



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

(11) PI 0815655-7 B1

(22) Data do Depósito: 07/08/2008

(45) Data de Concessão: 13/06/2017



(54) Título: PROCESSO PARA CONTROLE MICROBIANO, DESINFECÇÃO OU REPARO DE AMBIENTE E APARELHO DIFUSOR PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PURIFICADO NÃO-HIDRATADO DO AR ÚMIDO DO AMBIENTE

(51) Int.Cl.: A61L 9/20

(30) Prioridade Unionista: 07/08/2007 US 60/954,566, 26/02/2008 US 61/031,580

(73) Titular(es): SYNEXIS LLC

(72) Inventor(es): JAMES D. LEE

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO PARA CONTROLE MICROBIANO, DESINFECÇÃO OU REPARO DE AMBIENTE E APARELHO DIFUSOR PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE PERÓXIDO DE HÍDROGÊNIO PURIFICADO NÃO-HIDRATADO DO AR ÚMIDO DO AMBIENTE"**.

5 CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se de forma geral a metodologias de controle microbiano e de infecções e a dispositivos relacionados às mesmas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 Micróbios patogênicos, bolores, mildio, esporos e poluentes orgânicos e inorgânicos são comumente encontrados no ambiente. O controle e a desinfecção de micróbios em espaços ambientais são desejáveis para melhorar a saúde. Várias maneiras foram utilizadas no passado em uma tentativa de purificar o ar e desinfetar superfícies. Por exemplo, já é sabido que Espécies Oxidantes Reativas (ROS) produzidas, por exemplo, por processo de oxidação fotocatalítica podem oxidar poluentes orgânicos e matar micro-organismos. 15 Mais particularmente, o radical hidroxila, os radicais hidroperoxila, cloro e ozônio, produtos finais da reação fotocatalítica, têm sido conhecidos como sendo capazes de oxidar compostos orgânicos e matar micro-organismos. Entretanto, há limitações para os processos e dispositivos conhecidos, não somente devido 20 à limitação da eficiência, mas também devido a problemas de segurança.

ROS é o termo utilizado para descrever o ar altamente ativado que resulta da exposição de ar úmido do ambiente à luz ultravioleta. A luz na faixa ultravioleta emite fótons em uma frequência que quando absorvida possui energia suficiente para quebrar ligações químicas. A luz UV em comprimentos de onda de 250-255 nm é rotineiramente utilizada como um biocida. 25 A luz abaixo de aproximadamente 181 nm, até 182-187 nm é competitiva com a descarga de corona em relação a sua capacidade de produzir ozônio. A ozonização e a radiação UV estão ambas sendo utilizadas para a desinfecção em sistemas de água públicos. O ozônio está atualmente sendo utilizado para tratar esgoto industrial e torres de refrigeração. 30

O peróxido de hidrogênio é geralmente conhecido por possuir propriedades antimicrobianas e tem sido utilizado em solução aquosa para a desinfecção e para o controle microbiano. Tentativas de utilização do peróxi-

do de hidrogênio na fase gasosa, entretanto, foram anteriormente impedidas por dificuldades técnicas para a produção de Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG). As soluções aquosas vaporizadas de peróxido de hidrogênio produzem um aerossol de microgotículas compostas de solução aquosa de peróxido de hidrogênio. Vários processos para "secagem" de soluções de peróxido de hidrogênio vaporizadas produzem, na melhor das hipóteses, uma forma hidratada de peróxido de hidrogênio. Estas moléculas hidratadas de peróxido de hidrogênio são circundadas por moléculas de água ligadas por atração eletrostática e Forças de London. Assim, a capacidade das moléculas de peróxido de hidrogênio de interagir diretamente com o ambiente através de meios eletrostáticos é enormemente atenuada pela água molecular ligada, que altera eficientemente a configuração eletrostática fundamental da molécula de peróxido de hidrogênio encapsulada. Ainda, a menor concentração de peróxido de hidrogênio vaporizado que pode ser conseguida fica geralmente bem acima do limite de segurança do ambiente de trabalho de OSHA de 1,0 ppm, tornando estes processos inadequados para uso em áreas ocupadas.

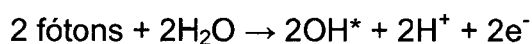
Os fotocatalisadores que foram demonstrados para a destruição de poluentes orgânicos em fluidos incluem, mas não estão limitados a TiO_2 , ZnO , SnO_2 , WO_3 , CdS , ZrO_2 , Sb_2O_4 e Fe_2O_3 . O dióxido de titânio é quimicamente estável, possui um gap de energia adequado para fotoativação por UV/Luz Visível e é relativamente econômico. Portanto, a química fotocatalítica do dióxido de titânio foi extensivamente estudada ao longo dos últimos trinta anos para a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos de ar e água contaminados.

Devido ao fato de que os fotocatalisadores podem gerar radicais hidroxila partindo da água absorvida quando ativados por luz ultravioleta de energia suficiente, estes exibem uma promessa para uso na produção de PHPG para liberação no ambiente quando aplicados na fase gasosa. As aplicações existentes da fotocatalise, entretanto, se concentraram na produção de um plasma que contém muitas espécies químicas reativas diferentes. Ainda, a maioria das espécies químicas no plasma fotocatalítico é reativa

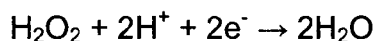
com peróxido de hidrogênio e inibe a produção de gás de peróxido de hidrogênio através de reações que destroem o peróxido de hidrogênio. Ainda, quaisquer gases orgânicos que são introduzidos no plasma inibem a produção de peróxido de hidrogênio tanto através da reação direta com peróxido de hidrogênio quanto através da reação de seus produtos oxidados com peróxido de hidrogênio.

O reator fotocatalítico por si só também limita a produção de PHPG para liberação no ambiente. Devido ao fato de que o peróxido de hidrogênio possui maior potencial químico que o oxigênio que será reduzido como um oxidante de sacrifício, este é preferencialmente reduzido à medida que se move a jusante nos reatores fotocatalíticos tão rapidamente quanto é produzido pela oxidação da água.

Oxidação

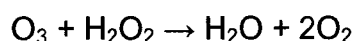


Redução



Adicionalmente, várias sub-reações geram uma variedade de espécies que se tornam parte do plasma fotocatalítico e que inibem a produção de PHPG para liberação no ambiente como citado anteriormente.

Os comprimentos de onda de luz utilizados para ativar os fotocatalisadores também são energéticos o suficiente para fotolisar a ligação de peróxido em uma molécula de peróxido de hidrogênio e também são um inibidor na produção de PHPG para liberação no ambiente. Ainda, a prática de utilização de comprimentos de onda de luz que produzem ozônio introduz ainda outras espécies no plasma fotocatalítico que destrói o peróxido de hidrogênio.



Na prática, as aplicações fotocatalíticas se concentraram na produção de um plasma, contendo frequentemente ozônio, utilizado para oxidar contaminantes orgânicos e micro-organismos. Tais plasmas que são primariamente eficientes dentro dos limites do próprio reator possuem, por

natureza, estabilidade química limitada além dos limites do reator, e degradam ativamente as quantidades limitadas de gás de peróxido de hidrogênio que podem conter. Ainda, devido ao fato de que o plasma é primariamente eficiente dentro do próprio reator, muitos planejamentos maximizam o tempo de residência para facilitar a oxidação mais completa de contaminantes orgânicos e micróbios à medida que passam através do reator. Uma vez que o peróxido de hidrogênio possui tal alto potencial de ser reduzido, o tempo de residência maximizado resulta na saída minimizada de peróxido de hidrogênio.

10 Ainda, a maioria das aplicações de fotocatalise produz espécies químicas censuráveis para o ambiente. A primeira entre estas é o próprio ozônio, um produto intencional de muitos sistemas. Ainda, uma vez que os contaminantes orgânicos que passam através de um reator são raramente oxidados em uma exposição, várias trocas de ar são necessárias para atingir a oxidação completa em dióxido de carbono e água. À medida que a oxidação incompleta ocorre, é produzida pelo reator uma mistura de aldeídos, alcoóis, ácidos carboxílicos, cetonas e outras espécies orgânicas parcialmente oxidadas. Frequentemente, os reatores fotocatalíticos podem realmente aumentar a concentração total de contaminantes orgânicos no ar através do fracionamento de moléculas orgânicas grandes em várias moléculas orgânicas pequenas tal como formaldeído.

Resumidamente, a produção de PHPG para liberação no ambiente não é conseguida na técnica anterior. Os processos de vaporização de soluções aquosas de peróxido de hidrogênio produzem, nas melhor das hipóteses, formas hidratadas de peróxido de hidrogênio. Ainda, embora os sistemas catalíticos sejam capazes de produzir peróxido de hidrogênio, estes possuem várias limitações que inibem rigorosamente a produção de PHPG para liberação no ambiente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

30 Em um aspecto da invenção, é descrito um processo de fornecimento de controle microbiano e/ou de desinfecção/reparo de um ambiente. O processo compreende geralmente (a) o fornecimento de uma célula foto-

catalítica que produz preferencialmente gás de peróxido de hidrogênio; (b) a produção de um Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) que é substancialmente isento de, por exemplo, hidratação, ozônio, espécies de plasma e/ou espécies orgânicas e (c) o direcionamento do gás que compreende primariamente PHPG para dentro do ambiente de forma que o PHPG atue para fornecer controle microbiano e/ou desinfecção/reparo no ambiente, preferencialmente tanto nas superfícies quanto no ar.

Em certas modalidades, o processo compreende (a) a exposição de um catalisador metálico ou de óxido metálico à luz ultravioleta na presença de ar ambiente purificado úmido sob condições de modo a formar Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) que é substancialmente isento de, por exemplo, hidratação, ozônio, espécies de plasma e/ou espécies orgânicas; e (b) o direcionamento do PHPG para dentro do ambiente de forma que o gás de peróxido de hidrogênio atue para fornecer controle de infecção e/ou desinfecção/reparo no ambiente, preferencialmente tanto nas superfícies quanto no ar.

Outro aspecto da invenção refere-se a um aparelho difusor para produção de PHPG que é substancialmente isento de, por exemplo, hidratação, ozônio, espécies de plasma e/ou espécies orgânicas. O aparelho difusor compreende geralmente: (a) uma fonte de luz ultravioleta; (b) uma estrutura de substrato de catalisador de óxido metálico; e (c) um mecanismo de distribuição de ar.

Outro aspecto da invenção refere-se à oxidação/remoção de VOC's do ar ambiente através do PHPG uma vez que este é liberado dentro do ambiente.

Outro aspecto da invenção refere-se à remoção de ozônio do ar ambiente através do PHPG uma vez que este é liberado dentro do ambiente;

Estes e outros aspectos da invenção se tornarão evidentes aos versados na técnica após a leitura da presente descrição.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A Figura 1 é um corte transversal de uma modalidade particular de um aparelho difusor da presente invenção.

A Figura 2 é um corte parcial de uma modalidade particular de um aparelho difusor da presente invenção.

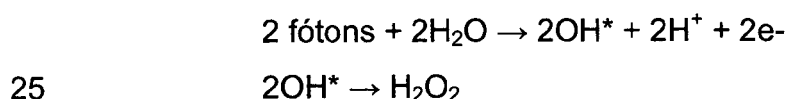
DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS

A presente invenção refere-se de forma geral a processos de controle microbiano e/ou de desinfecção/reparo e a dispositivos relacionados aos mesmos. Em certas modalidades, processos fotocatalíticos podem ser utilizados nos processos e nos dispositivos descritos aqui.

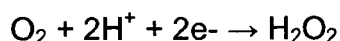
A natureza fundamental de um processo fotocatalítico é criar intermediários ativos em uma reação química através da absorção de luz. Isto ocorre quando um fóton do comprimento de onda apropriado atinge o fotocatalisador. A energia do fóton é transmitida para um elétron de banda de valência, promovendo o elétron à banda condutora, deixando assim um "buraco" na banda de valência. Na ausência de uma espécie química adsorvida, o elétron promovido sofrerá decaimento e se recombinará com o buraco de banda de valência. A recombinação é prevenida quando o buraco de banda de valência captura um elétron de uma espécie que pode ser oxidada - preferencialmente água molecular – adsorvido em um sítio de superfície ativa no fotocatalisador. Concorrentemente, uma espécie que pode ser reduzida adsorvida na superfície do catalisador - preferencialmente oxigênio molecular – pode capturar um elétron de banda de condução.

Após o início do processo fotocatalítico ou no ponto de entrada de um reator fotocatalítico, ocorrem as reações a seguir.

Oxidação

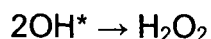
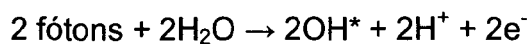


Redução

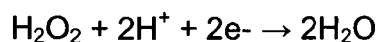


Uma vez que o peróxido de hidrogênio foi produzido, entretanto, o fotocatalisador reduz preferencialmente o peróxido de hidrogênio em vez do oxigênio molecular e a reação é alterada para o equilíbrio a seguir que ocorre dentro da maior parte do volume do reator.

Oxidação

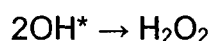
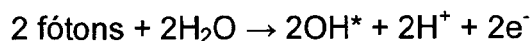


Redução

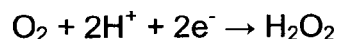


5 No contexto da presente invenção, o Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) pode ser produzido utilizando um processo fotocatalítico com uma morfologia planejada para a finalidade que possibilita a remoção do peróxido de hidrogênio do reator antes deste ser forçado a sofrer a redução subsequente pelo fotocatalisador. A pronta disponibilidade do gás de peróxido de hidrogênio adsorvido sendo negada, o fotocatalisador é então forçado a reduzir preferencialmente oxigênio, em vez do peróxido de hidrogênio. O gás de peróxido de hidrogênio pode então ser produzido simultaneamente tanto através da oxidação da água quanto através da redução de dioxigênio no processo fotocatalítico. Sem pretender ficar limitado, na operação a quantidade de peróxido de hidrogênio produzida pode ser duplicada, então removida do sistema antes que a grande maioria desta possa ser reduzida – resultando assim em uma produção de PHPG que é até 150 vezes maior que a produção incidental do peróxido de hidrogênio não purificado partindo de reatores fotocatalíticos padronizados sob as mesmas condições. Na morfologia planejada para a finalidade, as reações dominantes se tornam:

Oxidação



25 Redução



Entretanto, sem ficar limitado à teoria, deve ser observado que os processos de controle microbiano e/ou de desinfecção/reparo e os dispositivos da invenção não são conseguidos como um resultado do processo fotocatalítico, mas através dos efeitos de PHPG uma vez que este é liberado dentro do ambiente.

Utilizando a morfologia que permite a remoção imediata de gás

de peróxido de hidrogênio antes que este possa ser reduzido, o PHPG pode ser gerado através de qualquer maneira adequada conhecida na técnica, incluindo, mas não limitada a qualquer processo adequado conhecido na técnica que oxide simultaneamente a água na forma de gás e reduza o gás de oxigênio, incluindo a fotocatalise em fase gasosa utilizando, por exemplo, 5 um catalisador metálico tal como dióxido de titânio, óxido de zircônio, dióxido de titânio ativado com cocatalisadores (tais como cobre, ródio, prata, platina, ouro etc.) ou outros fotocatalisadores de óxido metálico adequados. O PHPG também pode ser produzido através de processos eletrolíticos utilizando a- 10 nodos e catodos feitos de qualquer metal adequado ou construídos partindo de cerâmicas de óxido metálico utilizando uma morfologia que permite a remoção imediata de gás de peróxido de hidrogênio antes que este possa ser reduzido. Alternativamente, o PHPG pode ser produzido através da excitação em alta frequência de água gasosa e moléculas de oxigênio sobre um 15 substrato de suporte adequado utilizando uma morfologia que permite a remoção imediata de gás de peróxido de hidrogênio antes que este possa ser reduzido.

Em um aspecto da invenção, é descrito um processo de fornecimento de controle microbiano e/ou de desinfecção/reparo de um ambiente. 20 O processo compreende de forma geral (a) a produção de um gás compreendido do Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) que é substancialmente isento de, por exemplo, hidratação, ozônio, espécies de plasma e/ou espécies orgânicas; e (b) o direcionamento do gás compreendido de PHPG para dentro do ambiente de forma que o PHPG atue para fornecer 25 controle microbiano e/ou desinfecção/reparo no ambiente, preferencialmente tanto nas superfícies quanto no ar.

Em certas modalidades, o processo compreende (a) a exposição de um catalisador metálico ou de óxido metálico à luz ultravioleta na presença de ar ambiente purificado úmido sob condições de maneira a formar Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) que é substancialmente isento 30 de, por exemplo, hidratação, ozônio, espécies de plasma e/ou espécies orgânicas; e (b) o direcionamento do PHPG para dentro do ambiente de forma

que o PHPG atue para fornecer controle de infecção e/ou desinfecção/reparo no ambiente, preferencialmente tanto nas superfícies quanto no ar, remoção de ozônio do ar ambiente e remoção de VOC's do ar ambiente.

Em uma modalidade, a luz ultravioleta produz pelo menos um comprimento de onda em uma faixa acima de aproximadamente 181 nm, acima de aproximadamente 185 nm, acima de aproximadamente 187 nm, entre aproximadamente 182 nm e aproximadamente 254 nm, entre aproximadamente 187 nm e aproximadamente 250 nm, entre aproximadamente 188 nm e aproximadamente 249 nm, etc.

Outro aspecto da invenção refere-se a um aparelho difusor para produção de Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) que é substancialmente isento de, por exemplo, hidratação, ozônio, espécies de plasma e/ou espécies orgânicas. Com referência às **Figuras 1 e 2**, o aparelho difusor compreende geralmente: (a) uma fonte de luz ultravioleta **4**; (b) uma estrutura de substrato de catalisador metálico ou de óxido metálico **3**; e (c) um mecanismo de distribuição de ar **5**, **6** e/ou **7**.

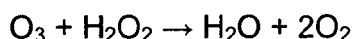
O mecanismo de distribuição de ar pode ser um ventilador **5** ou qualquer outro mecanismo adequado para movimentar o fluido, por exemplo, ar, ao longo do aparelho difusor. De acordo com certos aspectos da invenção, a seleção, o planejamento, o dimensionamento e a operação do mecanismo de distribuição de ar devem ser tais que o fluido, por exemplo, ar, que escoar ao longo do aparelho difusor é geralmente tão rápido quanto possível. Sem pretender ficar limitado a qualquer teoria, acredita-se que níveis ótimos de PHPG são gerados para a saída do aparelho difusor sob condições de escoamento rápido do fluido.

A fonte de luz ultravioleta **4** pode produzir geralmente pelo menos uma faixa de comprimentos de onda suficientes para ativar as reações fotocatalíticas do ar ambiente úmido, mas sem a fotólise do oxigênio de forma a iniciar a formação de ozônio. Em uma modalidade, a luz ultravioleta produz pelo menos um comprimento de onda em uma faixa acima de aproximadamente 181 nm, acima de aproximadamente 185 nm, acima de aproximadamente 187 nm, entre aproximadamente 182 nm e aproximadamente

254 nm, entre aproximadamente 187 nm e aproximadamente 250 nm, entre aproximadamente 188 nm e aproximadamente 249 nm, etc. Tais comprimentos de onda produzem geralmente PHPG incluindo o peróxido de hidrogênio na ausência substancial de ozônio.

5 De acordo com a presente invenção, o termo "ausência substancial de ozônio" significa de forma geral quantidades de ozônio abaixo de aproximadamente 0,015 ppm, descendo até níveis abaixo do LOD (nível de detecção) para o ozônio. Tais níveis ficam abaixo dos limites geralmente aceitos para a saúde humana. Sob este aspecto, a Food and Drug Administration (FDA) requer que a produção de ozônio de dispositivos médicos em
10 recintos fechados seja de não mais que 0,05 ppm de ozônio. A Occupational Safety and Health Administration (OSHA) requer que os funcionários não sejam expostos a uma concentração média de mais de 0,10 ppm de ozônio durante 8 horas. O National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)
15 OSH) recomenda que um limite superior de 0,10 ppm de ozônio não seja excedido em qualquer momento. O EPA's National Air ambient Quality Standard por ozônio é uma concentração média máxima em recintos abertos de 8 horas de 0,08 ppm.

Em certas modalidades o PHPG pode, entretanto, ser utilizado para a remoção de ozônio do ambiente através da reação a seguir:



Em certas modalidades o PHPG pode ser utilizado para a remoção de VOC's do ambiente através da oxidação direta de VOC's pelo PHPG.

Em certas modalidades, o PHPG pode ser utilizado para o controle microbiano, que inclui, mas não está limitado a, como um biocida, para
25 tratamento de ar em recintos fechados, como um eliminador de bolor e/ou fungo, como um eliminador de bactérias e/ou como um eliminador de vírus. O processo de PHPG pode produzir gás de peróxido de hidrogênio suficiente para realizar um processo de controle microbiano e/ou de desinfecção/reparo desejado. Uma quantidade suficiente é geralmente conhecida
30 pelos versados na técnica e pode variar dependendo do sólido, do líquido ou do gás que será purificado e da natureza de uma desinfecção/reparo particu-

lar.

Em certas modalidades, com referência ao controle microbiano e/ou à desinfecção/reparo de ar e ambientes relacionados (incluindo superfícies presentes nos mesmos), a quantidade de PHPG pode variar de aproximadamente 0,005 ppm até aproximadamente 0,10 ppm, mais particularmente, de aproximadamente 0,02 ppm até aproximadamente 0,05 ppm, no ambiente que será desinfetado. Foi provado que tais quantidades eram eficientes contra, por exemplo, o Calicivírus Felino (um substituto aprovado pela EPA para o Norovírus), *Staphylococcus aureus* Resistente à Meticilina (MRSA), *Enterococcus faecalis* Resistente à Vancomicina (VRE), *Clostridium difficile* (C-Diff), *Geobacillus stearothermophilus* e *Aspergillus niger*. Tais quantidades de PHPG são seguras para uso em áreas ocupadas (incluindo, mas não limitadas a escolas, hospitais, escritórios, residências e outras áreas comuns), para desinfetar micróbios que contaminam superfícies, para matar agentes patogênicos transportados pelo ar e para fornecer controle microbiano, por exemplo, para a prevenção do espalhamento de Gripe Pandêmica, para o controle de infecções nosocomiais e para a redução da transmissão de doenças comuns.

Em certos aspectos da invenção, a umidade do ar ambiente fica preferencialmente acima de aproximadamente 1% de umidade relativa (RH), acima de aproximadamente 5% de RH, acima de aproximadamente 10% de RH etc. Em certas modalidades, a umidade do ar ambiente pode estar entre aproximadamente 10% e aproximadamente 99% de RH. Em uma modalidade, o processo da invenção inclui a regulação da umidade do ar ambiente dentro da faixa de aproximadamente 5% até aproximadamente 99% de RH ou de aproximadamente 10 até aproximadamente 99% de RH.

O catalisador metálico ou de óxido metálico pode ser selecionado de dióxido de titânio, cobre, óxido de cobre, zinco, óxido de zinco, ferro e óxido de ferro ou misturas dos mesmos e mais preferencialmente, o catalisador é o dióxido de titânio. Mais particularmente, o dióxido de titânio é um semicondutor, que absorve luz na parte próxima ao ultravioleta do espectro eletromagnético. O dióxido de titânio é sintetizado em duas formas - anatásio

e rutilio – que são, na realidade, planos diferentes da mesma estrutura de cristal original. A forma utilizada é uma função do processo de preparação e do material de partida utilizado. O anatásio absorve fótons em comprimentos de onda menores que 380 nm, enquanto que o rutilio absorve fótons em
5 comprimentos de onda menores que 405 nm.

Uma camada de dióxido de titânio de aproximadamente 4 μm de espessura absorverá 100% da luz incidente com comprimento de onda baixo. É sabido que o dióxido de titânio possui aproximadamente $9\text{-}14 \times 10^{14}$ sítios de superfície ativa por centímetro quadrado. Um sítio de superfície ati-
10 va é um sítio insaturado de maneira coordenada na superfície que é capaz de se ligar com íons hidroxila ou outras espécies básicas. Sua atividade fotocatalítica é influenciada por sua estrutura (anatásio ou rutilio), sua área de superfície, sua distribuição de tamanho, sua porosidade e pela densidade de grupos hidroxila em sua superfície. O anatásio é geralmente considerado
15 como um fotocatalisador mais ativo que o rutilio. É sabido que adsorve dióxigênio mais fortemente que o rutilio e permanece fotocondutor mais tempo após a irradiação de sinal luminoso que o rutilio. O anatásio e o rutilio possuem gaps de bandas de energia de 3,2 e 3,0 volts por elétron (eV), respectivamente.

20 Foi mostrado que vários agentes possuem uma influência sobre a fotocatalise. Tais agentes podem ser adicionados ao ambiente de reação para influenciar no processo de fotocatalise. Como é reconhecido pelos versados na técnica, alguns agentes melhoram o processo, enquanto que outros o degradam. Ainda outros atuam para melhorar uma reação enquanto
25 inibem outra.

Partindo da química de ácido-base, foi observado que agentes básicos podem se ligar no sítio ativo no catalisador. Sem ficar limitado à teoria, agentes que podem ser reduzidos que são adsorvidos no catalisador mais fortemente que o dióxigênio podem substituir o aceptor de elétrons.
30 Reagentes químicos de moléculas pequenas, metais e íons mostraram todos ter esta capacidade. Nestes casos, o impacto sobre a formação de PHPG é determinado pela eficiência com a qual o agente aceita elétrons em relação

ao dióxigênio e ao peróxido de hidrogênio.

Alguns agentes aditivos envolvem espécies de radicais em sub-reações ou na formação de radicais menos reativos incapazes de realizar a reação desejada. Ainda outros alteram fisicamente o fotocatalisador, alterando seu desempenho. De acordo com a presente invenção, os agentes aditivos podem ser selecionados para otimizar a formação de PHPG (opcionalmente enquanto minimizam ou eliminam a formação de ozônio, espécies de plasma ou espécies orgânicas).

Em um aspecto, como mencionado anteriormente, os agentes aditivos podem incluir cocatalisadores. Os cocatalisadores podem ser metais ou revestimentos depositados na superfície de um catalisador para aumentar a eficiência das reações de PHPG selecionadas. Os cocatalisadores podem alterar as características físicas do catalisador de duas maneiras. Em primeiro lugar, estes podem fornecer novos níveis de energia para que os elétrons da banda de condução ocupem. Em segundo lugar, os cocatalisadores podem possuir características de absorção diferentes que as do fotocatalisador de suporte. Isto pode fazer com que a ordem em que reações competitivas ocorrem no cocatalisador seja diferente daquela no catalisador por si só. Os cocatalisadores são geralmente mais eficientes em coberturas de superfícies menores que cinco por cento.

Os cocatalisadores típicos podem ser selecionados de platina, prata, níquel, paládio e muitos outros compostos metálicos. Também foram demonstradas as capacidades cocatalíticas da ftalocianina.

Um aparelho difusor de acordo com a invenção pode ter qualquer formato ou tamanho adequado, incluindo esférico, hemiesférico, cúbico, retangular tridimensional, etc. Os difusores também podem ser configurados em qualquer número de formatos singulares tais como ursinhos de pelúcia, cofres em forma de porquinho, imitação de rádios etc. O núcleo do aparelho difusor pode ser compreendido de uma fonte de luz ultravioleta. A fonte de luz ultravioleta 4 pode ser posicionada no centro ou no interior do aparelho difusor, pode ter intensidade variada dependendo do tamanho do aparelho e da aplicação para a qual é pretendida. Com a finalidade de exemplo, em cer-

tas modalidades, com referência à **Figura 1**, a fonte de ultravioleta **4**, por exemplo, pode ter formato tubular e pode estar contida dentro de um difusor de carcaça **2** com formato de cunha alongada ou com formato tubular. Em certas configurações, um refletor **1** pode servir para focalizar a luz em uma
5 direção específica dentro do interior de um dispositivo conforme é necessário por seu formato específico.

A carcaça **2** do aparelho difusor pode ser formada de qualquer material de substrato adequado, incluindo cerâmica, porcelana, polímero, etc. Com a finalidade de exemplo, o polímero pode ser um polímero poroso
10 ou ventilado que é tanto hidrofóbico quanto resistente à degradação pela luz ultravioleta na faixa de 254 nm até 182 nm. Os polímeros que são resistentes a alguns comprimentos de onda dentro desta faixa, mas não todos, podem ser utilizados em associação com lâmpadas de UV que produzem apenas luz nas faixas às quais são resistentes. Uma carcaça do difusor pode ser
15 moldada em qualquer tamanho e formato desejado e produzida em qualquer cor desejada. Em certas modalidades, um material fosforescente pode ser incorporado no material da carcaça de forma a emitir luz visível após a absorção de luz UV.

Em uma modalidade, a superfície interna da carcaça do difusor
20 pode ser geralmente utilizada como o substrato através do revestimento da mesma com um fotocatalisador, que pode incluir dióxido de titânio ativado com um ou mais outros metais em certas modalidades. Com a finalidade de exemplo, o fotocatalisador pode ser aplicado no interior do substrato do difusor na forma de uma tinta. A aplicação deve ser geralmente aplicada de for-
25 ma a prevenir o entupimento dos poros dentro do substrato do difusor. Em uma modalidade, o ar pode ser aplicado ao substrato e forçado através dos poros do substrato após a aplicação da pintura do fotocatalisador, causando tanto a secagem do revestimento quanto mantendo os poros livres através de ar forçado. Pode ser preferido que a combinação de revestimento fotoca-
30 talítico e do substrato do difusor seja opaca o suficiente para prevenir que a luz UV escape do aparelho difusor montado.

Em outra modalidade, a carcaça do difusor e o substrato do ca-

talizador são componentes separados, com a camada de substrato situada exatamente dentro e muito próxima à superfície interna da carcaça do difusor.

O projeto do difusor otimiza a produção de PHPG através do
5 espalhamento da superfície do reator fotocatalítico permeável pelo ar finalmente ao longo de uma área grande que é perpendicular ao fluxo de ar, em vez de através da compactação da mesma em uma morfologia que otimiza o volume planejado para maximizar o tempo de residência dentro do reator. Através da configuração da morfologia do reator como uma estrutura permeável pelo ar similar a uma vela, bem dentro da carcaça do difusor do difusor,
10 o comprimento do acesso de saída para as moléculas de peróxido de hidrogênio produzidas no catalisador fica muito curto e seu tempo de residência dentro da estrutura do reator é reduzido para uma fração de um segundo, prevenindo que a grande maioria das moléculas de peróxido de hidrogênio
15 seja subsequentemente adsorvida sobre o catalisador e reduzida de volta em água. Ainda, através da colocação do substrato do catalisador bem dentro da superfície interna da carcaça do difusor, não somente a área de superfície do reator é maximizada, mas o PHPG produzido também passa para fora do difusor quase imediatamente e evita assim a fotólise proveniente da
20 exposição prolongada à fonte de luz UV. Através desta morfologia, foram atingidas concentrações de saída de PHPG tão altas quanto 0,08 ppm.

Em modalidades preferidas, concentrações de PHPG podem ser autorreguladoras devido à atração eletrostática entre as moléculas de PHPG, que se degradam fornecendo água e oxigênio depois de reagirem
25 entre si. A autorregulação de PHPG ocorre sempre que a concentração de PHPG resulta em espaçamento intermolecular que é mais próximo em distância do que a faixa de atração eletrostática das moléculas de PHPG. Quando isto ocorre, as moléculas de PHPG são atraídas e se degradam entre si até que a concentração caia suficientemente até que o espaçamento
30 intermolecular seja maior do que a faixa de atração eletrostática das moléculas de PHPG. Por estes meios as concentrações de PHPG são mantidas a níveis bem abaixo do limite de segurança do local de trabalho de OSHA de

1,0 parte por milhão.

Devia ser observado que esta morfologia de otimização do PHPG também minimiza o tempo de residência para quaisquer contaminantes orgânicos que possam entrar e passar através do sistema, reduzindo drasticamente a probabilidade de que eles sejam bem oxidados. Efetivamente, os sistemas fotocatalíticos otimizados para a produção de PHPG, são, por projeto, menos propensos a oxidar contaminantes orgânicos, pois estes passam através da estrutura do catalisador e os sistemas fotocatalíticos otimizados para a oxidação de contaminantes orgânicos irá, por projeto, inibir a produção de peróxido de hidrogênio gasoso.

O aparelho difusor também de modo geral inclui um mecanismo de distribuição do fluido. O mecanismo de distribuição do fluido geralmente serve para mover o fluido, tal como ar através do aparelho difusor. Mais particularmente, o mecanismo de distribuição de ar irá geralmente dirigir o fluido para dentro do aparelho difusor, que irá então se difundir através do substrato difusor. Em uma modalidade, com referência à Figura 2, o mecanismo de distribuição do fluido irá dirigir o fluido através da abertura de entrada 7 para um pequeno ventilador (não mostrado) emoldurado dentro de uma abertura 5 no aparelho difusor. O ventilador também pode ter um filtro 6 que pode ser substituído para gás hidrófobo e/ou pó fino sobre o lado a montante para evitar que gases orgânicos e/ou pó fino entrem no aparelho difusor, garantindo desse modo que o PHPG permaneça substancialmente livre de espécies orgânicas. Baseado na necessidade, em certas modalidades, pode ser desejável que o mecanismo de distribuição do fluido seja da menor potência necessária para criar um fraco excesso de pressão dentro do difusor; em outras modalidades, pode ser mais desejável uma rápida velocidade do ventilador.

De acordo com certos aspectos da invenção, o PHPG pode ser produzido na ausência substancial de ozônio, de espécies de plasma e/ou de espécies orgânicas, por exemplo, pela oxidação fotocatalítica de moléculas de água absorvidas quando ativadas com luz UV nas faixas aqui descritas. Em uma modalidade, o substrato do difusor, revestido com fotocatalisa-

dor em sua parte interna (ou carcaça do difusor revestida na parte interna com uma estrutura de fotocatalisador permeável ao ar semelhante à vela), pode ser colocado sobre e em torno da lâmpada ultravioleta. Uma abertura no difusor pode servir como uma armação à qual irão se adaptar a fonte de

5 energia da luz UV e o suporte estrutural. Quando montado, o aparelho difusor pode funcionar como a seguir: (a) o mecanismo de distribuição do fluido dirige o ar para o difusor através de um vapor orgânico e de um filtro de pó fino, criando um excesso de pressão; (b) o ar se move para fora do difusor através dos poros ou das aberturas no substrato e/ou na carcaça do difusor;

10 (c) a umidade contida no ar é adsorvida no fotocatalisador; (d) quando iluminada, a luz UV produzida pela lâmpada ativa o fotocatalisador, fazendo com que este oxide a água adsorvida e reduza o oxigênio adsorvido, produzindo o PHPG; e (e) o PHPG produzido na parte interna do aparelho difusor então se move rapidamente para fora do difusor através de seus poros ou abertu-

15 ras para o ambiente circundante.

Em algumas modalidades, o PHPG pode ser gerado por uma Lâmpada de Arco de Mercúrio de Pressão Média (MPMA). As lâmpadas MPMA não emitem apenas luz ultravioleta, mas também luz visível e comprimentos de onda no espectro infravermelho. É importante quando se sele-

20 ciona uma lâmpada, o rendimento no espectro ultravioleta seja cuidadosamente examinado. O rendimento do espectro ultravioleta é às vezes expresso graficamente, apresentando a o rendimento proporcional nos comprimentos de onda de ultravioleta importantes. O amplo espectro da lâmpada de MPMA é selecionado por sua funcionalidade.

25 Em outras modalidades, o PHPG pode ser gerado por Diodos que Emitem Luz Ultravioleta (LEDs de UV). Os LEDs de UV são mais compactos e fileiras de LEDs de UV podem ser dispostas em uma variedade de tamanhos e maneiras, permitindo uma produção de sistemas menores, mais irregulares.

30 Em outras modalidades, o rendimento de PHPG pode ser regulado por sistemas de controle que controlam os dispositivos isoladamente ou em grupos. Tais sistemas de controle podem regular a operação da seguinte

maneira: (a) ligando e desligando os dispositivos; (b) regulando a intensidade da luz e/ou a velocidade do ventilador; (c) monitorando os níveis de PHPG do ambiente diretamente por meio de dispositivos colorimétricos automatizados, por indicadores Draeger automatizados, por meio de vaporização instantânea de PHPG acumulado em um coletor aquoso, medindo a variação na condutividade de um substrato sensível ao acúmulo de peróxido de hidrogênio ou por dispositivo térmicos, medindo o calor liberado pela reação exotérmica entre o PHPG e um reagente estável ao qual ele está atraído eletrostaticamente e (d) monitorando os níveis de PHPG no ambiente por meio da umidade relativa.

EXEMPLOS

Sem que se pretenda estar limitado pelo exemplo de desempenho a seguir, uma modalidade da invenção foi montada como a seguir: (a) o dispositivo foi construído no formato de um cilindro de 946 milímetros cúbicos com 508 milímetros (20 polegadas) de comprimento e com um raio de 216 mm (8,5 polegadas); (b) o cilindro de 946 milímetros cúbicos foi projetado para se adaptar ao ângulo de 90 graus formado onde uma parede encontra um teto, com os lados retos do cilindro de 946 milímetros cúbicos adaptando uma descarga contra a parede e o teto e a face curva do cilindro contra a parede e o teto e a face curva do cilindro de frente para fora e para baixo no ambiente; (c) como observado a seguir a extremidade da direita do cilindro de 946 milímetros cúbicos suportava uma velocidade variável com um rendimento máximo de $6,8 \text{ m}^3$ (240 pés cúbicos) por minuto e um filtro de entrada de carvão vegetal hidrofóbico, ativado de grande eficiência; (d) a extremidade do cilindro de 946 milímetros cúbicos suportada pela conexão de potência para o ventilador e a Lâmpada de Arco de Mercúrio de Pressão Média (MPMA) lâmpada de 356 mm (14 polegadas), posicionada de modo que a lâmpada estivesse centrada e paralela ao comprimento do cilindro de 946 milímetros cúbicos; (e) um refletor de metal ventilado foi colocado atrás da lâmpada MPMA para refletir a luz para a superfície interna da face curva do cilindro de 946 milímetros cúbicos; e (f) a face curva do cilindro foi ventilada para permitir que o ar, não a luz, escoasse para fora do dispositivo.

Uma estrutura de fotocatalisador similar à vela foi colocada justamente dentro e paralela à superfície interna da face curva do cilindro de 946 milímetros cúbicos; (a) o substrato do catalisador tinha 457 mm (18 polegadas) de comprimento, 279 mm (11 polegadas) de altura, emoldurado e
5 tinha uma curvatura desde o topo até o fundo com um raio de 209 mm (8,25 polegadas); (b) era formado de fibra de vidro e estava revestido com dióxido de titânio cristalino em pó e (c) o dióxido de titânio foi aplicado à fibra de vidro em cinco camadas para garantir a cobertura completa de todas as fibras, então sintetizada em uma estufa para fazer com que os cristais de fotocatalisador fiquem ambos aderidos entre si e à fibra de vidro.
10

Durante a operação, tanto o ventilador como a lâmpada MPMA foram ligados: (a) o ar de entrada foi introduzido no dispositivo através do filtro de entrada de carvão vegetal hidrófobo, ativado de grande eficiência, que foi removido por absorção de Hidrocarbonetos Orgânicos Voláteis
15 (VOC's), sem remover a umidade do ar de entrada; (b) o ar de entrada foi fornecido para a parte de trás do dispositivo, onde o refletor de metal ventilado redirecionou o mesmo para a estrutura do fotocatalisador e para a parte interna da face ventilada do cilindro de 946 milímetros cúbicos; (c) a umidade e o oxigênio provenientes do ar de entrada absorvido sobre o fotocatalisador, que era ativado por luz de 254 nm proveniente da lâmpada MPMA;
20 (d) o fotocatalisador ativado oxidava água a radicais hidroxila, que então eram combinados para formar peróxido de hidrogênio, enquanto o dioxigênio era simultaneamente reduzido sobre o fotocatalisador a peróxido de hidrogênio; e (e) o Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) gerado era
25 imediatamente arrastado pelo fluxo de ar para fora do fotocatalisador, através da face ventilada do dispositivo impermeável à luz e para fora do ambiente.

O Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG) assim produzido estava: (a) substancialmente livre de água ligada porque esta foi produzida por meios catalíticos em vez de por vaporização de solução aquosa;
30 (b) o PHPG estava substancialmente livre de ozônio porque a lâmpada MPMA não usava comprimentos de onda capazes de fotolisar dioxigênio; (c) o

PHPG estava substancialmente livre de espécies de plasma porque a morfologia do fotocatalisador permitia a rápida remoção de peróxido de hidrogênio de sua superfície antes que este pudesse ser subsequentemente reduzido fotocataliticamente; (d) o PHPG foi protegido por fotólise com Ultravioleta (UV) porque ele passava através da face ventilada, impermeável à luz do cilindro de 946 milímetros cúbicos imediatamente depois de sair da superfície do fotocatalisador e (e) o PHPG estava substancialmente livre de espécies orgânicas porque os VOC's foram absorvidos pelo filtro de entrada de carvão vegetal hidrófobo, ativado de grande eficiência.

10 O dispositivo foi sujeito a testes projetados e implementados por dois laboratórios autorizados para: (a) medir o rendimento de Gás de Peróxido de Hidrogênio Purificado (PHPG); (b) confirmar que o produto de saída estava substancialmente livre de ozônio; (c) confirmar que o produto de saída estava substancialmente livre de VOC's; (d) medir a eficiência de PHPG em relação ao Calicivírus Felino (um substituto aprovado pela EPA para o Norovírus), *Staphylococcus aureus* Resistente à Metilina (MRSA), *Enterococcus faecalis* Resistente à Vancomicina (VRE), *Clostridium difficile* (C-Diff), *Geobacillus stearothermophilus* (uma bactéria estável usada pela companhia de seguro para verificar a exclusão microbiana bem-sucedida) e *Aspergillus niger* (um fungo comum) e (e) testa a uma variedade de umidades relativas do ambiente que inclui 35% a 40 % a 21 até 22° C (70 a 72 graus Fahrenheit), 56 % a 59 % a 27 até 29° C (81 a 85 graus Fahrenheit) e 98 % a 25° C (78 graus Fahrenheit).

25 As medidas para ozônio, VOC's, temperatura e umidade foram todas realizadas usando-se dispositivos padronizados. Como nenhum dispositivo está ainda disponível para medir gás de peróxido de hidrogênio a níveis abaixo de 0,10 ppm, três novos meios foram desenvolvidos: (a) foram descobertas tiras para teste com peróxido de hidrogênio, normalmente usadas para medir concentrações aproximadas em solução aquosa, para detectar a presença de PHPG com o passar do tempo; (b) foram descobertas tiras para teste com peróxido de hidrogênio, normalmente projetadas para serem lidas depois de 20 segundos de exposição, para acumular o PHPG e para

fornecer leituras aproximadas de concentração precisa de PHPG até dentro de 0,01 ppm, quando normalizada por um tempo de exposição durante períodos de menos do que uma hora - por exemplo, uma tira para teste que acumulava 0,5 ppm durante o período de cinco minutos foi exposta durante

5 15 intervalos de vinte segundos, indicando uma concentração aproximada de 0,5 ppm dividida por 15 ou 0,033 ppm; (c) foram descobertos tubos de Draeger, projetados para detectar concentrações de peróxido de hidrogênio tão baixas quanto 0,10 ppm depois de retirar 2000 centímetros cúbicos de ar, para fornecer leituras de menores concentrações com precisão dentro de

10 0,005 ppm, pois maiores volumes foram retirados por uma bomba calibrada - por exemplo, um tubo de Draeger que indicou 0,10 ppm depois da retirada de 4000 centímetros cúbicos medidos a uma concentração aproximada de PHPG de 0,05 ppm e um tubo de Draeger que indicou 0,10 ppm depois da retirada de 6000 centímetros cúbicos, medidos a uma concentração de

15 PHPG aproximada de 0,033 ppm; e (d) foi descoberto que medidas realizadas tanto com tiras para teste de peróxido de hidrogênio como em tubos de Draeger concordam perfeitamente entre si.

Nos testes projetados para medir níveis de peróxido de hidrogênio a umidades variáveis, foram coletados os seguintes dados:

Umidade Relativa	Temperatura (°C (°F))	Concentração de PHPG	Formas de Detecção/Medida
98%	25° C (78°F)	0,08 ppm	Tira para teste/tubo de Draeger/Redução microbiana
56% - 59%	27 - 29° C (81 - 85°F)	0,05 - 0,08 ppm	Tira para teste/tubo de Draeger/Redução microbiana
35% - 40%	21 - 22° C (70 - 72°F)	0,005 - 0,01 ppm	Tira para teste/Redução microbiana

20 Os dados de medida de PHPG indicaram que a concentração de PHPG produzido é altamente dependente da umidade relativa. Isto é previsível, porque a produção de PHPG é diretamente dependente da disponibilidade das moléculas de água no ar. Devia ser observado que o US Department of Health e Human Services requer que os ambientes que operam no

hospital sejam mantidos entre 30 % e 60 % de umidade relativa.

Os dados de medida do PHPG também permaneciam constantes durante o período de tempo e indicaram um limite de equilíbrio superior de aproximadamente 0,08 ppm. Isto é também previsível devido à atração eletrostática das moléculas de PHPG entre si sempre que o seu espaçamento intermolecular se torne menor do que as faixas de sua atração eletrostática mútua. Sob esta condição o excesso de PHPG reage com si mesmo para produzir moléculas de oxigênio e água. Este limite superior de 0,08 ppm também está bem abaixo do limite de segurança do local de trabalho de OSHA de 1,0 ppm e assim é seguro para respirar, indicando que os sistemas de PHPG podem ser usados com segurança e continuamente nas áreas ocupadas.

Toda a testagem também indicou uma completa ausência de ozônio na saída do dispositivo.

Em Testagem VOC, uma concentração aproximada do ambiente de 7 ppm de 2-propanol foi estabelecida em um ambiente de 70,8 m³ (2500 pés cúbicos). Foi descoberto que o dispositivo reduz rapidamente os níveis de VOC em todo o ambiente.

	VOC (ppm)					H ₂ O ₂ (ppm)- Draeger	Ozônio ppm
Estação	1	2	3	4	5		
Distância	5,08 cm (2")	22,86 cm (9")	30,48 cm (12")	40,64 cm (16")	50,80 cm (20")		
Tempo Zero	6,8	7,0	6,8	6,8	6,7		
Unidades de Luz e ventilador (alta velocidade) ligados							
5 min	6,0	5,7	5,6	5,6	5,6		
10 min	4,2	4,4	3,7	3,9	3,6		
15 min	3,6	3,6	3,1	3,1	2,9		
30 min	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1		
60 min	0,4	0,6	0,9	0,4	0,2	0,05 no centro do ambiente	
90 min	0,1	0,4	0,5	0,3	0,2		0,000 todos pa- dronizados
24 hr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,08 no centro & S-5	0,000 todos pa- dronizados

Na testagem microbiana qualitativa, chips inoculados com *Geobacillus stearothermophilus* foram colocados no ambiente em diversos testes e em todos os casos apresentaram redução significativa das bactérias dentro de uma questão de horas.

- 5 Na testagem microbiana quantitativa em ATS labs em Eagan, Minnesota, foram coletados os seguintes dados. Devia ser observado que estas taxas de eliminação impressionantes foram conseguidas com uma concentração de PHPG de apenas 0,005 ppm até 0,01 ppm, produzida a uma umidade relativa de 35 % a 40 %.

Organismo de Teste	Tempo de Exposição (h)	Infectividade Média do Vírus Observada Após a Exposição	Porcentagem de Redução Quando Comparada ao Vírus de Controle no Tempo Zero	Porcentagem de Redução Comparada à Morte Natural Correspondente
Calicivírus Felino (substituto do Norovírus)	2	4,3 log ₁₀	99,5%	96,8%
	6	2,3 log ₁₀	99,995%	99,8%
	24	≤ 0,6 log ₁₀ (vírus detectado em apenas uma réplica)	≥99,9999%	99,8%

10

Organismo de Teste	Ponto de Tempo	UFC Média/Carreador de teste (Sobreviventes no teste)	Porcentagem de Redução Quando Comparada ao Controle no Tempo Zero	Porcentagem de Redução Comparada à Morte Natural Correspondente
MRSA (ATCC 33592)	2 horas	<1 (sem sobreviventes)	>99,9999%	>99,9999%
	6 horas	<1 (sem sobreviventes)	>99,9999%	>99,9999%
	24 horas	<1 (sem sobreviventes)	>99,9999%	>99,9999%
VRE (ATCC 51575)	2 horas	<1 (sem sobreviventes)	>99,9999%	>99,999%
	6 horas	<1 (sem sobreviventes)	>99,9999%	>99,99%
	24 horas	<1 (sem sobreviventes)	>99,9999%	>99,9%
<i>C.difficile</i> (ATCC 700792)	2 horas	2,18x10 ⁵ UFC/Carreador	27,3%	9,2%
	6 horas	1,1x10 ⁵ UFC/Carreador	63,3%	60,6%
	24 horas	7,3x10 ⁴ UFC/Carreador	75,7%	70,4%

Orga- nismo de Teste	Ponto de Tempo	UFC Mé- dia/Carreador de teste (Sobrevi- ventes no teste)	Porcentagem de Re- dução Quando Com- parada ao Controle no Tempo Zero	Porcentagem de Redução Compa- rada à Morte Natu- ral Correspondente
A. niger (ATCC 16404)	2 horas	$1,9 \times 10^5$ UFC/Carreador	19,1%	13,6%
	6 horas	$4,67 \times 10^4$ UFC/Carreador	80,1%	81,3%
	24 horas	$1,2 \times 10^4$ UFC/Carreador	94,9%	90,8%

À umidades mais altas, são produzidas maiores concentrações de PHPG e as taxas de redução microbiana vão aumentar. Os dados coletados acima a 56 % até 59 % de umidade relativa indicam que pode ser conseguida uma concentração de PHPG pelo menos oito vezes mais alta do que aquela usada neste teste quantitativo.

Além disso, um teste de comparação indicou que o dispositivo para teste com PHPG produz uma concentração de equilíbrio de PHPG até 150 vezes maior do que o rendimento incidental de peróxido de hidrogênio não purificado de uma célula fotocatalítica padronizada.

Geralmente, a invenção foi descrita em modalidades específicas com algum grau de particularidade, fica entendido que esta descrição foi fornecida somente para fins de exemplo e que numerosas variações nos detalhes da construção, da fabricação e do uso, incluindo a combinação e o arranjo de partes, podem ser feitas sem sair do espírito e do âmbito da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho difusor para a produção de gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado do ar úmido do ambiente, caracterizado pelo fato de que compreende:

5 (a) um mecanismo de distribuição de ar (5), (6) ou (7) fornecendo um fluxo de ar do dito ar úmido do ambiente;

 (b) uma fonte de luz ultravioleta (4);

 (c) um catalisador metálico ou de óxido metálico em uma estrutura de substrato permeável ao ar similar à vela (3) apresentando uma superfície e poros;

 em que o dito fluxo de ar é perpendicular à, e através, da dita superfície e o dito ar úmido do ambiente apresenta um tempo de residência na dita estrutura de substrato permeável ao ar (3) de menos do que um segundo,

15 em que o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado é livre de espécies plasma, compreende 0,015 ppm de ozônio ou menos, e é direcionado para fora do dito aparelho difusor e para dentro do ambiente quando o referido aparelho está em operação.

2. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito mecanismo de distribuição de ar (5), (6) ou (7) é um ventilador.

3. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita fonte de luz ultravioleta (4) produz pelo menos uma faixa de comprimento de onda entre 181 nanômetros e 254 nanômetros.

4. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita fonte de luz ultravioleta (4) produz mais de uma faixa de comprimento de onda.

5. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito catalisador metálico ou de óxido metálico é selecionado dentre o grupo consistindo em dióxido de titânio, cobre, óxido de cobre, zinco, óxido de zinco, ferro, óxido de ferro, e misturas destes.

6. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito catalisador metálico ou de óxido metálico é dióxido de titânio.

5 7. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito catalisador metálico ou de óxido metálico ainda compreende um co-catalisador selecionado dentre o grupo consistindo em platina, prata, níquel e paládio.

10 8. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a estrutura de substrato permeável ao ar similar à vela (3) compreende fibras de vidro.

9. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um filtro localizado a jusante da dita estrutura de substrato permeável ao ar similar à vela (3).

15 10. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito filtro é um filtro de vapor orgânico, um filtro de alta eficiência, um filtro hidrofóbico, um filtro de entrada de carvão ativado ou uma combinação destes.

11. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito filtro é um filtro de poeira.

20 12. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito fluxo de ar causa a dita estrutura de substrato permeável ao ar similar à vela (3) a ser curvada quando o referido aparelho está sob operação.

25 13. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito ar úmido de ambiente apresenta uma umidade relativa entre 10% e 99%.

14. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito ar úmido de ambiente apresenta uma umidade relativa entre 30% e 60%.

30 15. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o ar úmido de ambiente apresenta uma umidade relativa entre 35% e 40%.

16. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o ar úmido de ambiente apresenta uma umidade relativa entre 56% e 59%.

17. Aparelho difusor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado é livre de espécies orgânicas.

18. Processo para controle microbiano, desinfecção ou reparo de um ambiente usando um aparelho difusor como definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende:

(a) a produção de gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado do ar úmido do ambiente através das seguintes etapas:

fluir o dito ar úmido do ambiente perpendicularmente através de uma estrutura de substrato de catalisador metálico ou de óxido metálico permeável ao ar semelhante à vela (3) apresentando superfície e poros; e

iluminar a dita superfície com luz ultravioleta (4) na presença do dito ar úmido do ambiente;

em que o dito ar úmido do ambiente apresenta um tempo de residência na dita superfície de menos do que um segundo, de modo a formar o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado, o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado é livre de espécies de plasma e compreende 0,015 ppm de ozônio ou menos;

(b) direcionar o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado no referido ambiente; e

(c) permitir que o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado forneça controle microbiano, desinfecção ou reparo no dito ambiente, ambos nas superfícies e no ar.

19. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado produzido possui concentração entre 0,005 ppm e 0,10 ppm.

20. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o dito controle microbiano, desinfecção ou reparo de um ambiente inclui tratamento de ar em recintos fechados, eliminação de bolo-

res, eliminação de bactérias e eliminação de vírus.

21. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a porcentagem de umidade do dito ar úmido do ambiente está dentro da faixa de 5-99% ou regulada dentro da mesma.

5 22. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o dito catalisador metálico ou de óxido metálico é dióxido de titânio.

23. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende ainda permitir o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado para remover tanto ozônio e compostos orgânicos voláteis (VOC's) do dito ar úmido do ambiente através da reação química direta do ozônio e VOC's com o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado, em que

10

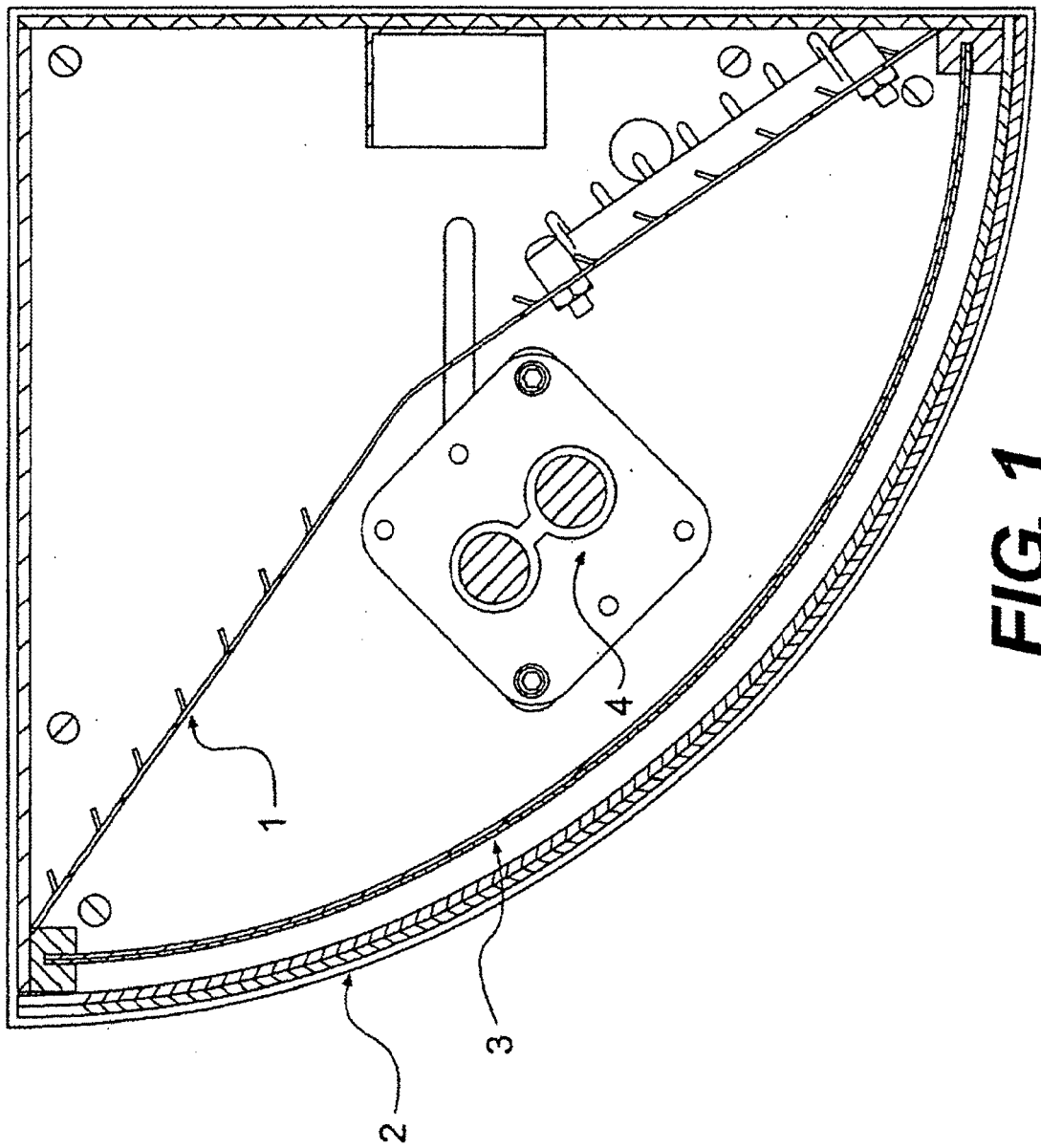
(a) reagir o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado com ozônio produz oxigênio e água, e

15

(b) reagir o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado com VOC's produz dióxido de carbono e água.

24. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o dito gás de peróxido de hidrogênio purificado não-hidratado é livre de espécies orgânicas.

20

**FIG. 1**

