



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102014018637-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** BR 102014018637-9

**(22) Data do Depósito:** 29/07/2014

**(43) Data da Publicação Nacional:** 03/05/2016

**(51) Classificação Internacional:** B01J 19/26; B01J 19/28.

**(52) Classificação CPC:** B01J 19/26; B01J 19/28; B01J 2219/0036; B01J 2219/00889; B01J 2219/00891.

**(54) Título:** SISTEMA DE INJEÇÃO DE GASES PARA RETORES DE AGITAÇÃO PNEUMÁTICA

**(73) Titular:** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. CGC/CPF: 63025530000104. Endereço: RUA PRAÇA DO RELÓGIO , 109, SALA 95, TÉRREO, BUTANTÃ, SÃO PAULO, SP, BRASIL(BR), 05508-050

**(72) Inventor:** IGOR POLIKARPOV; PAULO SEJEGHIM JÚNIOR; PATRÍCIA APARECIDA SANTIAGO MONTEIRO.

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 29/07/2014, observadas as condições legais

**Expedida em:** 15/09/2020

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

REPU  
B  
15 de Novembro  
P  
1889

## **SISTEMA DE INJEÇÃO DE GASES PARA REATORES DE AGITAÇÃO PNEUMÁTICA**

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] Esta invenção pertence aos campos da bioquímica, microbiologia e biotecnologia; especificamente ao campo dos aparelhos para cultura de tecidos, células, micro-organismos ou vírus; e, mais especificamente aos aparelhos com meios de introdução de gás.

### **ESTADO DA TÉCNICA**

[002] Os reatores de agitação pneumática, tais como coluna de bolhas ou torre e do tipo airlift, consistem em um dos diferentes tipos de reatores multifásicos. A principal característica deste modelo de equipamento é a movimentação do líquido através da injeção de gás, que forma a fase dispersa, em sua parte inferior, através de um distribuidor, que ao subir promove o movimento do líquido, a fase continua. Este tipo de equipamento não possui partes móveis, propiciando uma grande área de contato entre as fases e consequentes taxas elevadas de transferência de massa e calor e são amplamente utilizados na indústria como reatores bioquímicos, químicos, tratamento de água residual entre outras aplicações. Outras vantagens dos reatores pneumáticos são: a simplicidade de construção e o baixo consumo de energia. Na literatura, encontra-se uma grande diversidade de modelos de reatores pneumáticos. Estes são fabricados em vidros e alguns possuem corpo em aço inox que atua como trocador de calor. A configuração do distribuidor, ou aspersor, pode variar bastante, dependendo da aplicação e das condições desejadas, como exemplo de aspersores têm-se os do tipo bico ejetor, placa porosa ou

perfurada, anel perfurado, tipo cruzeta e tipo aranha.

[003] Trabalhos publicados na literatura abordam uma variedade de estudos utilizando esse modelo de reator, na maioria dos casos são equipamentos em escala de bancada, empregados em um processo específico.

[004] Na literatura de patentes há os seguintes documentos: A Patente brasileira PI0701608-5 descreve um sistema reacional composto de três modelos de equipamentos a partir de um mesmo console: coluna de bolhas ou torre, airlift de cilindros concêntricos e airlift tipo split, permitindo operar estes equipamentos em três diferentes escalas de bancada. O tipo de aspersor empregado para a coluna de bolhas é uma placa perfurada localizada na base do reator. Para o modo airlift de cilindros concêntricos, o aspersor é do tipo cruzeta e para o modelo split é em formato de braços, sendo que ambos estão localizados no centro da base do reator. Nos modelos airlift, a região de subida do ar é na região interna do cilindro concêntrico.

[005] A Patente brasileira PI0404703A também descreve um biorreator pneumático de circulação interna, do tipo airlift que apresenta cilindros concêntricos que possui um aspersor do tipo cruzeta e a injeção de gás ocorre no interior do cilindro interno.

[006] A Patente brasileira BRPI0404703A também descreve um biorreator pneumático de circulação interna que usa aspersor do tipo cruzeta e a injeção de gás ocorre no interior do cilindro interno; o trocador de calor é o próprio cilindro interno do biorreator. A patente US480648 descreve um reator airlift de perfusão que consiste de um biorreator, e dentro do equipamento há uma membrana que

permite a passagem de moléculas de nutrientes e a saída de produtos. É ainda descrito no US480648 que a aspersão de gás é feita por um bico ejetor disposto no interior do cilindro interno.

[007] A patente US5073491 descreve o método e o aparato para a imobilização e o crescimento de células empregando um biorreator do tipo airlift. Neste equipamento, a introdução dos gases é realizada por um aspersor do tipo ejetor localizado no interior do cilindro interno.

[008] A patente US 2009/0303829 descreve um aparato utilizado para efetuar a circulação de um fluido de forma contínua. Mais particularmente, é descrito um reator do tipo airlift de cilindros concêntricos, além do método para efetuar a mistura deste fluido. Nesse reator, empregado no cultivo de células procariontes e eucariontes, a injeção de ar é realizada por aspersor do tipo ejetor posicionado abaixo do tubo interno, e com a circulação de ar-líquido iniciando-se no interior do cilindro interno.

[009] A patente BRPI0611284A2 refere-se a um reator airlift de circulação interna e fechada, que não utiliza gases externos para a movimentação do meio reacional. O objetivo deste PI é a utilização dos gases gerados durante o processo bioquímico para a circulação do meio reacional.

[010] A patente CN 201581081 refere-se a um modelo de utilidade de um reator para cultivo celular. O objetivo do reator descrito neste documento é reduzir as bolhas geradas no interior do reator e aumentar assim, a densidade de células. O reator descrito é dotado de um tubo para entrada de gás que está localizado na extremidade inferior do reator e contém na sua extremidade uma malha de aço

inoxidável sinterizado, que é responsável por diminuir as bolhas e a formação de espuma dentro do equipamento.

[011] Como pode ser visto, o estado da técnica apresenta diversos reatores do tipo pneumáticos. Contudo, é possível verificar que todos os reatores descritos apresentam aspersores incapazes de realizarem uma distribuição uniforme de ar dentro do equipamento. Nestes reatores, é necessário manter constante a pressão do gás dentro do tubo aspersor ao longo do comprimento do reator. Para isto, é imprescindível ter um balanço adequado entre o aumento de pressão, devido ao fluxo de ramificação, e a queda desta devido ao atrito. Pois, qualquer pequena variação no diâmetro do furo, acarreta grande variação do fluxo entre os orifícios. Outro problema encontrado nestes equipamentos é a diferença de altura dos furos. Nestes casos, a perda de carga do furo é pequena em relação à diferença de pressão, acarretando grande diferença do escoamento quando o equipamento opera a baixas vazões. Assim, para que se obtenha uma uniformidade na aspersão dos gases é necessário introduzir um valor de vazão mínima alta.

#### **OBJETIVO DA INVENÇÃO**

[012] A invenção trata de propor um sistema de injeção de gases para reatores de agitação pneumática consistido de uma base que compreende: uma câmara acumuladora de gases e injetores, que são tubos longos e estreitos, que proporcionam uma melhor distribuição de gases no interior do reator e consequentemente, o uso de uma menor quantidade de ar para agitar e misturar o meio reacional, proporcionando um menor custo energético para o

funcionamento do reator.

[013] A Invenção também compreende um reator, do tipo agitação pneumática multifásico que pode atuar como um reator de coluna de bolha; ou torre; ou airlift que possui cilindros concêntricos. O reator é composto por uma tampa superior e uma base dotada de injetores localizados próximos à parede do cilindro externo.

#### **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

[014] O objeto da presente invenção é propor um sistema de injeção de gases para reatores de agitação pneumática consistido de uma base que compreende uma câmara acumuladora de gases e os injetores, que pode ser usado tanto em reatores do tipo airlift, como em reatores do tipo coluna de bolhas.

#### **BREVE DESCRIÇÃO DO DESENHO**

[015] Para se obter uma total e completa visualização do objeto da presente invenção, acompanham os desenhos, aos quais se faz referência, conforme segue abaixo.

[016] A Figura 1 apresenta o sistema de injeção de gases para reatores de agitação pneumática.

[017] A Figura 2 apresenta um corte transversal do sistema de injeção de gases em um reator pneumático do tipo airlift com cilindros concêntricos.

[018] A Figura 3 apresenta um corte transversal do sistema de injeção de gases em um reator pneumático do tipo coluna de bolhas com todos os seus componentes.

[019] A Figura 4 apresenta os dados referentes à pressão de ar e a vazão de ar no reator airlift.

#### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

[020] A invenção refere-se a um sistema de injeção de

gases (1) para reatores de agitação pneumática consistido de uma base (2) que compreende uma câmara acumuladora de gases (3) e os injetores (4).

[021] A base (2) é consistida das peças (2a) e (2b) que são unidas por meios de fixação. À peça (2a) se localiza uma entrada (5) que serve para injeção de ar, gás ou mistura de gases na câmara (3); e na peça (2b) é posicionado o anel de vedação (6a). Na câmara (3), os injetores (4) são localizados próximos ao cilindro externo (7) do reator (8), e promovem a entrada dos gases no reator.

[022] De modo a otimizar a injeção de gases no interior do reator (8), os injetores (4), que são tubos longos e estreitos, apresentam uma relação entre o comprimento (L) e o diâmetro (D) de  $20 < (L/D) < 50$ . A presença da câmara (3) e dos tubos (4) é responsável pela aeração uniforme dentro do equipamento fazendo com que a pressão do gás seja constante em todos os furos. Em observações realizadas em laboratório verificou-se que a vazão de gás necessária para homogeneizar o meio reacional foi baixa.

[023] Através da Figura 4, é possível observar diferentes pressões de ar que foram testadas para verificar a vazão de ar correspondente. A título de exemplo, na pressão de gás de 200 KPa, a vazão de ar é de entre 0,1 a 0,8 L/min. Nesta condição, o regime de escoamento do fluido dentro do reator é heterogêneo e as bolhas de ar estão presentes tanto na região de subida como de descida do reator.

[024] Em uma modalidade da invenção, o sistema de injeção de gases (1) é usado em um reator de agitação

pneumática (8) que compreende um cilindro externo (7); um cilindro interno (9); uma tampa superior (10) e a base (2) dotada de injetores (4).

[025] Nesta modalidade da invenção, o cilindro externo (7) e o cilindro interno (9) são concêntricos e produzidos em material rígido e transparente, como por exemplo, vidro, acrílico e plástico; que possibilitam a visualização do meio reacional contido em seu interior.

[026] Em uma modalidade da invenção, a tampa superior (10) compreende os anéis de vedação (6b) e (6c); e ao menos dois orifícios (11), que são localizados em lados diametralmente opostos na tampa e servem para a introdução de sensores diversos, tais como, por exemplo, termômetros, sensores de concentração de oxigênio dissolvido (OD), pH e outros; e um tubo vazado (12) que serve para a introdução de um sistema de aquecimento, resistência, do meio reacional (13).

[027] Preferencialmente, o sistema de controle da temperatura compreende um termopar, introduzido em um dos orifícios (11), a resistência (13), e, os periféricos necessários para a transmissão dos dados obtidos dentro do equipamento, como transmissor e placa de aquisição, para um computador. Os elementos que são introduzidos nos orifícios (11) são conhecidos pelos versados na área técnica e não são mostrados nas figuras.

[028] A tampa superior (10) pode ser produzida em material polimérico, plástico. Os periféricos e o computador são pertencentes ao estado da técnica. Preferencialmente, a tampa superior (10) é produzida em polioximetileno.

[029] Em uma modalidade alternativa da invenção, a tampa superior (10) possui uma quantidade variável de orifícios (11), conforme o número de sensores inseridos no reator (8).

[030] Os anéis de vedação (6a), (6b) e (6c) são o-rings e servem para garantir estanqueidade ao reator de agitação pneumática (1).

[031] Na presente modalidade da invenção, como pode ser observado pela Figura 2, o cilindro interno (9) é posicionado de forma concêntrica ao cilindro externo (7) e o reator de agitação pneumática (1) é um reator airlift. Nessa modalidade da invenção, o cilindro interno (9) tem altura menor que o cilindro externo (7), de tal forma que este se encontra totalmente imerso no meio reacional.

[032] Na modalidade alternativa da invenção, como pode ser observado na Figura 3, o cilindro interno (9) é retirado e o reator de agitação pneumática (1) é um reator do tipo coluna de bolhas.

[033] Embora a invenção tenha sido amplamente descrita, é óbvio para aqueles versados na técnica que várias alterações e modificações podem ser feitas sem que as referidas alterações não estejam cobertas pelo escopo da invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1 - Sistema de injeção de gases (1) para reatores de agitação pneumáticos **caracterizado** por ser consistido de uma base (2) que compreende uma câmara acumuladora de gases (3) e os injetores (4), a base (2) composta pelas peças (2a) e (2b) unidas pelos meios de fixação, a peça (2a) possuindo uma entrada (5) para a injeção de ar, gás ou mistura de gases na câmara (3) e na peça (2b) ser posicionado o anel de vedação (6a), na câmara (3) os injetores (4) em formato de um cone invertido, com uma seção mais estreita que apresenta uma relação entre o comprimento (L) e o diâmetro (D) de  $20 < (L/D) < 50$ , serem localizados próximos ao cilindro externo (7) do reator (8) e promoverem a entrada dos gases no reator.

2 - Sistema de injeção (1), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de o sistema de injeção de gases (1) ser usado em um reator de agitação pneumática (8) que compreende um cilindro externo (7); um cilindro interno (9); uma tampa superior (10) e a base (2) dotada de injetores (4).

3 - Sistema de injeção (1), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de o cilindro externo (7) e o cilindro interno (9) serem concêntricos; a tampa superior (10) compreender os anéis de vedação (6b) e (6c); apresentar ao menos dois orifícios (11) que servem para a introdução de sensores e periféricos; e um tubo vazado (12) que serve para a introdução de sistema de aquecimento do meio reacional (13), resistência.

4 - Sistema de injeção (1), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de a tampa superior (10)

compreender dois orifícios (11) que são localizados em lados diametralmente opostos na tampa; e o tubo vazado (12) ser localizado no centro da tampa superior (10).

5 - Sistema de injeção (1), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de em uma modalidade alternativa a tampa superior (10) possuir uma quantidade variável de orifícios (11).

6 - Sistema de injeção (1), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de os anéis de vedação (6a), (6b) e (6c) serem o-rings.

7 - Sistema de injeção (1), de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5 e 6 caracterizado pelo fato de ser um reator airlift do tipo cilindros concêntricos.

8 - Sistema de injeção (1), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de em uma modalidade alternativa, o cilindro interno (9) ser retirado e o reator de agitação pneumática (1) ser um reator do tipo coluna de bolhas.

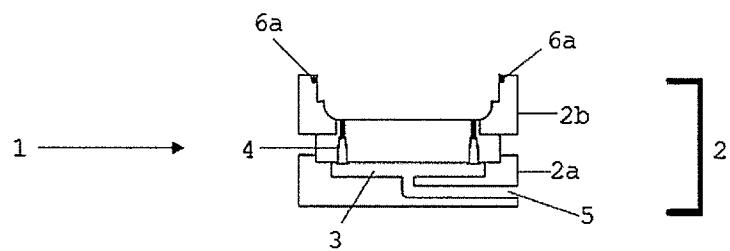


Figura 1

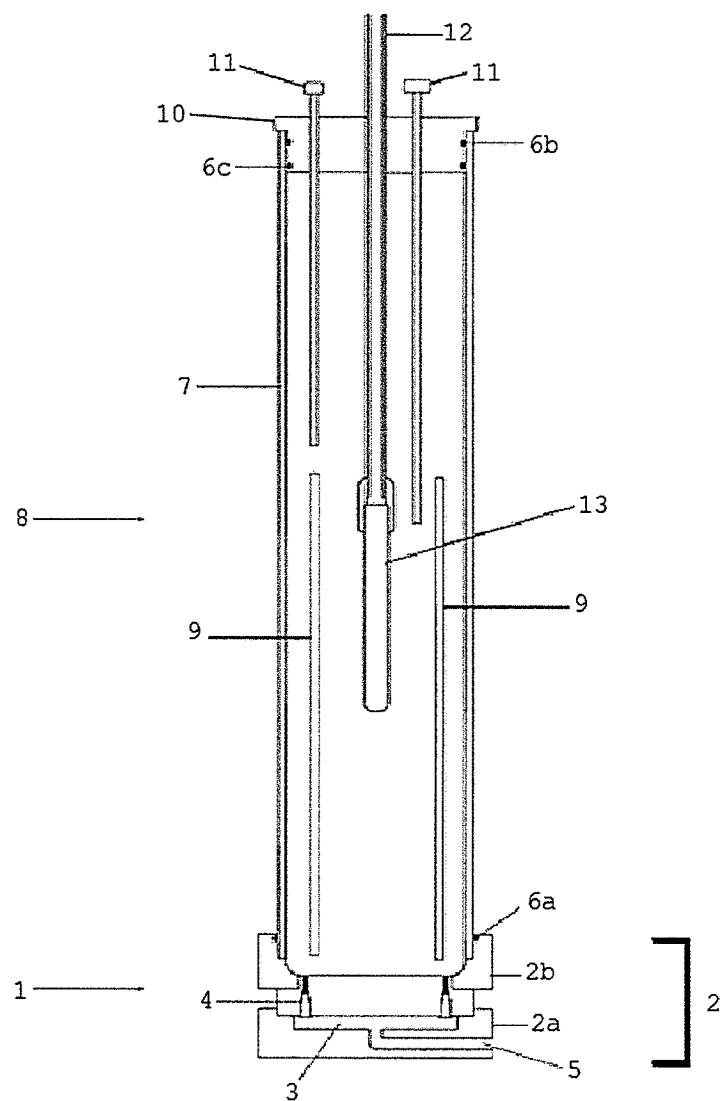


Figura 2

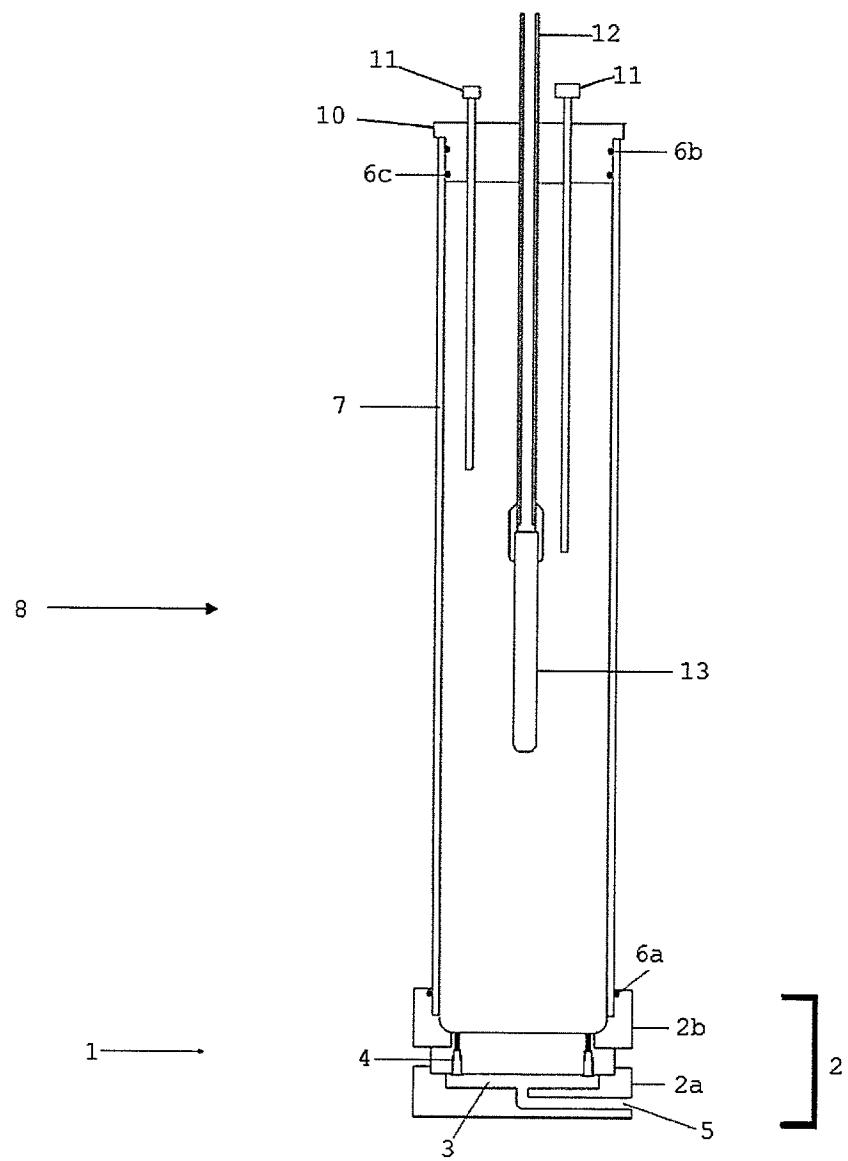


Figura 3

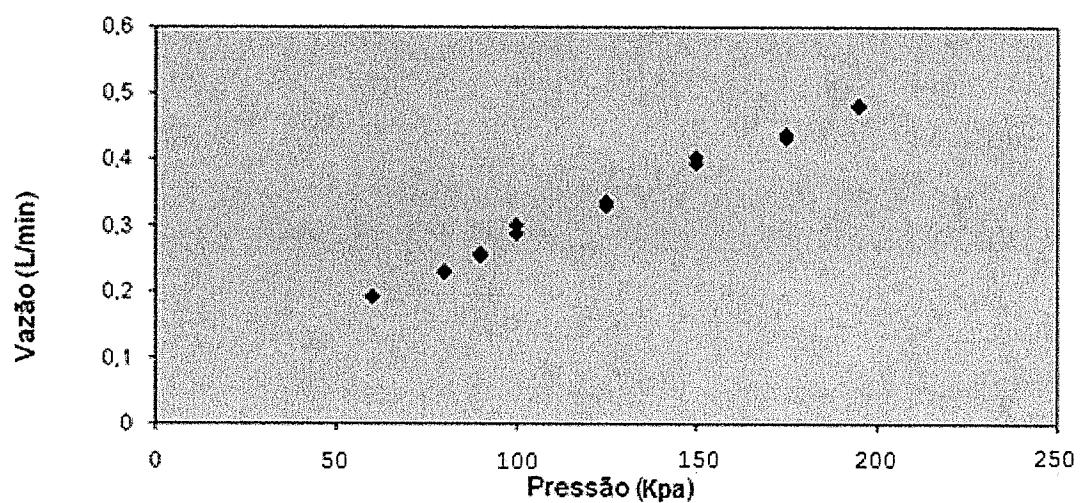


Figura 4