



INPI INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102019004315-6

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 102019004315-6

(22) Data do Depósito: 01/03/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 15/09/2020

(51) Classificação Internacional: A61L 2/10; C10L 1/00.

(54) Título: SISTEMA MÓVEL DE TRATAMENTO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA UTILIZADO PARA A INATIVAÇÃO DE MICRORGANISMOS

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA, Órgão Público. CGC/CPF: 75095679000149. Endereço: RUA JOÃO NEGRÃO, 280 20 ANDAR, CURITIBA, PR, BRASIL(BR), 80010-200, Brasileira

(72) Inventor: HELTON JOSÉ ALVES; ANDRESSA CAROLINE NEVES; FÁBIO ROGÉRIO ROSADO.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 01/03/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 22/10/2024

Assinado digitalmente por:

Alexandre Dantas Rodrigues

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



"SISTEMA MÓVEL DE TRATAMENTO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA UTILIZADO PARA A INATIVAÇÃO DE MICRORGANISMOS"

Campo da Invenção

[001]. A presente invenção consiste em um sistema móvel para tratamento de combustíveis líquidos (etanol, óleo diesel, biodiesel, gasolina, querosene, bioquerosene, etc.) empregando a radiação ultravioleta para o controle de contaminação microbiológica, de fácil manuseio como alternativa para pontos de abastecimento de veículos.

Fundamentos da Invenção

[002]. O óleo diesel é um dos principais combustíveis utilizados no Brasil, atuando principalmente nos setores industriais e rodoviários. Contudo, esse combustível é obtido de fontes não renováveis, e seu uso está diretamente ligado ao aumento das emissões antrópicas de dióxido de carbono e enxofre. Diante disso apresenta-se a necessidade da utilização de um combustível alternativo, que contribua na mitigação das mudanças climáticas e esgotamento de fontes fósseis. Esta alternativa é o biodiesel, que é obtido de fontes renováveis, proporciona uma energia sustentável e auxilia na redução das emissões dos gases de efeito estufa, como CO, CO₂ e compostos de enxofre (Caliskan, Hakan. Environmental and enviroeconomic researches on diesel engines with diesel and biodiesel fuels. **JournalofCleanerProduction**, v. 154, p. 125-129, 2017) (Patel, Rupesh L.; Sankhavara, C. D. Biodiesel production from Karanjaoil and its use in diesel engine: A review. **RenewableandSustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 464-474, 2017)

[003]. Atualmente o percentual de biodiesel ao óleo diesel é de 8%, contudo a Lei nº 13.263 de 23 de março de 2016, que entrou em

vigor em 2017, determina que o aumento aconteça para 9% em 2018 e 10% em 2019. A lei também determina que em até 36 meses da data de promulgação, seja autorizada a adição de 15% em volume de biodiesel ao óleo diesel, após testes que validem a mistura. A inclusão do biodiesel ao óleo diesel apresenta várias vantagens ao combustível resultante, contudo o biodiesel é mais suscetível a oxidações devido a condições ambientais (luz, ar, umidade, etc.), sendo que teores elevados podem afetar a estabilidade do combustível, ocasionando degradações e alterações nas propriedades físico-químicas do combustível.

[004]. Processo de armazenamento, que provoca alterações na qualidade ao longo do tempo. Uma das principais alterações que ocorre nos combustíveis é a formação de material particulado que posteriormente se sedimenta, também chamado de borra, podendo ser de procedência química ou microbiológica. Os sedimentos microbiológicos podem apresentar potencial de contaminação durante toda a cadeia de produção e/ou transporte de óleo diesel e biodiesel (Pinho, D. M. M. Armazenagem e uso de biodiesel: problemas associados a formas de controle. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT, UnB, 2016.).

[005]. Uma das propriedades de qualidade que auxilia na degradação microbiana é o teor de água presente no biodiesel. Quando os valores ultrapassam os limites máximos acelera a oxidação hidrolítica, alterando as características químicas ao longo do tempo, e com o contato de oxigênio, luz e temperatura, promove um ambiente favorável à contaminação microbiana (Fattah, I. R., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Hazrat, M. A., Masum, B. M., Imtenan, S., & Ashraf, A. M. Effect of antioxidants on oxidation stability of biodiesel derived from vegetable and animal based feeds stocks. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 356-370, 2014.) (Beker, S. A., da Silva, Y. P.,

Bücker, F., Cazarolli, J. C., de Quadros, P. D., Peralba, M. D. C. R. & Bento, F. M. Effect of different concentration of tert-butylhydroquinone (TBHQ) on microbial growth and chemical stability of soybean biodiesel during simulated storage. **Fuel**, v. 184, p. 701-707, 2016.)

[006]. A presença de água em tanques de transporte e armazenamento contribui para uma maior agregação de biomassa microbiana e a corrosão, promovida por microrganismos produtores de ácido (Beker, S. A., da Silva, Y. P., Bücker, F., Cazarolli, J. C., de Quadros, P. D., Peralba, M. D. C. R. & Bento, F. M. Effect of different concentration of tert-butylhydroquinone (TBHQ) on microbial growth and chemical stability of soybean biodiesel during simulated storage. **Fuel**, v. 184, p. 701-707, 2016.). Esse acúmulo de biomassa microbiana provoca corrosão de componentes de motor, entupimentos de tubos e filtros, danos nos sistemas de injeção e diminuição da qualidade do combustível, e também a formação de biofilmes (Bücker, F., Santestevan, N. A., Roesch, L. F., Jacques, R. J. S., Peralba, M. D. C. R., Camargo, F. A. O., & Bento, F. M. Impact of biodiesel on biodeterioration of stored Brazilian diesel oil. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 65, n. 1, p. 172-178, 2011.) (Bücker, F., Barbosa, C. S., Quadros, P. D., Bueno, M. K., Fiori, P., te Huang, C., Frazzon, A. P. G., Ferrão, M. F. Camargo, F. A. O. & Bento, F. M. Fuel biodegradation and molecular characterization of microbial biofilms in stored diesel/biodiesel blend B10 and the effect of biocide. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 95, p. 346-355, 2014.)

[007]. Várias são as formas do contato do combustível com a água, podendo ser proveniente do processo de produção do biodiesel, da condensação do ar nas paredes dos tanques, por vazamentos, através do processo de limpeza dos tanques, na carga ou descarga do combustível.

[008]. O contato dos microrganismos pode ocorrer por meio da poeira, de águas e ar contaminados, podendo constituir uma fonte de nutrientes para proliferação (Jakeria, M. R.; Fazal, M. A.; Haseeb, A. S. M. A. Influence of different factors on the stability of biodiesel: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 154-163, 2014.). O óleo diesel e o biodiesel são utilizados como fonte de nutrientes devido a sua composição de hidrocarbonetos, utilizada como fonte de carboidratos. Quando os microrganismos não metabolizam hidrocarbonetos, os mesmos utilizam ésteres de ácido graxos do biodiesel e metabólitos secundários de outros microrganismos. São necessários também nutrientes inorgânicos (fósforo e nitrogênio), que podem ser provenientes de resíduos químicos ou da água (Das, N., & Chandran, P. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. **Biotechnology research international**, v. 2011, 2010.) (Jakeria, M. R.; Fazal, M. A.; Haseeb, A. S. M. A. Influence of different factors on the stability of biodiesel: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 154-163, 2014.) (Pinho, D. M. M. Armazenagem e uso de biodiesel: problemas associados a formas de controle. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT, UnB, 2016.).

[009]. Após o combustível ter entrado em contato com esses microrganismos, ele passa a ser uma fonte de nutrientes, quando as condições de crescimento favorecem, com a presença de água livre, temperatura (4°– 60°C), pH (4 – 9) e tempo de contato ocorrendo a formação de biomassa (Sørensen, G., Pedersen, D. V., Nørgaard, A. K., Sørensen, K. B., & Nygaard, S. D. Microbial growth studies in biodiesel blends. **Bioresource technology**, v. 102, n. 8, p. 5259-5264, 2011.) (Pinho, D. M. M. Armazenagem e uso de biodiesel: problemas associados a formas de controle. Brasília: Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT, UnB, 2016.).

[010]. Os principais tipos de microrganismos que contaminam o combustível são: bactérias anaeróbias e aeróbias, fungos e leveduras. Sendo que as bactérias aeróbias são os primeiros microrganismos a contaminar, seguidos de fungos filamentosos e leveduriformes e bactérias anaeróbias (Bücker, F., Santestevan, N. A., Roesch, L. F., Jacques, R. J. S., Peralba, M. D. C. R., Camargo, F. A. O., & Bento, F. M. Impact of biodiesel on biodeterioration of stored Brazilian diesel oil. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 65, n. 1, p. 172-178, 2011.) (Pullen, J.; Saeed, K. An overview of biodiesel oxidation stability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 8, p. 5924-5950, 2012).

[011]. Os métodos mais utilizados para controle deste tipo de degradação são os físicos e químicos, tais como: aplicação de aditivos químicos; drenagens e limpezas nos tanques, filtração e centrifugação do combustível. Contudo ambos apresentam desvantagem em seu uso (Beker, S. A., da Silva, Y. P., Bücker, F., Cazarolli, J. C., de Quadros, P. D., Peralba, M. D. C. R. & Bento, F. M. Effect of different concentration of tert-butylhydroquinone (TBHQ) on microbial growth and chemical stability of soybean biodiesel during simulated storage. **Fuel**, v. 184, p. 701-707, 2016.).

[012]. Diante disso vê-se a necessidade de novos métodos a serem utilizados como forma de controle microbiológico. A radiação ultravioleta vem como alternativa de controle, visto que sua ação atua diretamente na inativação de microrganismos, apresentando ação germicida e/ou bactericida, ocasionando quebra de importantes grupos bioquímicos.

[013]. Quando a radiação atinge importantes grupos bioquímicos ocasiona lesões irreversíveis e impede a reprodução de microrganismos. O dano está relacionado a intensidade de radiação, capacidade de absorção e ao tempo de exposição nessa radiação. O

efeito germicida alcança efetividade máxima num comprimento de onda de 260 nm, ao qual atua diretamente nas bases hidrogenadas do ácido desoxirribonucléico (DNA) e ribonucléico (RNA) (Sanhueza, R. M. V.; Maia, L. Utilização de luz ultravioleta (UV-C) na proteção de maçãs fuji da podridão por *Penicillium expansum*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, 2001.) (Bilotta, P.; Daniel, L. A. Ozônio e radiação UV na inativação de indicadores patogênicos em esgoto sanitário: análise comparativa. **Minerva**, v. 3, n. 2, p. 199-207, 2006.).

[014]. Vários são os trabalhos que utilizam radiação UV para desinfecção de águas. No trabalho de Souza (2011), foi avaliado a radiação UV em efluentes domésticos, a fim de avaliar a inativação de ovos de *Ascaris sp.* Foi possível inativar 90% dos ovos *Ascaris sp.*, contudo os resultados não se adequaram as diretrizes da Organização Mundial da Saúde. Souza et al. (2012), avaliaram a potencialidade da radiação UV na desinfecção de esgoto sanitário. (Souza, G. S. M. B. Desinfecção de efluentes sanitários por radiação UV e GAMA: efeitos da inativação de ovos de *Ascaris sp.* Tese. Programa de Pós-Graduação em Parasitologia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.) (Souza, J. B., de S Vidal, C. M., Cavallini, G. S., Quartaroli, L., & Marcon, L. R. C. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 33, n. 2, p. 117-126, 2012.).

[015]. Battistelli et al (2016), utilizaram um reator UV, com doses de radiação variando de 43,8 a 194,9 mWs.cm⁻², no pós-tratamento de um reator UASB, a fim de avaliar a desinfecção do efluente. Houve a inativação satisfatória, variando uma inativação de 90 – 94%, de *E. coli*, *Clostridium perfringens*, coliformes totais, colifagos. (Battistelli, A. A., de Sousa Vidal, C. M., de Souza, J. B., & Cavallini, G. S. Tratamento Avançado de Efluente de Reator UASB por Membrana de Microfiltração

Associado à Desinfecção por Radiação Ultravioleta. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 37, n. 1, p. 45-54, 2016.).

[016]. Ferreira (2015), avaliou a existência e o perfil de sensibilidade de bactérias ambientais e/ou feco-orais isoladas de esgoto hospitalar e sanitário a fim de caracterizar o perfil de sensibilidade das bactérias com desinfetantes, antibióticos e radiação UV. Neste trabalho foi utilizado um esterilizador de água acoplado com lâmpadas UVC 15W, onde a suspensão com o isolado bacteriano é introduzida e retirada amostras para quantificação nos tempos de: 15'', 30'', 5', 10', 15' e 20'. Em ambos isolados encontrados a maior inativação dos microrganismos por radiação UV foi no maior tempo (20') de contato com a radiação, contudo a concentração de sólidos em suspensão nos diferentes tipos de esgotos pode resultar numa menor efetividade do processo de inativação dos microrganismos por radiação UV. (Ferreira, J. C. Bactérias potencialmente resistentes a antibióticos, desinfetantes e radiação ultravioleta, isoladas de esgoto hospitalar e esgoto sanitário. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina – PR, 2015.).

[017]. Como exposto anteriormente, fatores como luz tornam o biodiesel mais suscetível às oxidações e aumenta a contaminação microbiológica. Alguns estudos descrevem a influência da radiação UV no período de indução do biodiesel. A incidência de radiação UV em prolongados tempos (acima de 6 horas) leva a formação de radicais livres que iniciam o processo de oxidação (Ambrosio, E.; Milano, L. M.; Souza, M. T. F.; Chiavelli, L. U. R.; Montanher, P. F.; Visentainer, J. V.; Almeida, V. C.; Souza, N. E.; Garcia, J. C. Study of biodiesel photo degradation through reaction catalyzed by fenton's reagent. **J. Braz. Chem. Soc**, v. 25, p. 759, 2014.) (Silva, W. L. G. Biodiesel: síntese etílica e

estabilidade oxidativa. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015.).

[018]. As lâmpadas de fluorescência têm descarga de vapores de mercúrio, combinada de um filamento, um tubo de vidro cilíndrico, ao qual é preenchido com gás nobre e uma superfície interna coberta com pó fluorescente.

[019]. Estas lâmpadas têm um menor custo energético, de 80%, quando comparado com lâmpadas incandescentes comuns, apresentam alta eficiência e longa durabilidade, devido a conversão de mais energia em luz do que em calor podendo ser aplicadas em diversas áreas, tanto comercial quanto industrial (MME – Ministério de Minas e Energia. Manual de iluminação. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20E%20LUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf. Acesso em 20 de novembro de 2017.).

[020]. Com o aumento da concentração de biodiesel ao óleo diesel, a capacidade de higroscopicidade do combustível final é elevada, tornando-o mais propenso a contaminações microbiológicas. A radiação ultravioleta para inativação de microrganismos atualmente é utilizada no tratamento de esgotos sanitários, águas de chuvas e efluentes. Não foram encontrados trabalhos na literatura consultada sobre seus efeitos na eliminação de microrganismos do óleo diesel. Sendo assim, esta invenção pode ser uma saída simples para minimizar ou retardar o problema de degradações microbiológicas no óleo diesel.

Estado da técnica

[003]. O documento de patente WO2010026416, de 11/03/2010, pleiteia um equipamento para esterilização de combustíveis por meio da luz UV, assim como no presente pedido. Apenas conceito da utilização da luz UV, já contido no estado da técnica, não é o ponto

fundamental deste documento de patente, mas sim o conjunto do sistema que configura um aparato móvel alternativo com capacidade de dimensionamento conforme necessidade do usuário, sendo utilizado previamente ao abastecimento do veículo, com a proposta do combustível chegar ao consumidor final com a menor carga de microrganismos possível.

[004]. O documento de patente US3246144, de 12/04/1966, revela um método de descontaminação de combustíveis para aeronaves, onde a luz ultravioleta é utilizada para tal. Este método apresenta semelhança com o mecanismo de descontaminação apresentado no aparato, objeto deste documento de patente.

[005]. Embora os documentos encontrados contemplem a utilização da radiação ultravioleta como método de controle microbiológico a literatura científica nacional e internacional não apresentam estudos sobre a eficiência do método e produto proposto.

[006]. Em contrapartida, este pedido de patente, referente ao sistema composto por lâmpadas UV, apresenta o produto e método testado por meio da execução do estudo científico da pesquisadora Andressa Caroline Neves (NEVES, 2018: Avaliação da radiação ultravioleta na inativação de microrganismos presentes em óleo diesel <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3958>), onde comprova-se a eficiência do método, bem como a viabilidade em utilizar o equipamento devido ao baixo consumo energético.

[007]. Outro aspecto importante a se considerar é o tempo de exposição do combustível à radiação ultravioleta. Nos estudos realizados para a tecnologia presente neste documento de patente foram realizados ensaios com tempo de exposição superiores ao apresentado no documento WO2010026416, de 11/03/2010, onde o combustível foi submetido a 10 minutos de exposição máxima à radiação ultravioleta.

[008]. Para o desenvolvimento da solução tecnológica presente neste documento de patente, os tempos de exposição foram de 60, 120, 240 e 360 minutos e, como pode ser visto na Figura 2, após 10 minutos de exposição houve um acréscimo na concentração de microrganismos em todos os ensaios realizados, o que pode ser explicado pela resistência que alguns tipos de microrganismos que se desenvolvem mesmo na presença de lâmpada UV.

[009]. Esta situação é contornado pelo prolongamento do tempo de exposição, sendo que a exposição de 360 minutos foi a mais eficiente. Com isso, pode-se concluir que o método proposto pelos documentos WO2010026416 e US3246144, embora pareçam eficientes a primeiro momento, não consideram no processo o comportamento de microrganismos eventualmente resistentes em longos períodos de exposição à radiação, o que pode comprometer o desempenho deste tipo de tratamento do combustível.

A invenção está apta a ser utilizada por qualquer outro tipo de combustível líquido e em qualquer tipo de veículo, tendo o objetivo de promover o melhor acesso a um combustível de qualidade. Os documentos WO2010026416 e US3246144 pleiteiam a utilização do aparato apenas em aviões, embora citem que possa ser aplicado para outros combustíveis líquidos, os aparatos apresentados estão associados apenas aeronaves. Já esta invenção, se configura um aparato móvel com capacidade de dimensionamento conforme necessidade do usuário, sendo utilizado previamente ao abastecimento do veículo, uma vez que a ideia é que o combustível chegue ao consumidor final com a menor carga de microrganismos possível, por meio do processo aperfeiçoado de exposição à radiação UV.

Objetivo da Invenção

[010].A presente invenção tem por objetivo mitigar os problemas causados pela contaminação microbiológica dos combustíveis, por meio de um sistema móvel que faz uso de radiação ultravioleta, além de facilitar, por meio de um aparato móvel, o acesso do usuário ao combustível.

Breve Descrição dos Desenhos

[022]. As características da presente invenção serão expostas a partir do desenho a seguir, parte integrante deste relatório, de modo a serem melhor compreendidas.

[023]. A Figura 1 é uma representação gráfica simplificada da visão frontal do sistema proposto, possui tanque de armazenamento (3), um quadro elétrico (1), acoplado em uma bomba hidráulica (2) e duas colunas de reação (4), cada coluna é composta com 4 lâmpadas de radiação ultravioleta (5), entrada do combustível líquido (6), saída do combustível líquido (7).

[024]. A Figura 2 é o perfil de quantificação de células viáveis nos ensaios. O ensaio E não apresentou células viáveis na contagem.

Descrição Detalhada da Invenção

[025]. Este sistema é composto por um tanque de armazenamento (3) com capacidade de 120 litros, sendo a entrada do combustível na parte superior (6) e a retirada na parte inferior do tanque (7). Uma bomba hidráulica (2) com vazão de $40 \pm 5 \text{ L min}^{-1}$, acoplada a um quadro elétrico (1) que aciona a circulação do combustível e as lâmpadas de radiação UV das colunas de reação. Cada coluna de reação (5) é composta por 4 lâmpadas (4) tubulares fluorescentes UVC germicidas, onde ocorre o contato do combustível com a radiação ultravioleta, posterior o combustível retorna para o tanque de armazenamento.

[025]. O sistema possui seu princípio definido, mas poderá ser adaptado, ou seja, apresentar variações na capacidade de armazenagem do tanque, alteração no sistema de bomba, quantidade de colunas de circulação e lâmpadas de radiação UV.

[026]. Foram realizados experimentos com diferentes tempos de contato do combustível líquidos com a radiação ultravioleta, variando de 60 a 360 minutos, volumes de combustível, de 40 e 60 litros, com e sem circulação e a adição de inóculo de microrganismos, conforme Tabela 1. O inóculo utilizado nos ensaios, foi preparado com microrganismos isolados do próprio combustível, com objetivo de simular um cenário de alta contaminação microbiológica.

Tabela 1. Condições experimentais dos diferentes ensaios

Ensaio	Mês de coleta	Volume combustível (L)	Tempo de ensaio (min)	Circulação	Inóculo
A	Junho	60	60	SIM	NÃO
B	Novembro	40	120	SIM	SIM
C			240	NÃO	SIM
D	Dezembro	40	360	SIM	NÃO
E			360	NÃO	NÃO

[027]. Os ensaios B e C são continuidade, assim como os ensaios D e E. Onde ao final dos ensaios B e D, as amostras de combustíveis líquidos permaneceram dentro do reator por 4 e 6 dias respectivamente, e após este período se deu o início os ensaios C e E.

[028]. Os combustíveis foram adicionados ao reator, com circulação inicial de 5 minutos para estabilização do combustível no interior do reator, e após realizado o acionamento da radiação UV. O combustível permaneceu em contato com a radiação por diferentes tempos, e ocorreu coleta de amostras para realizar a quantificação de

microrganismos. Na Figura 2 é demonstrado a diminuição da carga de microrganismos no combustível dos diferentes ensaios.

[028] Nos ensaios A e D, não foram utilizados inóculo. Nestes ensaios a concentração inicial de microrganismos foi de $1,82 \times 10^9$ e $1,50 \times 10^{10}$ UFC mL⁻¹, respectivamente. Para o ensaio A ao fim de 60 minutos houve uma diminuição para 8×10^2 UFC mL⁻¹, e no ensaio D somente após 360 minutos a quantidade de microrganismos chegou a $3,33 \times 10^2$ UFC mL⁻¹.

[029]. O ensaio E, que foi continuidade do ensaio D, ao final do ensaio D ainda se encontrou microrganismos, com isso foi realizado o ensaio sem circulação do sistema, a fim de verificar se o contato da radiação seria maior para completa inativação. Porém no tempo 0 minutos do ensaio E não foi encontrado células vivas, e no decorrer de 360 minutos de experimento, não houve a detecção de microrganismos presentes.

[030]. Para os ensaios B e C, que foram utilizados inóculo no ensaio B, visando um cenário de alta concentração microbiológica, verificou-se a influência da circulação do sistema. Para o ensaio B, que foi realizado com circulação, não houve diminuição da carga de microrganismos. Como na amostra havia uma maior concentração de água, proveniente do inóculo adicionado, ocorreu a proliferação dos microrganismos, passando de $1,78 \times 10^{10}$ UFC mL⁻¹ no tempo inicial, para $2,72 \times 10^{10}$ UFC mL⁻¹ em 120 minutos. No ensaio C, realizado sem circulação, apresentou o mesmo perfil do ensaio B, sendo que ao fim de 240 minutos a concentração de microrganismo permaneceu elevada, chegando a $5,00 \times 10^9$ UFC mL⁻¹.

[031]. A diferença de tempo para inativação destes microrganismos se deve ao período de coleta do combustível de cada ensaio e aos diferentes microrganismos presentes nas amostras. Com isso pode-se concluir que cada amostra coletada apresenta um perfil

diferenciado em relação ao tempo de inativação. Nos ensaios realizados com inóculo, ocorreu uma maior proliferação de microrganismos, em decorrência da maior concentração de água, proveniente do inóculo, e a utilização ou não de circulação não proporcionou diferença na inibição dos microrganismos, contudo o sistema utilizado com circulação proporciona um maior volume de combustível líquido tratado.

[032]. Foi realizado o sequenciamento genético dos microrganismos isolados nos diferentes ensaios, e comparados com os dados contidos no banco de dados do GenBank. A análise permitiu identificar os gêneros de microrganismos presentes antes e após os ensaios com radiação ultravioleta. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Identificação de bactérias isoladas dos ensaios

Ensaio	Tempo (min)	Espécie referência	% de ID*
A	0	<i>Staphylococcus warneri/ pasteurii</i>	98%
	60	<i>Staphylococcus warneri/ pasteurii</i>	97%
B	0	<i>Clostridium</i> sp.	96%
		<i>Paraclostridium bifermentans</i>	96%
	120	<i>Enterococcus</i> sp.	99%
		<i>Enterococcus qallinarum</i>	99%
C	0	<i>Clostridium</i> sp.	98%
		<i>Paraclostridium bifermentans</i>	98%
	240	<i>Enterobacter</i> sp.	97%
		<i>Enterobacter ludwigii</i>	97%
D	0	<i>Acinetobacter</i> sp.	97%
		<i>Acinetobacter baumannii</i>	97%
	360	<i>Bacillus</i> sp.	97%
		<i>Bacillus cereus/ thuringiensis</i>	97%

* % de identificação da sequência genética encontrada com os microrganismos identificados.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema móvel de inativação de microrganismos presentes em combustíveis líquidos utilizando radiação ultravioleta, caracterizado por conter:

a) um painel elétrico (1) para acionamento de uma bomba hidráulica para circulação do combustível líquido do tanque de armazenamento para colunas compostas por lâmpadas de radiação ultravioleta;

b) colunas de reação (5) de radiação ultravioleta UVC germicidas, preferencialmente duas colunas, com comprimento de onda variando entre 100 a 280 nm, contendo lâmpadas (4) cada preferencialmente 4 lâmpadas;

c) bomba hidráulica (2) de movimentação do combustível nas colunas de reação(5);

d) tanque de armazenamento de combustível (3), com entrada (6) e saída (7) de combustível.

2. Sistema móvel de inativação de microrganismos presentes em combustíveis líquidos utilizando radiação ultravioleta conforme reivindicação 1, caracterizado pela utilização no tratamento de diversos combustíveis líquidos tais como: óleo diesel, biodiesel, gasolina, etanol, querosene, bioquerosene e combustíveis derivados.

3. Sistema móvel de inativação de microrganismos presentes em combustíveis líquidos utilizando radiação ultravioleta, conforme reivindicação 1, caracterizado pela vazão da bomba hidráulica (2) variar de 1 a 1000 L min⁻¹, responsável pela entrada e movimentação do combustível nas colunas de reação (5).

4. Sistema móvel de inativação de microrganismos presentes em combustíveis líquidos utilizando radiação ultravioleta conforme reivindicação 1, caracterizado por ser composto por colunas de reação de radiação ultravioleta UVC germicidas (5), preferencialmente duas colunas, com comprimento de onda variando entre 100 a 280 nm, contendo lâmpadas de radiação ultravioleta (4) cada, preferencialmente 4 lâmpadas em cada coluna.

5. Sistema móvel de inativação de microrganismos presentes em combustíveis líquidos utilizando radiação ultravioleta conforme reivindicação 1, caracterizado por apresentar um quadro elétrico (1) que aciona a circulação do combustível e as lâmpadas de radiação UV (4) das colunas de reação (5).

6. Sistema móvel de inativação de microrganismos presentes em combustíveis líquidos utilizando radiação ultravioleta conforme reivindicação 1, caracterizado pelas dimensões compactas e passíveis de serem escalonadas, como opção para manuseio, transporte do sistema em completo, aplicabilidade e mobilidade.

DESENHOS

Figura 1

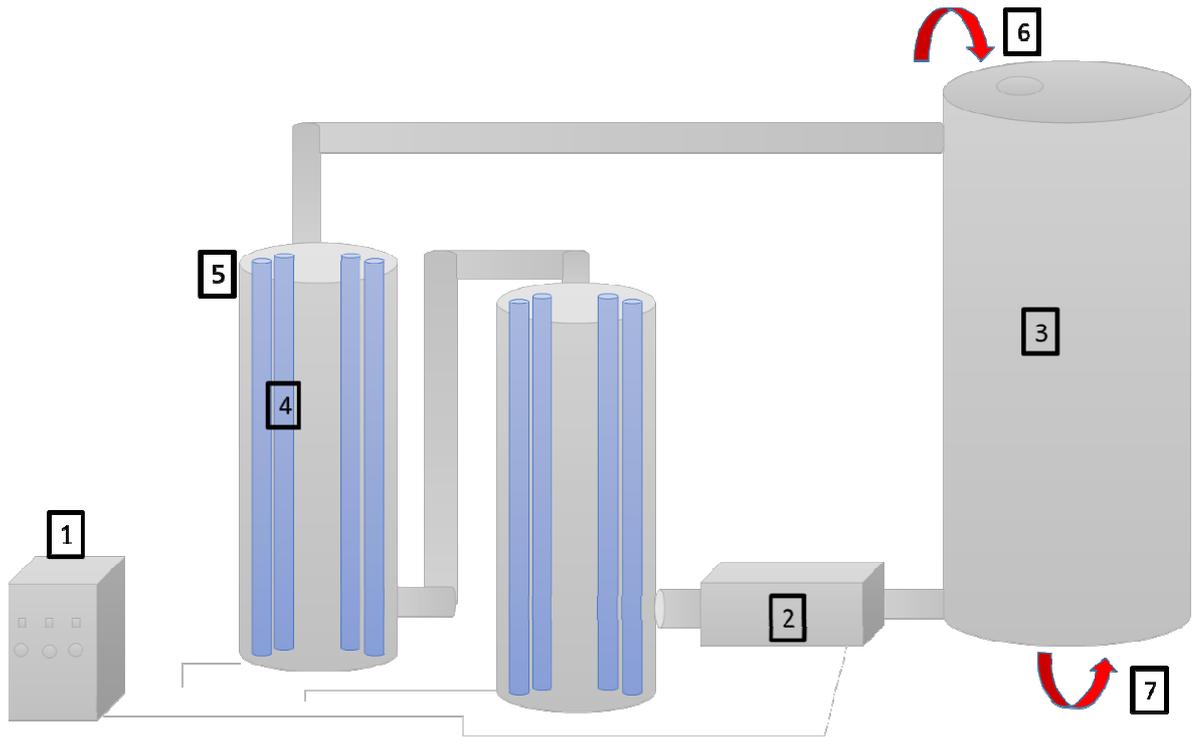


Figura 2

