



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL



Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

CARTA PATENTE N.º PI 0105959-9

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, 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 : PI 0105959-9

(22) Data do Depósito : 18/10/2001

(43) Data da Publicação do Pedido : 22/06/2004

(51) Classificação Internacional : C02F 3/28

(54) Título : "SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS".

(73) Titular : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, CGC/CPF: 17217985000104. Endereço: Av. Antonio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil (BR/MG), CEP: 31270-901.

(72) Inventor : Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Professor(a). Endereço: Rua São João Evangelista 198/101, São Pedro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, CEP: 31130540.; Luciana Curi Araújo M. Mascarenhas. Endereço: Rua Maranhão 1566 Apto 1404, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, CEP: 30150331.; EMERSON CRISTIANO FRADE. Endereço: Rua Monte Santo 125 João Monlevade, Minas Gerais, Brasil, CEP: 35130019.

Prazo de Validade : 10 (dez) anos contados a partir de 24/12/2013, observadas as condições legais.

Expedida em : 24 de Dezembro de 2013.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes

15 de Novembro
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
de 1889

Relatório descritivo da Patente de Invenção de um “SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS”.

Refere-se a presente invenção a um sistema compacto de tratamento de
5 águas residuárias, o qual conjuga, em uma só unidade, um *reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo*, com câmara de digestão compartimentada (reator UASB compartimentado) e um *filtro biológico percolador aeróbio* (FBP). Esta conjugação de processos em uma mesma unidade possibilita menores custos de implantação (unidades menores), bem
10 como uma maior simplicidade e menores custos operacionais.

A combinação de reatores UASB seguidos de FBP se constitui em um sistema de tratamento de esgotos que pode encontrar uma elevada aplicabilidade no Brasil, tendo em vista, principalmente, a sua simplicidade e baixo custo operacional. De acordo com a literatura, verifica-se que a
15 importância da associação de reatores anaeróbios e aeróbios para tratamento de águas residuárias é reconhecida por muitos pesquisadores (VAN HAANDEL & LETINGA, 1994, no livro “*Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with a hot climate*”; CHERNICHARO, 1997, no livro “*Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 5: Reatores anaeróbios*” e CHERNICHARO, 2000, no livro “*Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*”). No tocante à utilização de filtros biológicos para o pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios, uma instalação piloto foi construída na Pontifícia Universidade Católica do Paraná, no ano de 1980, tratando esgotos de uma população de 500 habitantes,
20 conforme relatado por GOMES e AISSE (1985), no artigo “*Research at SANEPAR and State of Paraná, Brasil, with anaerobic treatment of domestic sewage in full scale and pilot plants*”. Mais recentemente, o uso de filtros biológicos aeróbios para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB foi estudado por NASCIMENTO e CHERNICHARO (2000), conforme descrito no
25 artigo “*A new configuration of trickling filter applied to the post-treatment of effluents from uasb reactors*”. Nestes trabalhos, o reator UASB não era

conjugado ao FBP, sendo as duas unidades independentes e em escala piloto. Observou-se uma boa eficiência do sistema e o filtro biológico foi capaz de operar com taxas de aplicação elevadas: $10 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ e $0,75 \text{ kg DBO}/\text{m}^3.\text{dia}$. Em escala industrial, tem-se notícia de apenas três sistemas no

5 Estado do Paraná, que associam reatores anaeróbios e filtros biológicos percoladores, porém através de unidades independentes.

Procedeu-se a pesquisa de patentes envolvendo o tema abordado pela presente invenção, tendo sido acessados sites da Europa, EUA e Canadá, sendo que as principais patentes pesquisadas foram:

- 10 Europa - WO-0127039, EP-1071636, US-6063273, US- 5972219, US- 5338445, EP-0493727, WO-0127039, WO-00102307, FR-2786480, USPTO(EUA) – 20010000067
- Canadá- 2211552, 2088029, 2066231, 1061241

Em nenhuma destas patentes há menção à associação, em uma única

15 unidade, de reatores UASB e FBP, nem à configuração de reatores UASB compartimentados, fazendo com que a presente invenção reúna as principais vantagens dos sistemas convencionais já existentes, acrescentando novos benefícios e aspectos inovadores.

Apesar da grande aceitação e de todas as vantagens inerentes aos reatores

20 anaeróbios, particularmente aos reatores UASB, tais como: baixo custo, simplicidade operacional e baixa produção de sólidos, permanece nestes sistemas uma dificuldade em produzir um efluente que se enquadre aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. De maneira similar à maioria dos sistemas compactos de tratamento de esgotos, os reatores UASB

25 possuem uma eficiência insuficiente para remoção de organismos patogênicos e de nutrientes, necessitando de unidades de pós-tratamento.

Outro problema relativo aos reatores UASB é o causado pela ocorrência de grandes variações de vazões afluentes em reatores UASB convencionais, devidas a hidrogramas típicos horários ou a sistemas de bombeamento a

30 montante das estações de tratamento. Estas variações podem resultar na

ocorrência de velocidades ascensionais bastante elevadas no interior dos reatores, particularmente nas aberturas para os compartimentos de decantação. Tais velocidades podem provocar o arraste indevido de lodo do sistema, com a conseqüente perda de eficiência devido à presença de material particulado no efluente

Tendo em vista estes problemas apontados no estado da técnica e com o propósito de superá-los foi desenvolvida a presente invenção que fundamenta-se na combinação de tratamento anaeróbio do esgoto em reator UASB compartimentado e do pós-tratamento aeróbio em FBP, sendo que as duas unidades são acopladas, funcionando conjuntamente, como uma única unidade de tratamento. Nesse sentido, o FBP, enquanto unidade de pós-tratamento de efluentes anaeróbios, passa a ter um papel diferenciado no tratamento, já que a maior parcela da matéria orgânica é removida no processo anaeróbio. Com isso, o FBP passa a ser responsável apenas pela remoção da parcela remanescente de matéria orgânica, proporcionando que a unidade seja mais compacta (menor volume), com um menor consumo de energia e menor produção de lodo.

A compartimentação do reator UASB, em três câmaras de digestão, soluciona os inconvenientes relativos à ocorrência de grandes variação de vazões afluentes, uma vez que estas variações são acomodadas nestas três câmaras, fazendo com que as variações da velocidade ascensional em cada câmara sejam muito menores, fato que além de possibilitar a manutenção de condições otimizadas de mistura no interior das mesmas, também deverá diminuir o arraste de sólidos para o compartimento de decantação. Com isso é alcançada uma melhoria na eficiência do sistema devido à otimização da mistura e a produção de um efluente mais clarificado, devido ao melhor funcionamento do compartimento de decantação.

A unidade de tratamento compacta é composta por um reator UASB na parte interna e um FBP na parte externa.

Reator UASB

A entrada do esgoto no sistema se dá pela parte inferior do reator UASB, seguindo um fluxo ascendente dentro do mesmo. A estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação, sendo a mistura promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás. Um dispositivo trifásico de separação de sólidos, líquidos e gases se localiza na parte superior do reator e garante a separação do gás contido na mistura líquida, propiciando a manutenção de condições ótimas de sedimentação no compartimento de decantação. No decantador, o lodo mais pesado é removido da massa líquida retornando ao compartimento de digestão, enquanto as partículas mais leves são perdidas do sistema junto com o efluente. O efluente deixa o reator por meio canaletas ou tubos perfurados localizados na parte superior do decantador. Na configuração compartimentada, a câmara de digestão do reator UASB é dividida em três compartimentos que operam em paralelo, alimentados a partir de uma caixa de distribuição dotada de vertedores ajustáveis e registros de manobra.

Filtro Biológico Percolador - FBP

O efluente do reator UASB é distribuído uniformemente na parte superior do FBP, sendo que o fluxo de esgotos passa a ter uma trajetória descendente. O FBP é dividido em dois compartimentos, um de reação, na parte superior, onde se encontra o meio suporte, e um inferior, de decantação, onde a biomassa e os sólidos que se desgarram do meio suporte ficam retidos.

O compartimento de reação consiste de um tanque preenchido com material de alta permeabilidade (brita, escória de alto forno ou material sintético), sobre o qual os esgotos são aplicados. Após a aplicação, os esgotos percolam em direção ao fundo, através do meio suporte, permitindo o crescimento bacteriano na superfície do material de enchimento, na forma de uma película fixa denominada biofilme. A matéria orgânica contida nos esgotos é adsorvida pela película microbiana, ficando retida um tempo suficiente para a sua estabilização. O fundo do compartimento de reação é vazado, de maneira a permitir a passagem do líquido e reter a camada suporte, além de possibilitar a ventilação do filtro, necessária para manter as

condições aeróbias e o efetivo tratamento dos despejos pela via aeróbia.

Após passar pelo meio suporte e ser drenado no fundo do FBP, o líquido é encaminhado a um decantador laminar, localizado na parte inferior do filtro. Esta configuração de decantador permite que sejam aplicadas maiores taxas

5 hidráulicas superficiais, diminuindo a distância vertical que as partículas devem percorrer na sedimentação e, conseqüentemente, o tamanho do decantador. Os sólidos desgarrados do biofilme, ou não retidos no meio suporte pelos mecanismos de filtração e adsorção, sedimentam no fundo do decantador, sendo removidos do efluente final que é finalmente coletado pela

10 superior do decantador. O lodo sedimentado no fundo do decantador é retornado para o reator UASB, possibilitando a adoção de um sistema único de digestão do lodo aeróbio e anaeróbio, mais econômico e compacto.

O processo de tratamento dos esgotos, de acordo com a presente invenção, é adicionalmente explicado por meio dos desenhos anexos, nos quais:

- 15 - a Figura 1 mostra a planta do sistema UASB/FBP, além de detalhes da caixa distribuidora de vazões afluentes;
- a Figura 2 mostra um corte do sistema UASB/FBP;

Desta maneira torna-se possível compreender o objeto da patente pleiteada, bem como a um técnico especializado, conhecedor dos princípios básicos de

20 tratamento de esgotos, reproduzi-lo após o término da vigência do monopólio decorrente do pleito ora apresentado.

O sistema de tratamento de esgotos de que trata essa patente é constituído dos elementos seguintes :

- (a) Entrada no reator UASB: A entrada de esgoto bruto no reator UASB
- 25 compartimentado é feita a partir de uma caixa distribuidora (1), dotada de vertedores ajustáveis (2) e registros de manobra (3), que possibilitam a alimentação dos tubos distribuidores (4) que conduzem os esgotos a uma, duas, ou três câmaras de digestão (5), no interior do reator UASB, dependendo da vazão afluyente. Quando a vazão é mínima, apenas uma

câmara é alimentada, ficando duas em repouso. Quando a vazão é média, duas câmaras são alimentadas simultaneamente, ficando uma de repouso. Quando a vazão é máxima, as três câmaras são alimentadas simultaneamente. O afluente é distribuído no fundo do reator, seguindo uma trajetória ascensional dentro do mesmo, possibilitando um contato favorável entre o esgoto e a biomassa.

(b) Separador trifásico do reator UASB (6): Permite a separação de sólidos, líquido e gases, garantindo condições ótimas para a sedimentação das partículas que desgarram da manta de lodo, permitindo que elas retornem à câmara de digestão (5), ao invés de serem arrastadas para fora do sistema. O biogás produzido no reator é encaminhado para o interior do separador trifásico (6) e coletado por meio de uma tubulação (7) que encaminha o biogás até o selo hídrico (8).

(c) Decantador do reator UASB: Neste compartimento ocorrem condições ideais de sedimentação das partículas sólidas, permitindo o retorno do lodo retido no decantador (9), de volta aos compartimentos de digestão (5), e a saída do efluente clarificado pela sua parte superior, por meio de canaletas (10) ou tubos perfurados.

(d) Entrada no FBP: O efluente do reator UASB é encaminhado para o FBP por meio de tubulações (11), que se encarregam de alimentar o dispositivo de distribuição de esgotos localizado na parte superior do FBP (12). Este dispositivo possibilita a distribuição contínua ou intermitente dos esgotos sobre o meio suporte (13) contido no interior do compartimento de reação do FBP (14).

(e) Compartimento de reação do FBP: O compartimento de reação do FBP é preenchido com material de enchimento (13), que serve como meio suporte para o crescimento e adesão do biofilme aeróbio, além de possibilitar o escoamento do esgoto e a circulação do ar através dos espaços vazios. Como material de enchimento, podem ser utilizados materiais diversos, tais como brita, escória de alto forno, argila

expandida, meios sintéticos, dentre outros. Os materiais de enchimento devem ser inertes e devem apresentar certas características: elevada área específica, elevado índice de vazios, baixo custo etc.

5 (f) Sistema de drenagem do fundo (15): É constituído por orifícios e uma bandeja coletora localizados na base do compartimento de reação. Tem a função de coletar os esgotos tratados que percolam através do FBP e os sólidos que se desgarram do meio suporte, encaminhando-os ao decantador laminar (16),

10 (g) Decantador laminar (16): Localizado na parte inferior do FBP e constituído de placas paralelas (17), tem a função de separar os sólidos, que vem a constituir o lodo aeróbio (20) que deve ser encaminhado ao reator UASB para digestão anaeróbia, por meio de uma elevatória de lodo (23).

15 (h) Efluente do FBP: O efluente do filtro é coletado na parte superior do decantador laminar por meio de uma calha (18). Daí, através de uma elevatória (19), diferentes taxas de recirculação podem ser aplicadas para permitir o retorno do efluente ao FBP (21). A outra parcela constitui o efluente final do sistema (22).

20 Essa invenção de sistema compacto UASB/FBP já foi testada em escala piloto, para o tratamento de esgotos domésticos da cidade de Belo Horizonte. Os resultados obtidos foram amplamente satisfatórios, tendo sido produzidos efluentes com qualidade suficiente para atender os padrões de lançamento, em termos de matéria orgânica e sólidos suspensos, estabelecidos pela legislação brasileira (de acordo com a Resolução CONAMA 020/1986, do
25 Conselho Nacional do Meio Ambiente, e Portaria COPAM 010/86, da Comissão de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais.

A presente invenção reúne as principais vantagens dos sistemas convencionais já existentes, acrescentando aspectos inovadores como: i) caixa distribuidora de esgotos brutos, dotada de vertedores ajustáveis e registros
30 de manobra; ii) reator UASB com câmara de digestão compartimentada; iii)

Filtro Biológico Percolador e decantador laminar acoplados ao reator UASB. Estes aspectos inovadores possibilitam a confecção de unidades compactas de tratamento de águas residuárias, que apresentam elevada simplicidade conceitual e operacional, além de baixos custos de industrialização, instalação e de operação.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS, caracterizado compreender reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo com câmara de digestão
5 compartimentada (reator UASB compartimentado) e um filtro biológico percolador aeróbio (FBP) consistindo de:

a) caixa distribuidora de vazão (1), dotada de vertedores ajustáveis (2) e registros de manobra (3), que possibilitam a alimentação dos tubos distribuidores de esgoto (4) à no mínimo, uma das câmaras de digestão (5) no interior do reator UASB;

10 b) separador trifásico do reator UASB (6) que possibilita a separação de sólidos, líquido e gases, e o biogás produzido é encaminhado para o interior do separador trifásico (6) e coletado por meio de uma tubulação (7) que o encaminha até o selo hídrico (8);

15 c) decantador do reator UASB (9) que permite o retomo do lodo retido aos compartimentos de digestão (5) e a saída do efluente clarificado pela sua parte superior, por meio de canaletas (10) ou tubos perfurados (10);

20 d) entrada do efluente no FBP por meio de tubulações (11), que alimentam o dispositivo de distribuição de esgotos localizado na parte superior do FBP (12), possibilitando a distribuição contínua ou intermitente dos esgotos sobre o meio suporte (13) contido no interior do compartimento de reação do FBP (14);

e) compartimento de reação do FBP (14) preenchido com material de enchimento;

f) sistema de drenagem de fundo do FBP (15) constituído por orifícios e uma bandeja coletora, localizados na base do compartimento de reação;

25 g) decantador laminar (16) constituído de placas paralelas (17), com a função de separar os sólidos, que vem a constituir o lodo aeróbio (20) que deve ser encaminhado ao reator UASB para digestão anaeróbia, por meio de uma elevatória de lodo (23);

h) efluente do FBP coletado na parte superior do decantador laminar por meio de uma calha (18);

30 i) elevatória (19), que para permite o retorno do efluente ao FBP (21);

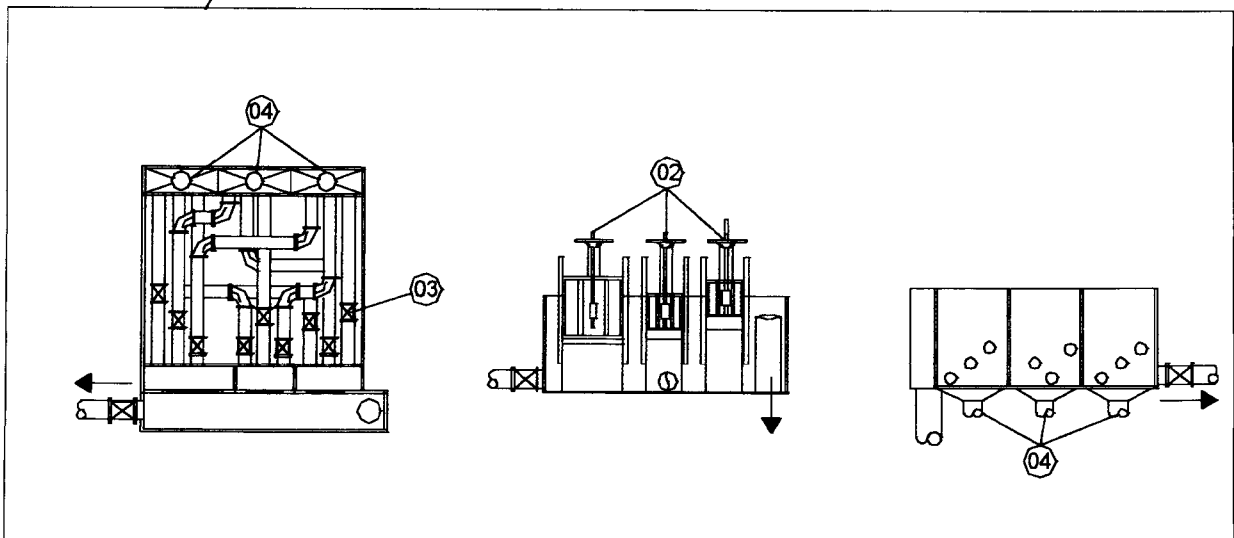
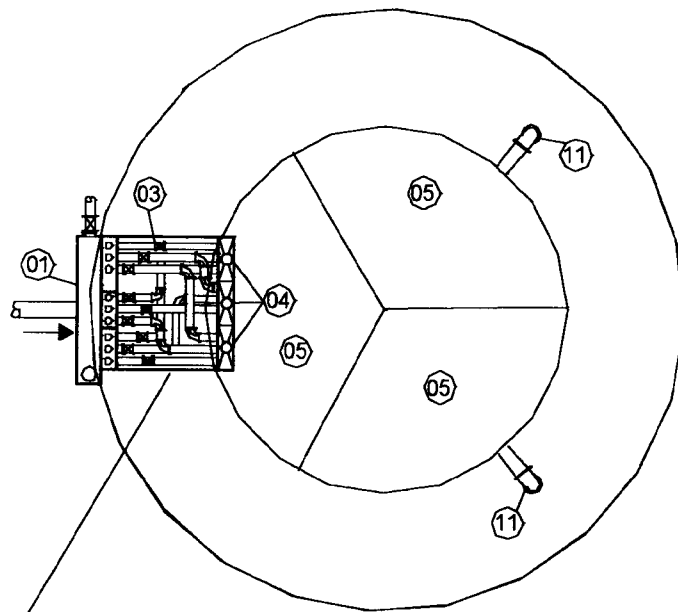
j) efluente final do sistema (22).

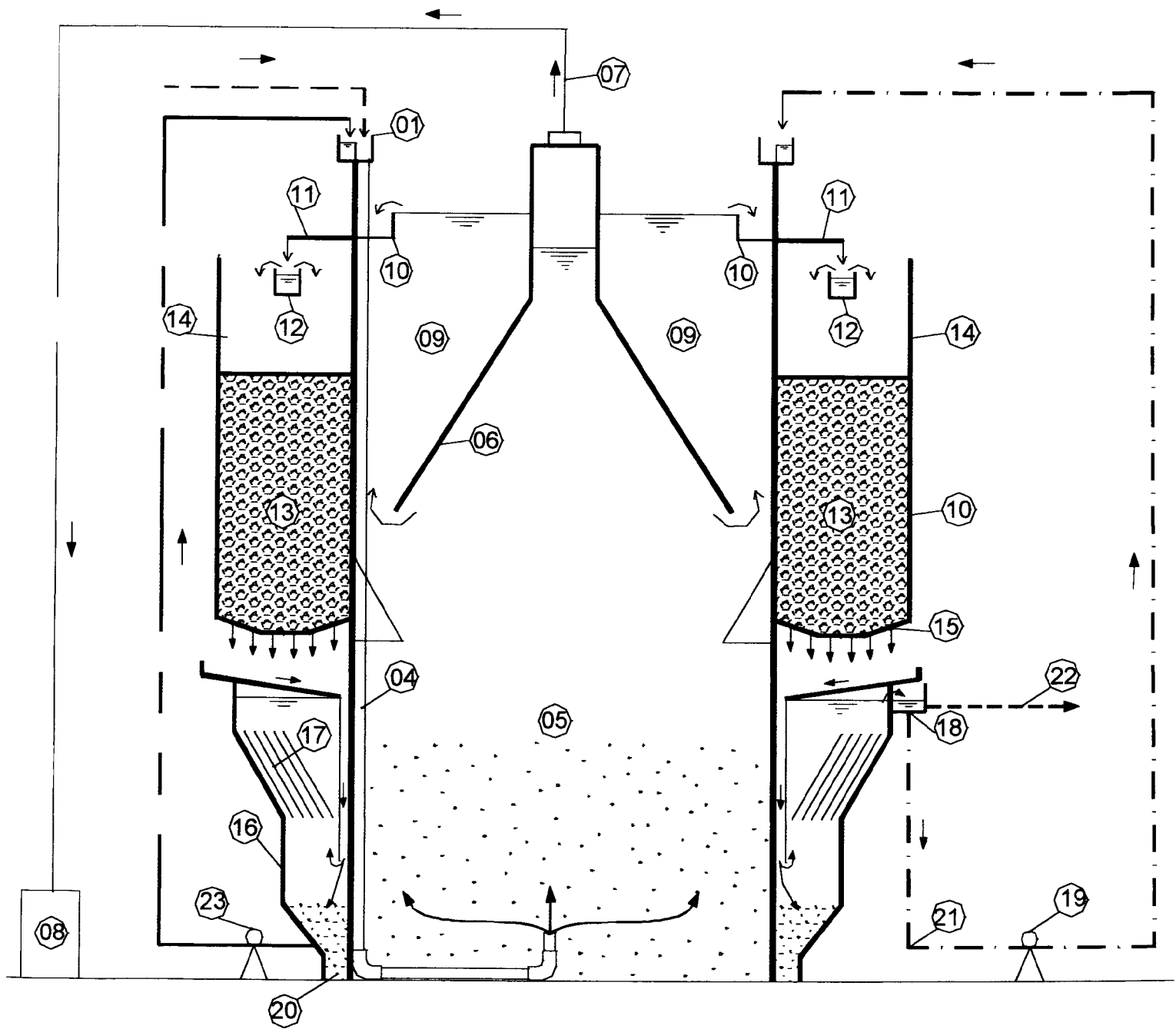
2. SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compartimento de reação e decantador lamelar do FBP, localizados
5 externamente ao reator UASB, mas configurando um mesmo conjunto de tratamento.

3. SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por caixa distribuidora de esgoto bruto dotada de vertedores ajustáveis e registros de manobra, que possibilita a alimentação dos tubos distribuidores do
10 reator UASB e a condução dos esgotos a uma, duas, ou três câmaras, dependendo da vazão afluente.

4. SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela recirculação do efluente do filtro, através de bombeamento, para o
15 próprio filtro, juntamente com o esgoto efluente do reator UASB.

5. SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS", de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo retorno do lodo sedimentado no fundo do decantador lamelar, através de bombeamento, para digestão anaeróbia no reator UASB.





RESUMO

Patente de Invenção “SISTEMA COMPACTO UASB/FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS”.

Refere-se a presente invenção a um sistema compacto de tratamento de águas
5 residuárias, o qual conjuga, em uma só unidade, um reator anaeróbio de fluxo
ascendente e manta de lodo com câmara de digestão compartimentada (reator UASB
compartimentado) e um filtro biológico percolador aeróbio (FBP). Esta conjugação de
processos em uma mesma unidade possibilita menores custos de implantação
(unidades menores), bem como uma maior simplicidade e menores custos
10 operacionais.

A entrada do esgoto no sistema se dá através de uma caixa de distribuição, dotada
de vertedores ajustáveis e registros de manobra, que possibilita a alimentação, em
paralelo, de um a três compartimentos de digestão do reator UASB. O efluente é
coletado na parte superior do UASB, que verte, por gravidade, para o FBP, onde
15 segue uma trajetória descendente através do leito percolador. O FBP é dividido em
dois compartimentos, um de reação, na parte superior, onde se encontra o meio
suporte, e um inferior, de decantação, onde a biomassa e os sólidos que se
desgarram do meio suporte ficam retidos.

Após passar pelo meio suporte e ser drenado no fundo do FBP, o líquido é
20 encaminhado a um decantador laminar, localizado na parte inferior do filtro. Os
sólidos desgarrados do biofilme, ou não retidos no meio suporte pelos mecanismos
de filtração e adsorção, sedimentam no fundo do decantador, sendo removidos do
efluente final que é finalmente coletado pela superior do decantador. O lodo
sedimentado no fundo do decantador é retornado para o reator UASB, possibilitando
25 a adoção de um sistema único de digestão do lodo aeróbio e anaeróbio, mais
econômico e compacto.