o fluxo de fluido na proporção precisa do tratamento.

[000153] Em uma modalidade, o pistão 207 não inclui qualquer patamar, mas apenas posições sustentáveis graças ao redutor de torque tal como descrito acima. Este pistão inclui, assim, pelo menos uma rampa e, opcionalmente, uma passagem. O redutor de torque permite que o atuador mantenha uma dada posição que permite a abertura de 0% a 100% de uma válvula (por exemplo, uma válvula proporcional).

[000154] Em uma modalidade, o pistão comprehende pelo menos uma rampa inferior e uma rampa superior. As referidas rampas estão adaptadas para que pelo menos um meio de suporte 209 possa se mover entre as referidas rampas. As referidas rampas estão pelo menos parcialmente em paralelo umas em relação às outras.

[000155] Em uma modalidade preferida, pelo menos um atuador está incluído em um sistema de acionamento que comprehende um controlador e, pelo menos, um meio de fornecimento de energia. O referido sistema está concebido para mover pelo menos um pistão de uma segunda posição para uma primeira posição e vice-versa consumindo uma pequena quantidade de energia. Os referidos meios de fornecimento de energia podem ser uma fonte de alimentação externa e/ou um meio de armazenamento de energia. O referido meio de armazenamento de energia pode ser utilizado pelo sistema quando a referida alimentação externa já não está operativa ou é insuficiente. Assim, em caso de falha de energia, a válvula muda da posição aberta para a posição fechada devido à utilização do referido meio de armazenamento

de energia, que pode ser uma super capacidade ou uma bateria.

[000156] De acordo com uma modalidade apresentada na figura 14, o atuador 200 pode incluir:

- um motor 201
- um revestimento rígido 202, dentro do qual está disposto:
  - um sensor 204 ligado ao motor com o referido revestimento 202,
  - um meio de compressão 205,
  - um pistão 207 no qual é preso o elemento 206 adaptado para cooperar com o referido sensor 204,
  - um meio de suporte 209 fixado diretamente ou indiretamente ao rotor 208 do motor 201,
  - um elemento 210 fixado à extremidade distal 217 do pistão permite fixar um pino 211 que vai ser ligado a uma válvula.

[000157] O pistão 207 e o revestimento rígido 202 compreendem meios de guia 203, 216 para impedir que o pistão rode com o rotor 208 do motor.

[000158] As figuras 17, 18, 19, 20 e 21 mostram o pistão em posições diferentes (a válvula e o pino não são mostrados nestas figuras):

- Figura 17, a válvula não está acoplada ao pino. O pistão 207 está na terceira posição, com o meio de compressão 205 apertado. O meio de suporte 209 está na passagem 219 e não exerce nenhuma força contra a rampa 214.
- Figura 18, a válvula está ligada ao pino. O pistão 207 está na primeira posição, o meio de compressão 205 exerce pressão contra o pistão 207 para assegurar a posição fechada da válvula. De preferência, o meio de suporte 209 e a rampa 214 não exercem qualquer limitação. A figura 18' permite realçar duas modalidades distintas do patamar 215 na parte superior da rampa. Assim, de acordo com uma modalidade, o referido patamar pode ter uma forma diferente, pode ser

plano ou em forma mais ou menos moldada para uma maior cooperação com o meio de apoio 209, quando este último está próximo de e/ou sobre o patamar 215.

- Figura 19, a válvula está ligada ao pino. O rotor 208 está em movimento para permitir que o pistão 207 se move da primeira posição para a segunda posição. O meio de suporte 209 executa o seu percurso na rampa 214 e obriga o pistão 207 a se mover para mais perto do motor (abertura da válvula) e comprime o meio de compressão 205.

- Figura 20, a válvula está ligada ao pino. O pistão 207 está na segunda posição, os meios de suporte 209 param sobre o patamar 215 na parte superior da rampa. O meio de compressão 205 é comprimido. A válvula é aberta. A posição é estável, sem contribuição do motor 201. Em uma modalidade, o atuador compreende um sensor concebido para determinar a posição relativa do pistão 207. A modalidade descrita através da figura 20 apresenta um sensor 204 com efeito alargado que coopera com um magneto 206 acomodado no pistão. O sensor 204 pode ser um sensor de deslocamento linear que compreende uma haste ou um codificador ou todos os elementos 206 sendo adaptados para cooperar com o referido sensor 204. Além disso, graças ao processador ligado ao sensor 204, é possível saber ou controlar a posição do referido pistão 207.

- Figura 21, a válvula está ligada ao pino. O rotor 208 está em movimento, passando o meio de suporte 209 na passagem 219. O pistão passa instantaneamente a partir da segunda posição para a primeira posição graças ao meio de compressão 205, que empurra o pistão 207 para a extremidade distal do pistão 217. A válvula é fechada.

### **Comando de comando e de controle de um atuador**

[000159] Em uma modalidade apresentada nas figuras 32, 32' e 33, um sistema de comando 800 compreende um atuador linear que com-

preende uma parte móvel 801 e uma parte fixa 804, bem como elementos de controle e de comando 802, 803, 805. Os elementos de controle e de comando estão adaptados para determinar a posição da parte móvel 801 em relação à parte fixa 804 e para comandar o atuador linear.

[000160] A figura 32 apresenta o atuador em posição A e a figura 32' expõe o atuador em uma posição B. O elemento de comando 805 comanda o atuador cuja parte fixa 804 pode compreender o meio de encaixe (por exemplo, um motor). A parte móvel 801 pode ser adaptada para cooperar com, por exemplo, uma válvula de um sistema de distribuição de fluido. Assim, a posição A poderia corresponder à posição fechada da válvula que controla e a posição B pode corresponder à posição aberta da referida válvula, no entanto, a invenção não se limita ao controlo para abrir e fechar uma válvula de um sistema de distribuição de fluido e o número de posição pode ser limitado ou ilimitado.

[000161] Os elementos 1 802 e 2 803 do sensor são concebidos para cooperar e determinar pelo menos uma posição. Pode se tratar de um sensor de deslocamento capacitivo ou indutivo (LVDT...), um sensor eletromagnético (sensor de efeito de espaço), sensor de ultrassom, infravermelho, óptico, laser, mecânico ou micro-ondas (lista não exaustiva). No nosso exemplo, e para facilitar a compreensão, vamos utilizar um sensor de efeito de espaço. Assim, o elemento 1 802 é um íma permanente (neste caso, não está ligado ao processador) 805 e o elemento 2 803 é um sensor de efeito de espaço ligado ao processador. O íman permanente cria um campo eletromagnético em que o sensor 803 mede a intensidade. Em particular, o sensor 803 permite detectar a variação do campo magnético induzido pelo íman permanente 802 quando ele se move.

[000162] De preferência, o íman permanente 802 é fixado rigidamente de forma permanente à parte móvel 801 do atuador e o sen-

sor 803 está fixado rigidamente à parte fixa 804 de modo permanente do atuador (ou vice-versa). Assim, quando a parte móvel se desloca o íman permanente 802 se move para perto ou para longe do sensor 803, que, assim, mede uma alteração de intensidade no campo magnético do íman permanente 802. Idealmente, o íman e o sensor estão alinhados.

[000163] Os dados de medição do sensor 802 são transmitidos para o processador para processar o sinal. Normalmente, todos os sistemas de controle devem ser qualificados para determinar com antecedência a intensidade para cada posição. Em outras palavras, em geral, o sensor detecta os valores de patamar predeterminados correspondentes às respectivas posições previamente determinadas. Agora, este trabalho de qualificação (por exemplo, de calibragem que deve ser realizada em todos os atuadores) é longo e caro. Para evitar este trabalho de qualificação, a invenção descreve a utilização de um processador que executa o processamento de sinal, para determinar pelo menos uma posição do atuador. Assim, a invenção permite, por exemplo, não realizar a calibração.

[000164] O gráfico superior da figura 33 permite demonstrar que o valor absoluto (a intensidade do campo eletromagnético do íman medido pelo sensor) pode ser muito diferente de um atuador para o outro. De fato, os sensores dos atuadores 1 e 2 não revelam a mesma intensidade (em valor absoluto), enquanto que a sua posição é idêntica. Assim, seria difícil e pouco fiável ou impossível determinar a posição destes atuadores com base em um único valor de patamar.

[000165] O sistema de controlo 800 comprehende um processador 805, utilizando um modelo matemático que tem em conta a derivada do valor absoluto. Neste documento, o valor absoluto e o valor medido pelo sensor 803, correspondem à intensidade do campo magnético. A curva de valor absoluto é representada pelo gráfico superior da figura

33. O derivado do valor absoluto é o coeficiente diretor da curva traçada pelo valor absoluto. Em outras palavras, a derivada é utilizada para determinar a inclinação da variação do campo magnético quando o íman se move em relação ao sensor. Esta derivada é representada pela curva do gráfico do meio da figura 33. Assim, esta derivada é utilizada para encontrar a direção do movimento da parte móvel 801 do atuador em relação à sua parte fixa 804.

[000166] O sistema de comando comprehende assim um processador utilizando um modelo matemático que tem em conta a derivada do sinal. Com este modelo matemático, é possível saber quando o atuador tiver atingido uma posição ou um patamar tal como descrito no capítulo de divulgação do atuador linear. Com efeito, quando o atuador move a sua parte móvel 801 a primeira derivada é superior ou inferior a 0, mas quando o atuador não move a sua parte móvel 801, a sua primeira derivada é substancialmente igual a 0. No nosso exemplo e de preferência quando o íman 802 se afasta do sensor 803 a primeira derivada é negativa e vice-versa, quando o íman se aproxima, a primeira derivada é positiva.

[000167] O sistema pode compreender ainda um modelo matemático para determinar quando a parte móvel se move, e quando fica estacionária. Este segundo modelo matemático leva em conta a segunda derivada do valor absoluto. Graças a este segundo modelo matemático, o sistema sabe quando a parte móvel muda o seu comportamento (móvel ou imóvel).

[000168] Em uma modalidade, o sistema de comando comprehende um dispositivo de acionamento comprendendo pelo menos uma rampa e pelo menos um patamar (por exemplo, um atuador linear, tal como descrito no presente documento), um processador adaptado para comandar o atuador e para tratar o sinal de acordo com, pelo menos, um modelo matemático.

[000169] Um primeiro modelo matemático leva em conta o primeiro derivado do valor absoluto medido pelo sensor 803. O processador pode usar esse primeiro modelo matemático para saber em que pode ser usado este primeiro modelo matemático de modo a saber em que maneira sentido o movimento de peça móvel 801 se desloca. Quando a primeira derivada é de cerca de 0, o sistema de comando sabe que o atuador de válvula atingiu um patamar.

[000170] Um segundo modelo matemático leva em conta a segunda derivada do valor absoluto medido pelo sensor 803. O processador pode utilizar o segundo modelo matemático para determinar quando é atingido um patamar e/ou quando a parte móvel está parada ou em movimento. O gráfico inferior da figura 33 representa o sinal resultante do segundo modelo matemático. Quando o sinal é igual ao valor de f, isso significa que o atuador mantém uma posição ou está sobre um patamar. Quando o sinal é igual ao valor d, isso significa que a parte móvel 801 se move. Assim, graças ao segundo modelo matemático, o sistema não necessita do valor absoluto. Quando o sistema de comando fornece o atuador para mover a sua parte móvel 801, o segundo modelo matemático permite saber quando o atuador alcançou uma posição. Em outras palavras, quando o atuador continua o seu acionamento (por exemplo, fazer rodar o meio de suporte 209), mas a parte móvel não se move graças à primeira e/ou segunda derivada, o processador é capaz de saber que o meio de apoio atingiu um patamar. Assim, quando o processador instrui ao atuador uma mudança de posição, um modelo matemático permite que o processador saiba quando é atingido o patamar e, assim, ordena ao atuador que pare.

[000171] Assim, o referido sistema de comando está adaptado para determinar, pelo menos, uma posição atingida pela parte móvel 801 do atuador de forma independente das características do sensor utilizado. O referido sistema de comando está adaptado para comandar a para-

gem do atuador pelo menos em uma posição atingida pela parte móvel 801 do atuador de forma independente das características do sensor utilizado.

[000172] Em uma modalidade, o sistema de comando compreende um dispositivo de acionamento compreendendo pelo menos duas posições distintas. O atuador compreende, pelo menos, um valor de pata-mar e define uma posição e pelo menos uma rampa que permite mudar de posição. O atuador é acionado por um motor para fazer rodar de preferência em uma única direção, de modo a que passe de uma posição para outra de modo sequencial em uma ordem predeterminada. De preferência, o atuador está adaptado para voltar à sua posição inicial ao realizar, pelo menos, uma rotação parcial. Além disso, o processador compreende um modelo matemático que tem em conta a segunda derivada do valor absoluto medido pelo referido sensor. O referido processador compreende uma memória que contém a sequência de posições de modo a que o referido sistema não necessite de saber a primeira derivada do valor absoluto para determinar a posição do atuador. Basta que o atuador realize uma rotação para saber com precisão a sua posição, por exemplo, quando o sistema é iniciado.

**Dispositivo de acionamento usado para as bombas peristálticas:**

[000173] Em uma modalidade, o sistema de processamento pode compreender um dispositivo de acionamento utilizado para as bombas peristálticas. O referido dispositivo de acionamento divulgado neste documento também pode ser utilizado por várias bombas peristálticas e/ou sistemas de distribuição de fluido que compreendem uma bomba peristáltica.

[000174] A invenção também descreve ainda um meio de correção de erros de tolerância do eixo que aciona as bombas peristálticas. A referida invenção, apresentada nas figuras 22 e 23, é um dispositivo de acionamento 300 que compreende um pino flutuante 301 acionado por um meio

de acionamento 303 ligado a um rotor 310 de um motor elétrico (não diagramado). O referido eixo flutuante 301 compreende um conjunto fixo de base 311/tampa 302 que fecha uma cavidade dentro da qual o referido meio de acionamento 303 está pelo menos parcialmente contido. O referido meio de acionamento 303 compreende um corpo rígido configurado para cooperar com as paredes 309, 309' da referida cavidade 313 para permitir uma liberdade limitada do eixo flutuante 301 em relação ao eixo do referido rotor 310. Um parafuso 307 pode permitir fixar os meios de acionamento 303 ao referido rotor 310.

[000175] A cavidade compreende pelo menos um elemento de cooperação (312) que permite que o referido meio de acionamento 303 transmita um movimento de rotação ao referido eixo flutuante. Preferencialmente, o referido elemento de cooperação 312 é uma abertura delimitada por dois elementos rígidos 308 e através dos quais um eixo 306 é recebido de forma perpendicular. O espaço entre os dois elementos rígidos 308 é razoavelmente maior do que o diâmetro do eixo 306.

[000176] Os elementos rígidos 308 e/ou o eixo 306 podem ser feitos a partir de metais duro, tais como o cobalto, o tungstênio, o vanádio, o crômio, o manganês, o níquel, o titânio, o germânio, o gálio, o bismuto, o irídio, o lítio, o magnésio, o molibdênio, o estrôncio, o rubídio ou o paládio. Em uma modalidade, os elementos rígidos 308 têm uma dureza maior do que o eixo 306. Os elementos rígidos 308 e/ou o eixo 306 podem receber um tratamento para aumentar a sua dureza, por exemplo, óxido de zircônio ou uma das suas ligas.

[000177] Em uma modalidade, o corpo 304 do referido meio de acionamento 303 pode ter uma forma esférica perfeitamente redonda ou parcialmente achatada. Em uma outra modalidade, o referido corpo 304 forma um rolo que comprehende três faces. Duas das três faces são opostas e estão interligadas entre si através da terceira face, que é curva. De acordo com o plano X-Z, o referido rolo forma um círculo

formado pela referida superfície curva. A ligação entre, pelo menos, uma das duas faces que se opõem com a face curva pode ser arredondada de acordo com o plano X-Y. As faces que se opõem podem ser substancialmente planas e/ou substancialmente paralelas em relação uma à outra.

[000178] Em uma modalidade, a cavidade 313 comprehende paredes lisas 309, 309'. De preferência, a parede superior 309 e/ou a parede inferior 309' da referida cavidade 313 são de forma pelo menos parcialmente cônica. As superfícies das paredes superiores 309 e inferiores 309' podem ser planas ou curvas.

[000179] Na modalidade de acordo com o plano X-Y, o cone da parede lisa 309 é definido por um ângulo de entre 0 e 90°, de preferência de entre 5 e 30°. O cone da parede oposta lisa 309' é definido por um ângulo compreendido entre -0 e -90°, de preferência de entre -5 e -30°. Os ângulos destes dois cones parciais podem ser iguais ou diferentes.

[000180] As paredes lisas 309, 309' estão adaptadas para cooperar com as extremidades do corpo 304 de modo a que o eixo flutuante 301 possa se mover de acordo com, pelo menos, um dos três eixos X, Y ou Z e/ou sofrer movimentos de inclinação. Por exemplo, ao longo do eixo Y, o eixo flutuante 301 pode ser submetido a um movimento de inclinação de +/- 10°, de preferência inferior a +/- 5°.

[000181] Em uma modalidade, o meio de acionamento 303 comprehende um eixo longitudinal 305 e o eixo flutuante 301 comprehende uma segunda cavidade 313' que se estende ao longo do eixo flutuante. O eixo longitudinal 305 se encaixa no interior da segunda cavidade 313' para restringir o campo de movimento do eixo flutuante 301.

[000182] Geralmente e de preferência, as dimensões dos elementos que formam o meio de acionamento 303, 306, 305 são razoavelmente menores do que os elementos que formam o interior do eixo flutuante 301, 302, 313, 312.

[000183] Em uma modalidade, o sistema de acionamento 300 compreende um veio de acionamento formado por uma única peça, que se estende ao longo do eixo Y e que está adaptado para acionar pelo menos um rolo 320 de um sistema de bomba peristáltica. O referido rolo está adaptado para esmagar um tubo flexível (não representado) de encontro a uma parede (não mostrada). De acordo com as Figuras 22 e 23, o veio de acionamento é representado pelo eixo flutuante 301. Em outras palavras, o eixo de acionamento pode ser o eixo flutuante e/ou coincidente com uma porção do sistema de acionamento. De acordo com as figuras 22 e 23, o eixo de acionamento pode ser de forma cilíndrica e compreender uma extremidade livre chanfrada (aqui o termo extremidade livre se opõe à extremidade oposta, que está ligada direta ou indiretamente ao motor). O cilindro do eixo de acionamento forma um círculo ao longo de um plano X-Z.

[000184] Na modalidade, o referido eixo de acionamento é formado de uma só peça constituída por pelo menos dois cilindros diferentes definidos pelo mesmo eixo (por outras palavras, o centro do cilindro), mas tendo diferentes diâmetros. Assim, de acordo com o plano X-Z, o eixo de acionamento pode formar, pelo menos, dois círculos paralelos, mas de tamanhos diferentes. Além disso, o eixo de acionamento pode compreender três cilindros, em que só um é de diâmetro diferente. O cilindro definido pelo diâmetro menor pode ser disposto entre os dois cilindros de igual diâmetro. Tais cilindros de diâmetro maior podem ter superfícies tratadas para melhorar a cooperação com os rolos da bomba peristáltica.

[000185] Esta construção do eixo de acionamento de três cilindros é particularmente adequada e vantajosa para a utilização de um rolo em forma de H, tal como o rolo 320 da figura 23. O rolo está compreendido dentro de um sistema de bomba peristáltica e vem esmagar uma mangueira flexível. A função de esmagamento é de preferência reali-

zada por uma porção rígida 322 do rolo 320. O referido rolo 320 é um cilindro formando um círculo no plano X-Z e compreende um eixo 321 no centro deste cilindro que se estende de acordo com o eixo Y, uma porção rígida 322 e pelo menos uma porção flexível 323 que é deformável. A porção flexível está adaptada para cooperar com o eixo de açãoamento.

[000186] De preferência, os rolos de maior diâmetro entram em contato com as porções flexíveis 323 do rolo 320 e açãoam o rolo 320. Quando o eixo de açãoamento está em contato com pelo menos uma porção flexível, a referida porção flexível 323 pode se deformar a fim de melhorar a cooperação entre estes dois elementos e/ou para ajustar os erros de tolerância de cada um dos elementos. De preferência, o rolo compreende uma porção rígida 322 no seu centro e duas porções flexíveis 323 nas extremidades de acordo com o eixo Y.

[000187] Um sistema de distribuição de fluido que compreende um eixo flutuante 301, um eixo de açãoamento de três cilindros e/ou um rolo com peças rígidas e flexíveis permite melhorar substancialmente a cooperação rolo/eixo de açãoamento e corrigir os erros de tolerância dos diferentes elementos do sistema.

#### **Meio de amortecimento dos picos de pressão:**

[000188] Em uma modalidade, o sistema de processamento compreende, pelo menos, um dispositivo de amortecimento dos picos de pressão.

[000189] A figura 24 mostra o sinal de pressão medido perto da entrada de uma bomba peristáltica. Na primeira curva 401, é possível observar a oscilação da pressão, enquanto que a segunda curva 402 representa o valor médio dessa pressão. A finalidade do amortecedor é reduzir a amplitude das oscilações da primeira curva 401.

[000190] Um tal meio de amortecimento pode ser instalado em um

ou mais caminhos de fluido de um sistema de distribuição conforme descrito acima. De preferência, este meio de amortecimento é integrado em um cassete.

[000191] Quer seja em diálise peritoneal ou em terapia de purificação extracorporal contínua, cada tratamento tem uma ou mais configurações possíveis. No entanto, o fenômeno dos picos de pressão pode ser amplificado ou atenuado por vários elementos que são ajustados de acordo com as referidas configurações. Recordando, um dos objetivos da invenção é permitir uma utilização simples do sistema. A reproduzibilidade é assim um elemento importante porque o operador (geralmente um enfermeiro) deve assegurar o bom funcionamento do sistema, sem ter de levar em conta as características dos diferentes elementos.

[000192] O sistema de distribuição, tal como aqui descrito é um cassete através da qual os fluidos fluem em três caminhos de fluido. De preferência, esses fluidos são impulsionados por bombas peristálticas. A reproduzibilidade, a precisão e o conforto do paciente são elementos importantes. Assim, de preferência, em pelo menos um meio de amortecimento é integrado o referido cassete. Para ser mais eficaz possível, o referido meio de amortecimento deve ser colocado o mais próximo possível do sistema de bombeamento.

[000193] Em uma modalidade mostrada esquematicamente na Figura 25, o caminho de fluido inclui paredes 404 que definem o referido caminho. Estas paredes podem ser as paredes rígidas do cassete. Uma seção do caminho de fluido é coberta com uma membrana flexível 403 que substitui então a referida parede 404. Graças à elasticidade da referida membrana flexível 403, os picos de pressão são substancialmente atenuados, absorvidos pela deformação da membrana 403. A absorção destes picos é uma função do tamanho e das características elásticas da membrana.

[000194] Em uma outra modalidade mostrada esquematicamente na figura 26, o caminho de fluido também inclui paredes que definem o referido caminho, mas uma seção é substituída por uma cavidade cheia com um fluido compressível tal como o ar. Este ar pode ser preso (aproximadamente 1 mL) durante o escorvamento do sistema. Assim, o volume de ar é mais ou menos comprimido durante o bombeamento absorvendo a energia dos picos de pressão. Esta modalidade é particularmente eficaz porque requer pouca energia para o seu funcionamento e o referido fluido absorve muito rapidamente os picos de pressão. De preferência, a cavidade ou a boca da cavidade se destina a impedir que o fluido compressível se escape totalmente. Em outras palavras, a cavidade é concebida para evitar que o fluido que se escoa não substitua o fluido compressível.

[000195] Preferencialmente, o referido meio de amortecimento está posicionado a montante do mecanismo de bombeamento.

## REIVINDICAÇÕES

1. Atuador linear (200) para acionar uma válvula de um dispositivo médico, o atuador linear caracterizado pelo fato de que compreende:

um motor elétrico rotativo (201),

um pistão (207), e

meios que se encontram interpostos entre o motor elétrico rotativo (201) e o pistão (207) transformando o movimento de rotação do motor elétrico rotativo (201) em um deslocamento linear do pistão (207); os ditos meios interpostos compreendendo:

uma rampa periférica (214) disposta no interior do dito pistão (207);

um meio de suporte (209) configurado para cooperar com a dita rampa periférica (214);

um meio de guia (203, 216) permitindo ao pistão guiar o movimento linear;

em que a rampa periférica (214) compreende (i) um patamar localizado em uma parte superior da referida rampa periférica (214) e (ii) uma passagem (219) configurada para liberar o meio de suporte (209) da rampa periférica (214),

em que a rampa periférica (214) é configurada, tal que o pistão (207) transita de uma primeira posição, na qual o meio de suporte (209) está na passagem, para uma segunda posição, na qual o meio de suporte (209) está localizado no patamar, e de volta para a primeira posição, por uma rotação unidirecional do motor elétrico rotativo (201), e

em que a rampa periférica (214) forma uma estrutura que é disposta em uma superfície interna do pistão (207), uma parede lateral circular do pistão não tendo nenhuma abertura que engata com o meio de suporte (209).

2. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda meios de compressão (205) que exercem uma força contra o pistão (207) no eixo principal do rotor motor elétrico rotativo (201).

3. Atuador, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a rampa periférica (214) é configurada para permitir que o pistão (207) mantenha a primeira posição e a segunda posição sem a necessidade de fornecer energia o motor elétrico.

4. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a passagem (219) se estende por baixo de uma parte inferior da rampa periférica (214).

5. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o referido pelo menos um meio de suporte (209) compreende um eixo fixo perpendicularmente ao referido rotor (208) do motor elétrico rotativo (201).

6. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um sensor de posição (204) do pistão.

7. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os meios interpostos permitem que o pistão mantenha em uma posição de equilíbrio quando o meio de suporte repousa contra o referido patamar, sem a necessidade de fornecer energia para o motor elétrico rotativo.

8. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o patamar é uma plataforma substancialmente planar ao longo de um eixo perpendicular ao eixo principal do rotor.

9. Atuador, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que na primeira posição de equilíbrio, os meios de compressão forçam o dito pistão para uma posição mais distante a partir do motor elétrico rotativo do que para a segunda posição.

10. Atuador, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que, na segunda posição de equilíbrio, os meios interpostos forçam o pistão para uma posição mais próxima do motor elétrico rotativo do que para a primeira posição.

11. Atuador, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a passagem se estende a partir da parte superior da rampa periférica e/ou em que a passagem é justaposta ao patamar.

12. Atuador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a passagem está disposta no mesmo eixo que um eixo do movimento linear do pistão.

13. Sistema de acionamento caracterizado pelo fato de que compreende:

um atuador linear (200), como definido na reivindicação 1,

um controlador tendo um processador para controlar o atuador linear (200) e,

um meio de fornecimento de energia para fornecer energia para o atuador linear;

em que o controlador é configurado para deslocar um pistão de uma segunda posição para uma primeira posição.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que os meios de fornecimento de energia compreendem pelo menos um fornecimento externo e um meio de armazenamento de energia; o dito meio de armazenamento de energia sendo configurado para ser usado, quando o fornecimento externo já não está operativo ou é inadequado.

15. Sistema de válvula acionável caracterizado pelo fato de que compreende um atuador como definido na reivindicação 1.

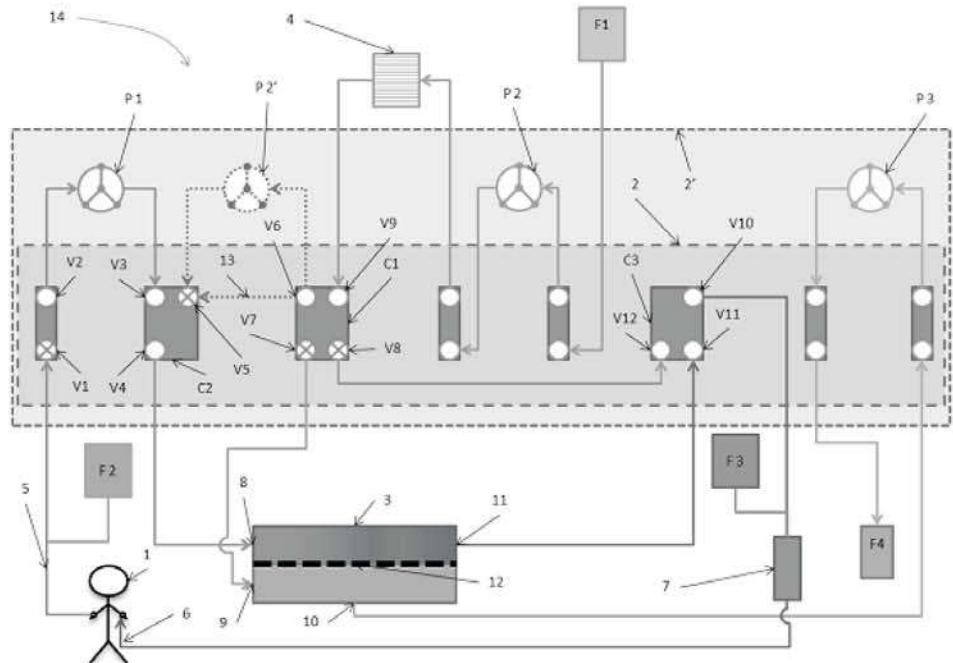


Figura 1

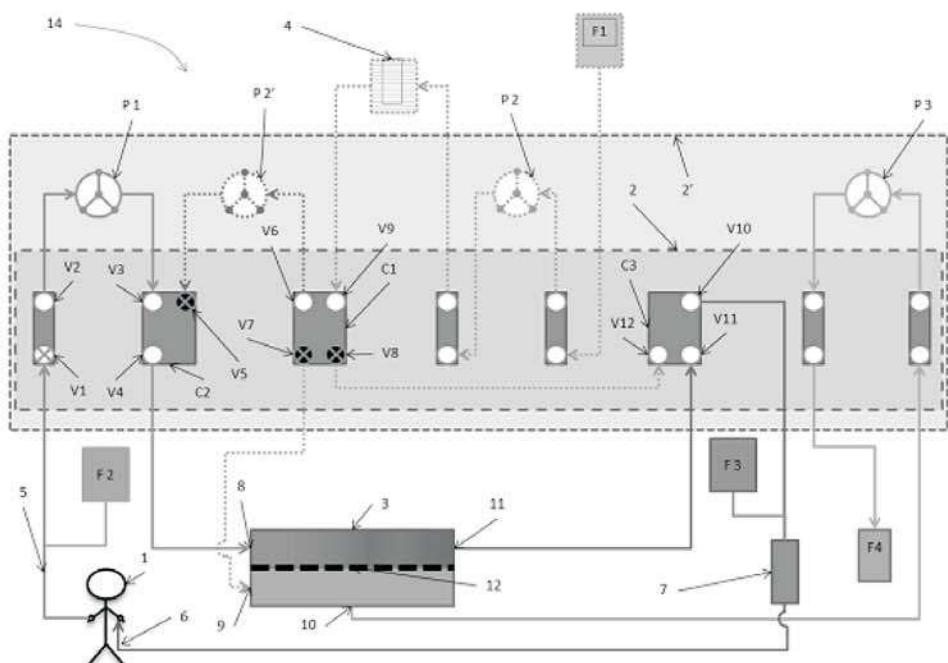


Figura 2

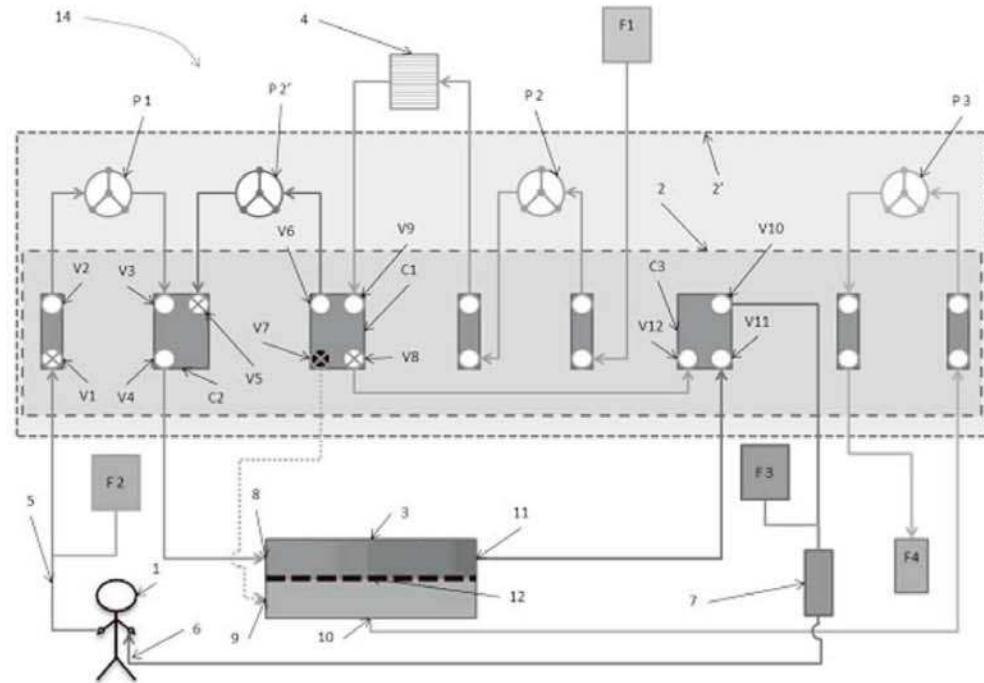


Figura 3

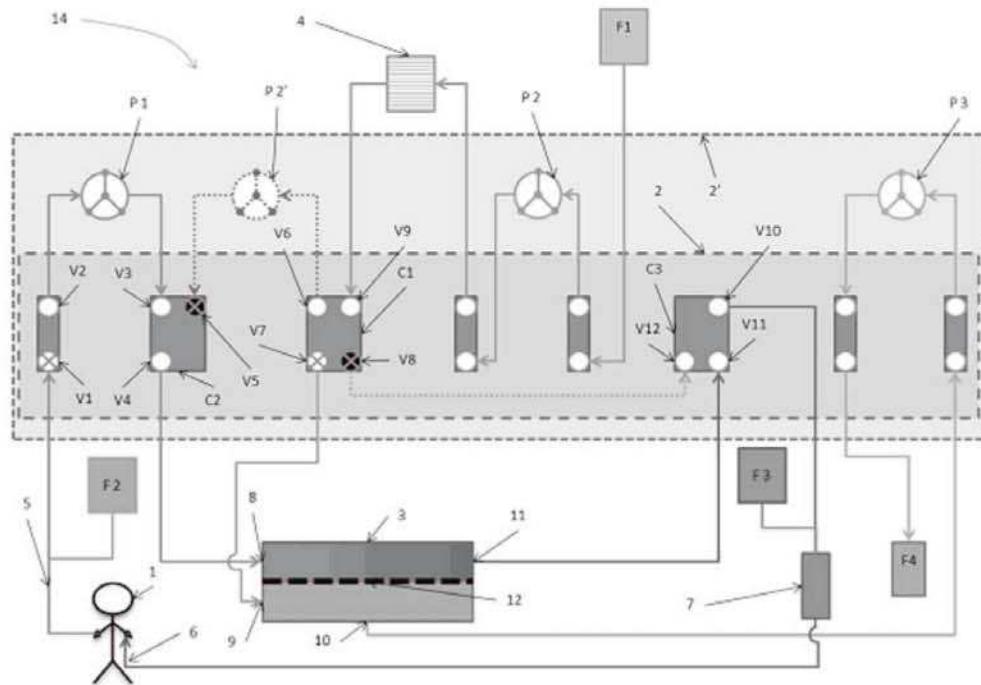


Figura 4

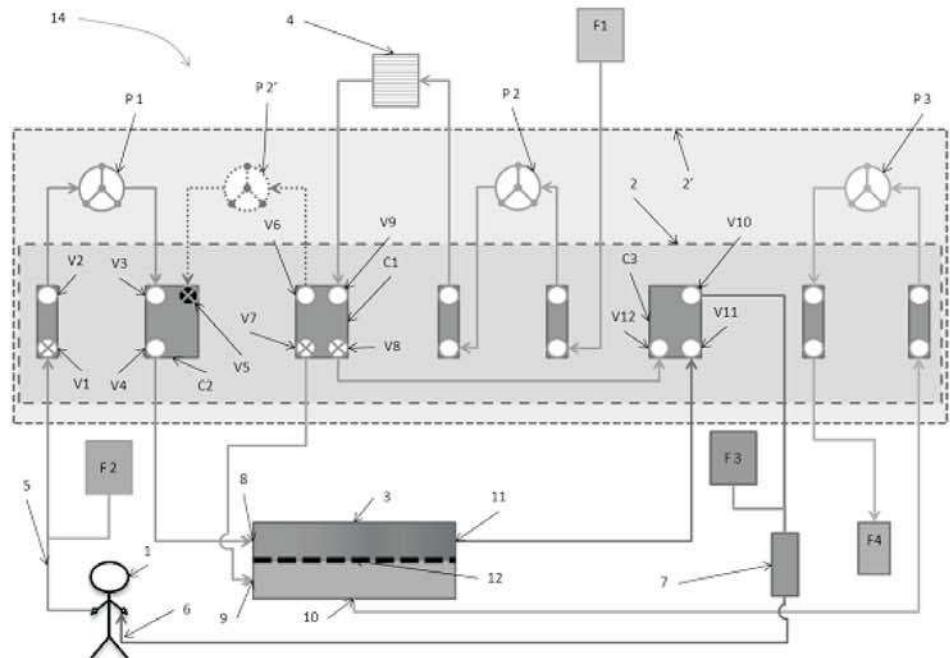


Figura 5

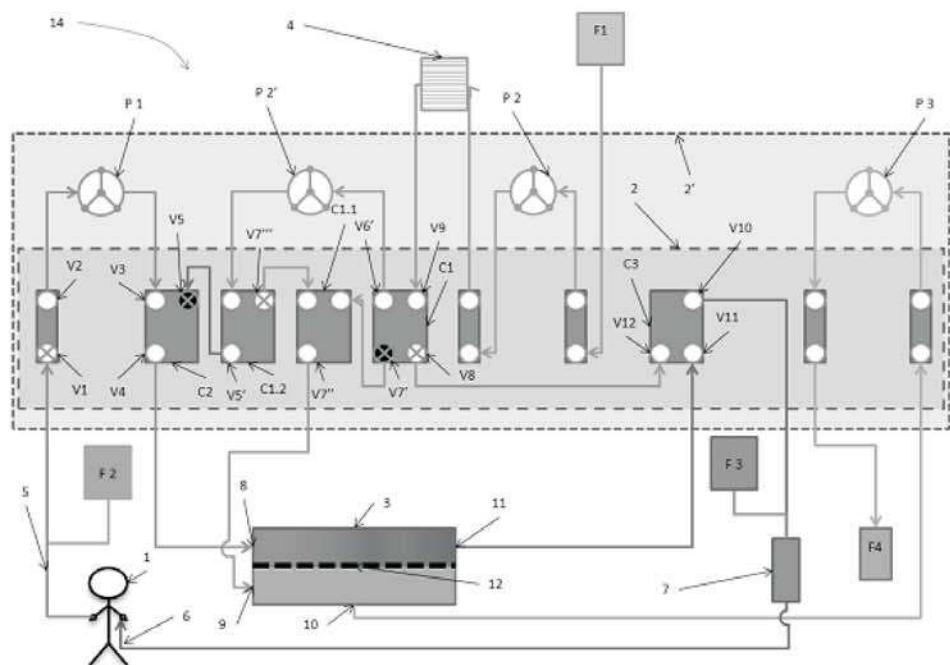


Figura 5'

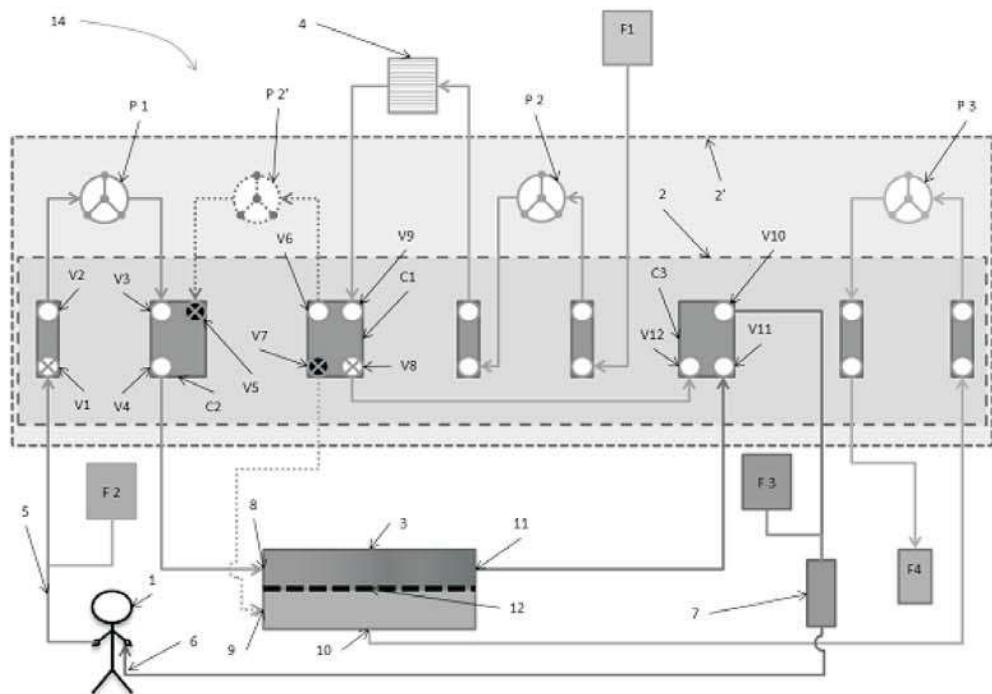


Figura 6

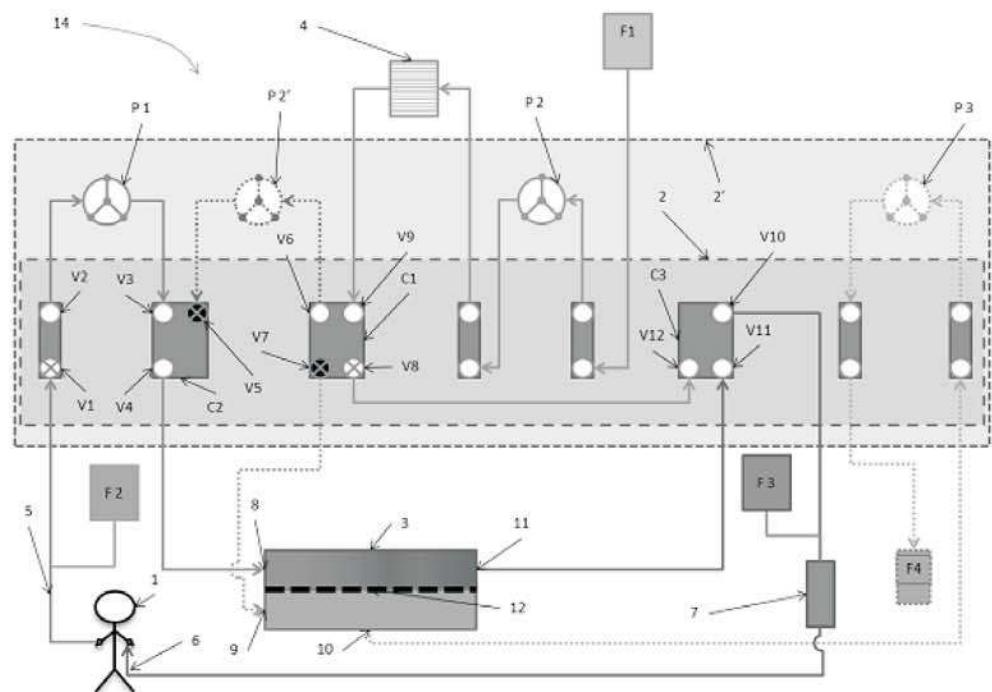


Figura 7

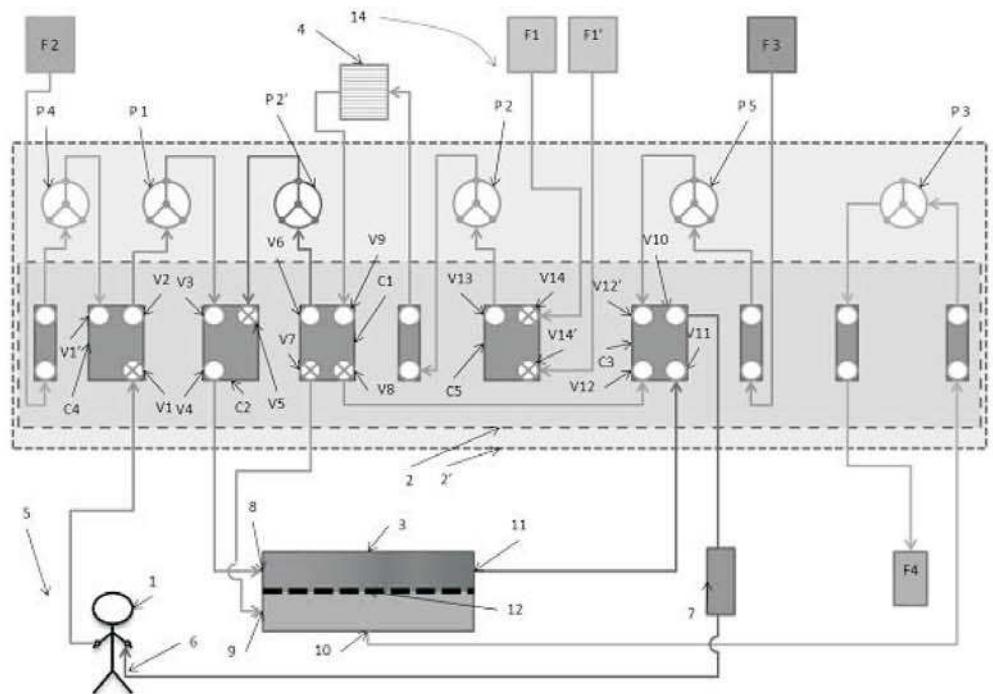


Figura 8

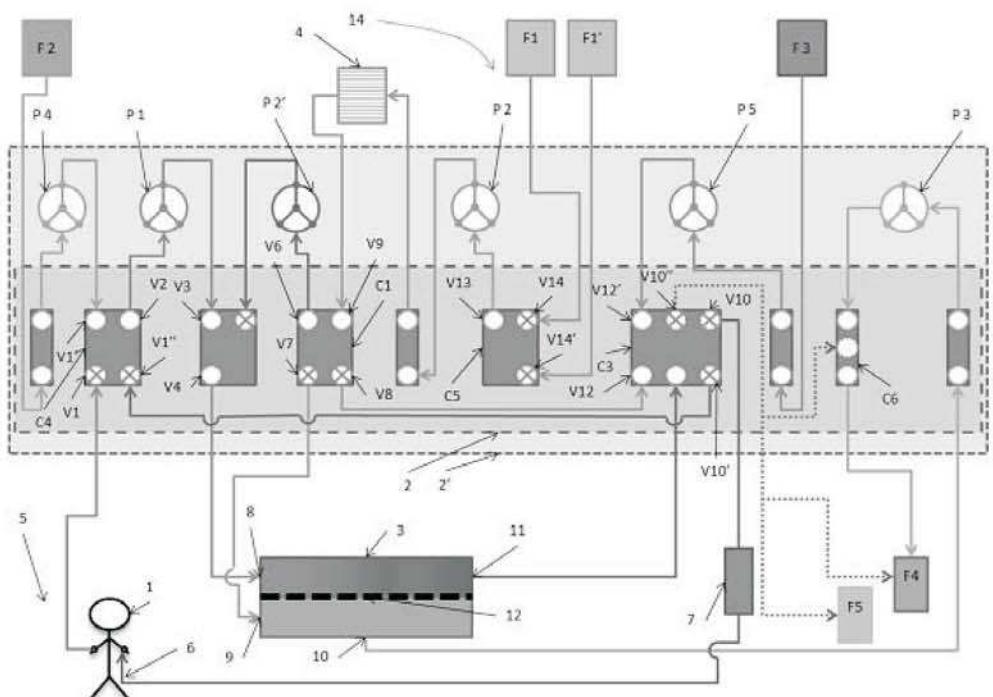


Figura 9

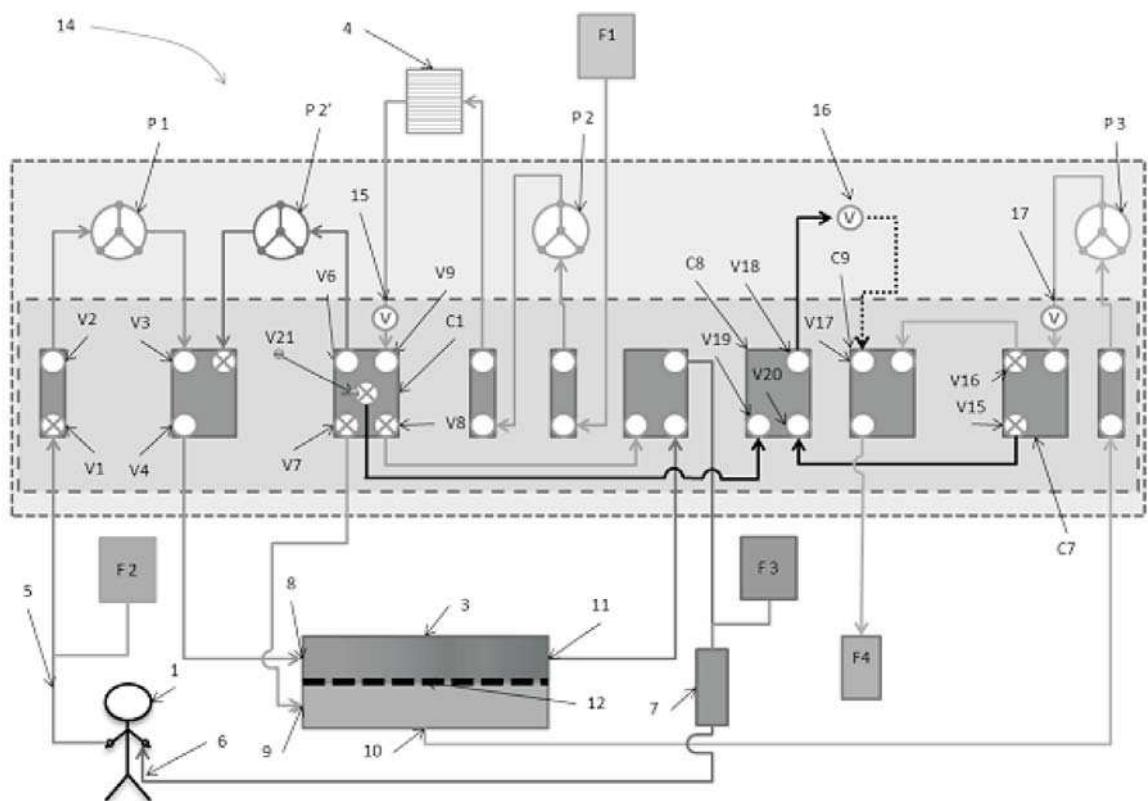


Figura 10

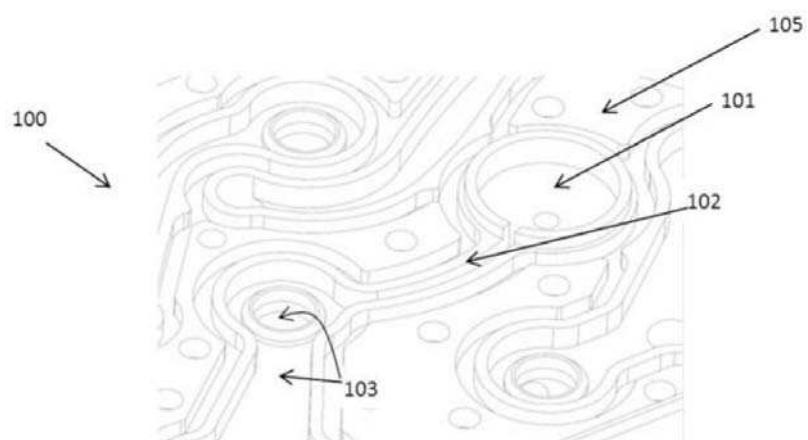


Figura 11

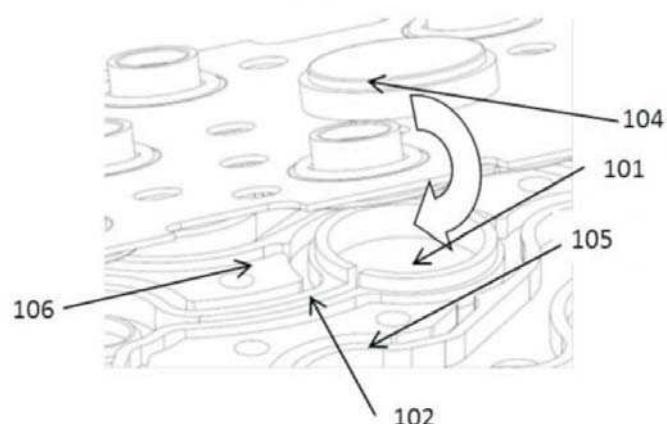


Figura 12

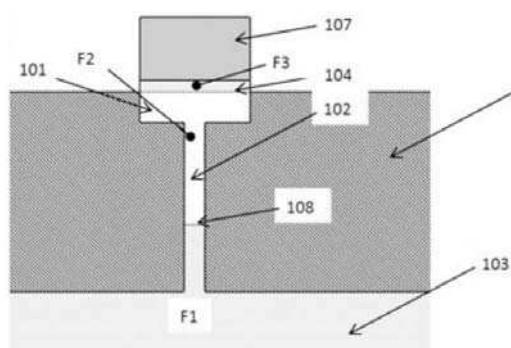


Figura 13

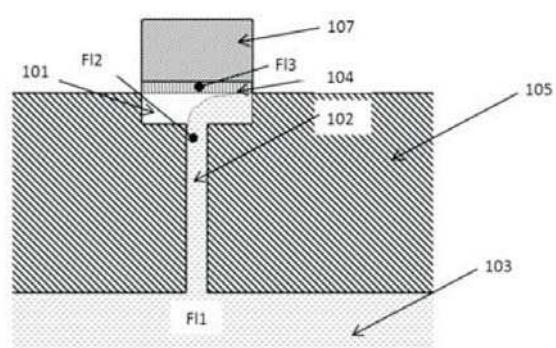


Figura 13'

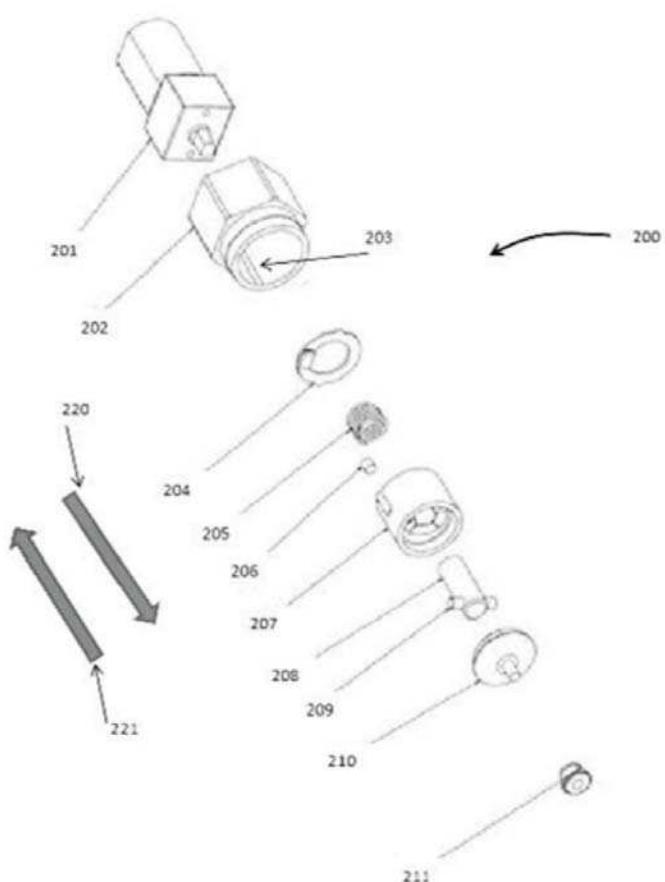


Figura 14

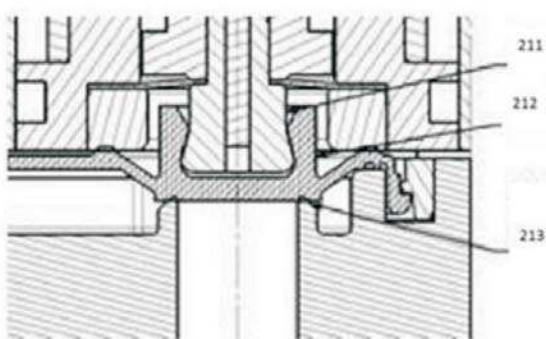


Figura 15

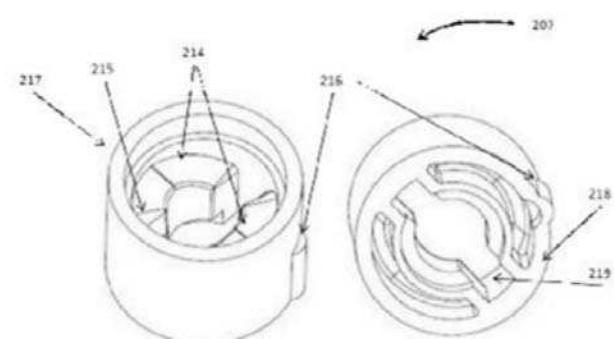


Figura 16

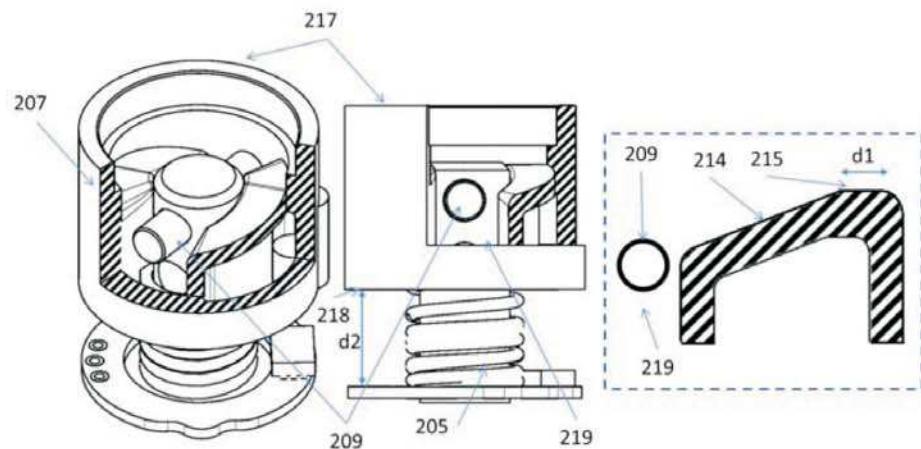


Figura 17

Figura 17'

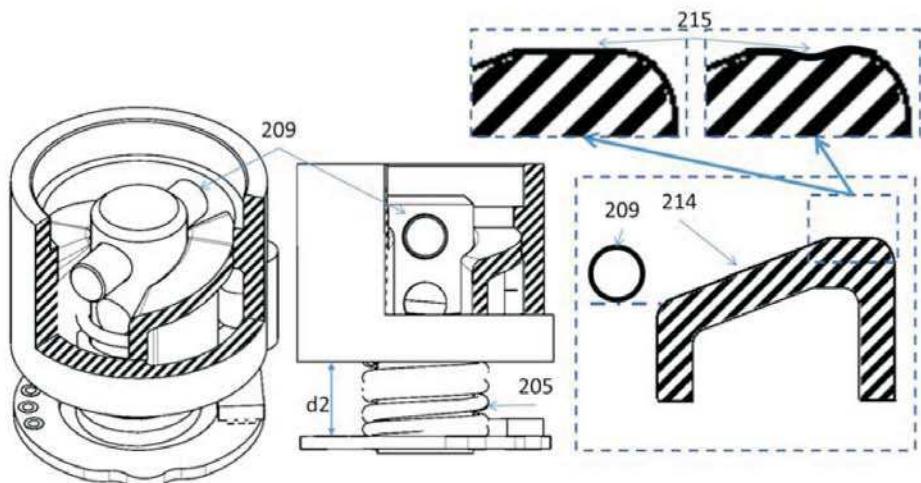


Figura 18

Figura 18'

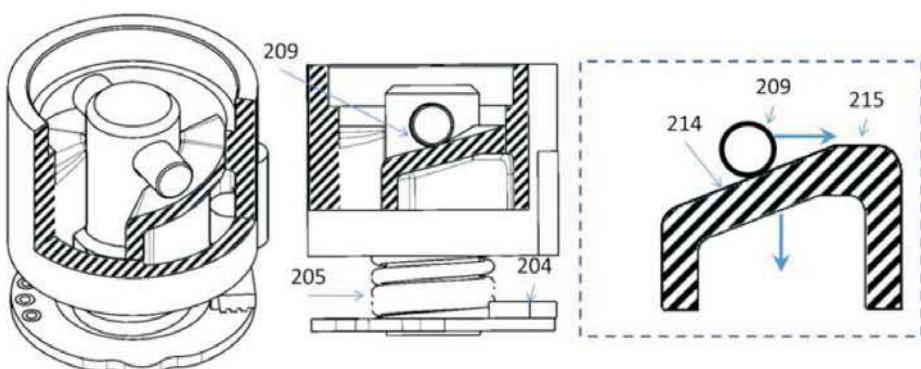


Figura 19

Figura 19'

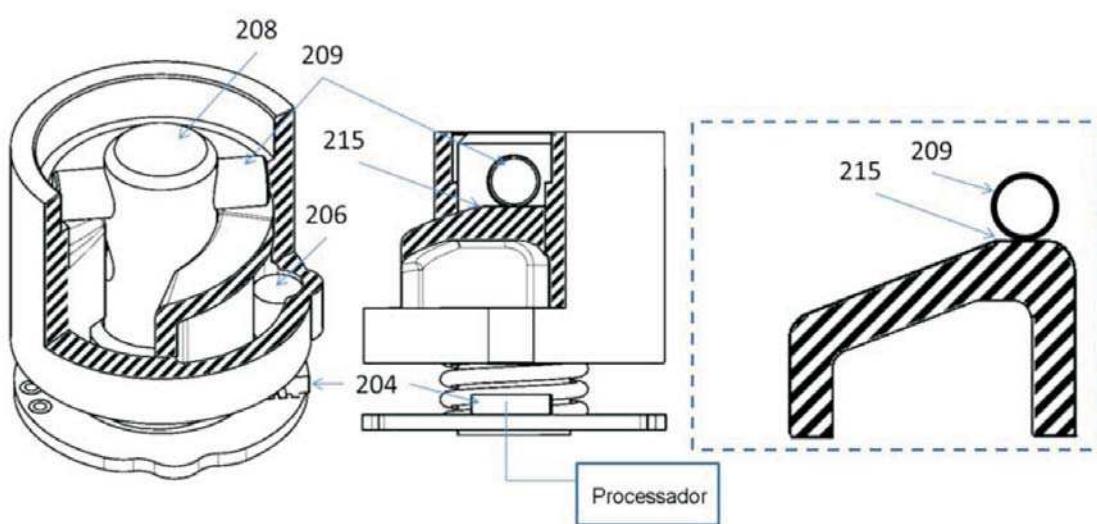


Figura 20

Figura 20'

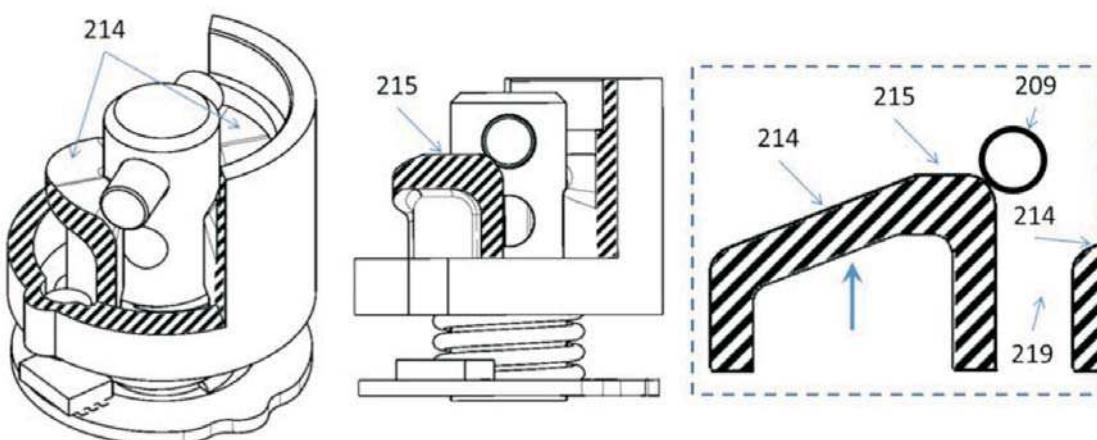


Figura 21

Figura 21'

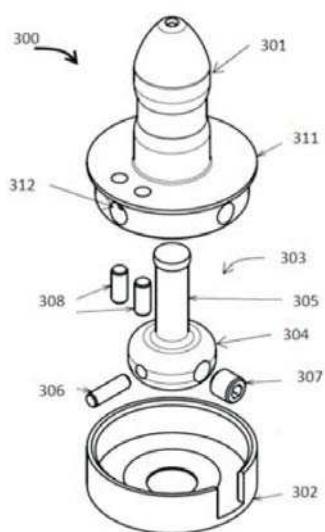


Figura 22

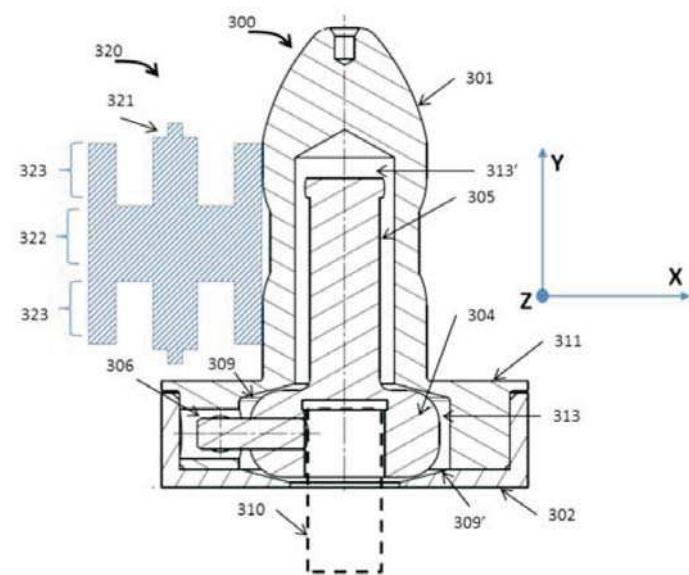


Figura 23

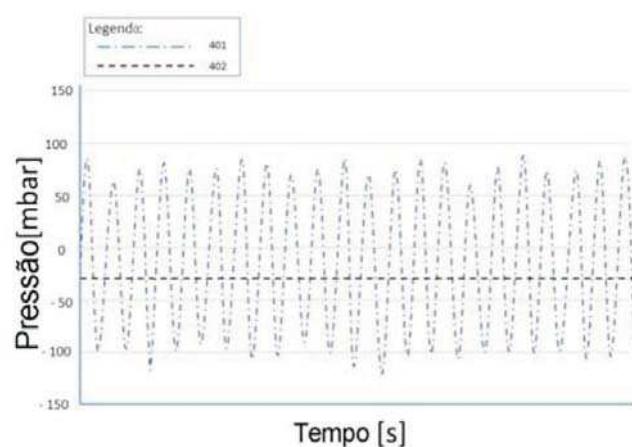


Figura 24

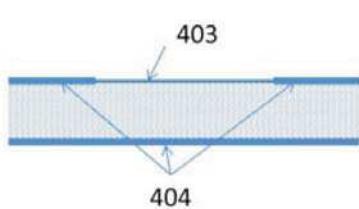


Figura 25

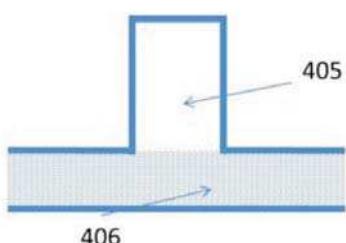


Figura 26

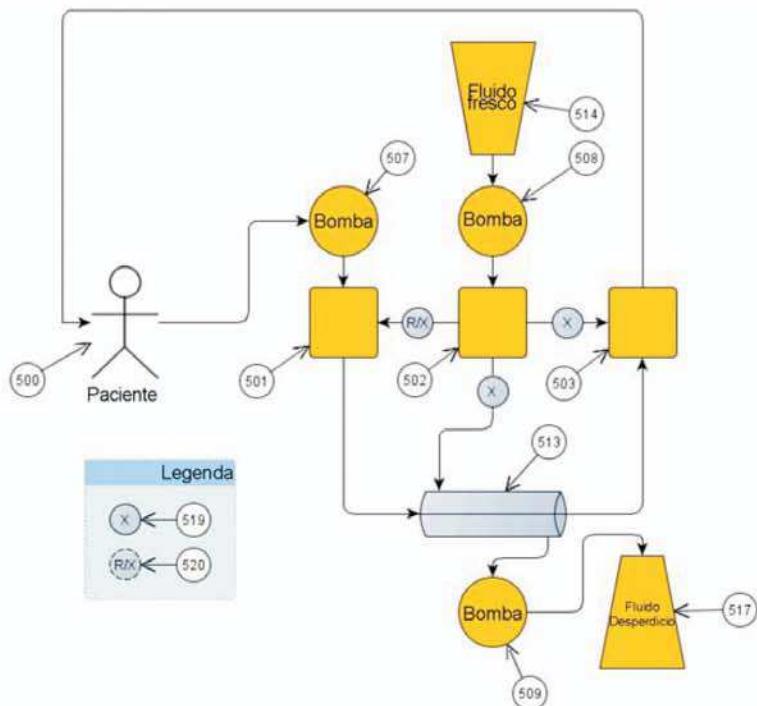


Figura 27

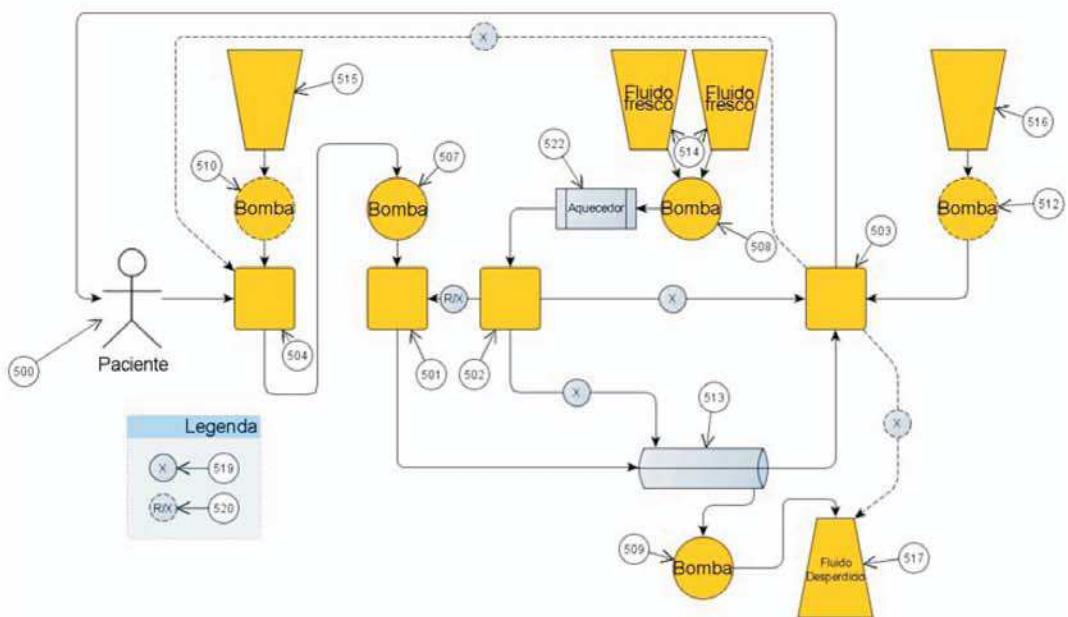


Figura 28

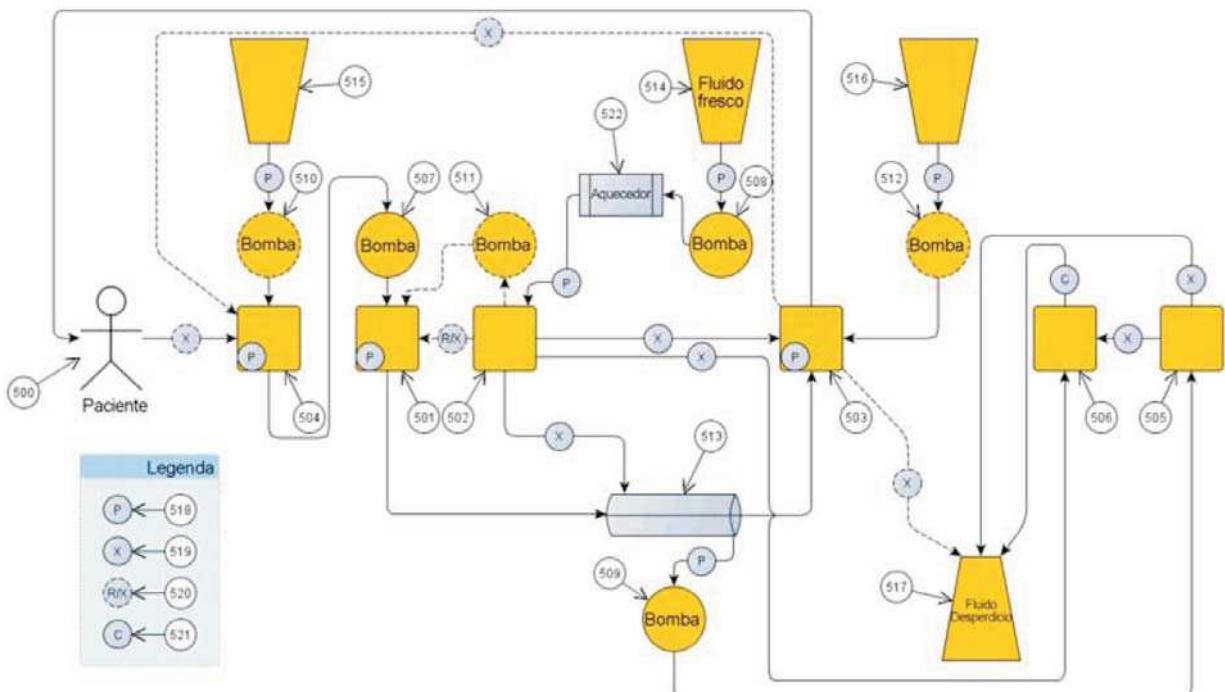


Figura 29

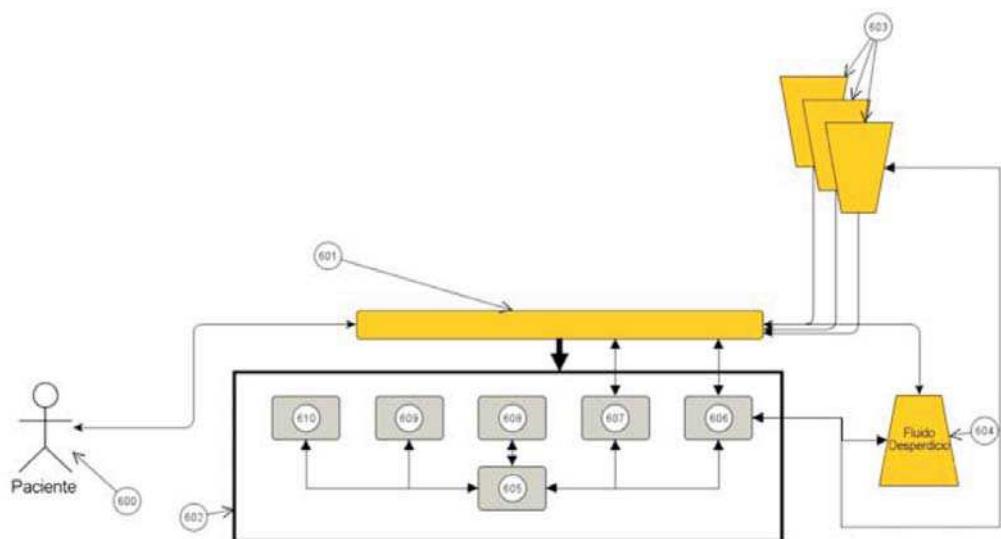


Figura 30

14/14

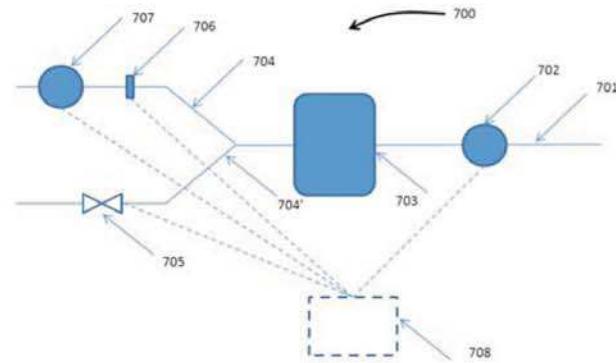


Figura 31

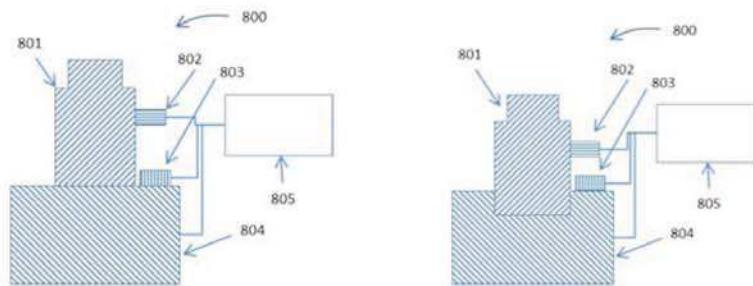


Figura 32

Figura 32'

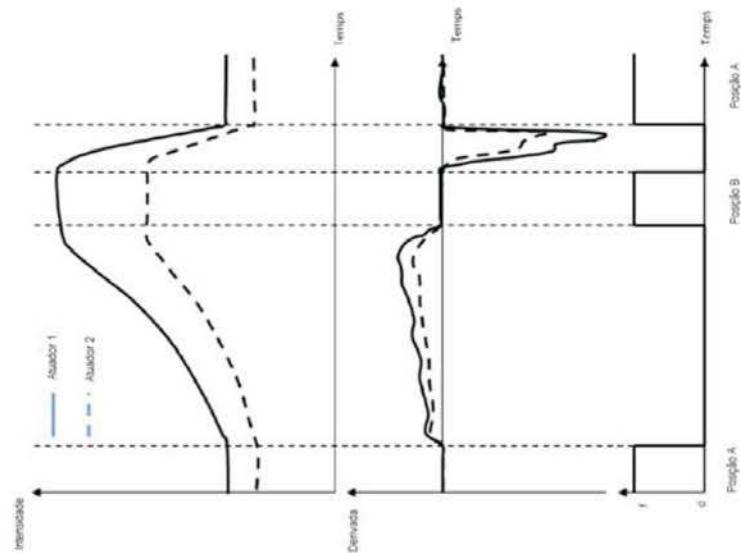


Figura 33