



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

(21) BR 102018016135-0 A2



(22) Data do Depósito: 07/08/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 10/03/2020

(54) Título: SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CAPTURA DE EMISSÕES POR MICROALGAS

(51) Int. Cl.: F01D 15/10; B09B 3/00.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA.

(72) Inventor(es): JOSÉ VIRIATO COELHO VARGAS; ANDRÉ BELLIN MARIANO; RUI MIGUEL DE CARVALHO JÚNIOR; MATIAS NICOLAS MUÑOZ; DANIEL CORADINI SCHWARZ; MANOEL MASSATOSHY ALCANTARA; GUSTAVO STRAUCH WILIN FINGER; WELLINGTON BALMANT; ERICSON DILAY; DHYOGO MILÉO TAHER; SILVIO DALMOLIN; LEONARDO CAVALHEIRO MARTINEZ; PEDRO HENRIQUE ROCHA PEIXOTO; JOHANA GUADALUPE BLANCO MARTÍNEZ; JUAN CARLOS ORDONEZ.

(57) Resumo: Esta patente reivindica um processo biotecnológico para o tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos (RSU) e hospitalares, podendo ser adaptado para qualquer tipo de resíduo (e.g., sólido, pastoso, líquido), de caráter residencial ou industrial, com a finalidade principal de gerar energia elétrica empregando o ciclo Rankine. As emissões gasosas provenientes do processo térmico são tratadas utilizando uma coluna de fixação de emissões nocivas (gases) e retirada de particulados (5), que opera em contra corrente com fluxo descendente de meio de cultivo de microalgas e fluxo ascendente de emissões oriundas de um incinerador (1). O meio de cultivo de microalgas segue para um sistema de fotobiorreatores podendo trabalhar de forma unitária ou em consórcio com outros módulos para maximizar a produção final de biomassa de microalgas e, com máxima captação dos gases poluentes. Por fim, como coproduto do processo, a biomassa é utilizada para produção de biodiesel, ácidos graxos poliinsaturados, carotenóides, ração animal, ou ainda qualquer outros produtos de interesse biotecnológico. Este processo de tratamento térmico de RSU é caracterizado por conter um incinerador (1), um trocador de calor recuperador/gerador de vapor (2), e uma unidade de geração de energia elétrica empregando o ciclo Rankine (3), bem como uma unidade para tratamento de emissões (...).

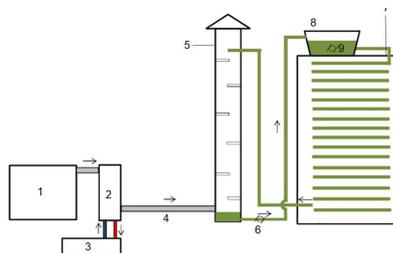


FIGURA 1

SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CAPTURA DE EMISSÕES POR MICROALGAS

[001]. A presente invenção se trata de uma solução tecnologicamente viável e ecologicamente correta para destinar os resíduos sólidos urbanos (RSU), resíduos hospitalares, materiais contaminados e suas variações com liberação de baixo nível de emissões de poluentes atmosféricos. O objetivo desta proposta não é o de apresentar uma concepção nova de equipamentos para o tratamento térmico de resíduos, para geração de energia e, nem para o cultivo de microalgas, mas sim, apresentar um sistema integrado de operações que viabilizem de forma modular um processo completo para incineração de resíduos sólidos, realizando o tratamento das emissões gasosas geradas por um sistema de fixação de gases via fotossíntese de microalgas com produção de biomassa e, ainda, o acoplamento de um sistema de captação de calor e geração de energia elétrica empregando o ciclo Rankine. Para tanto, o sistema integrado aqui proposto apresenta várias inovações tecnológicas para viabilizar o tratamento térmico de resíduos.

[002]. Adicionalmente, esta proposta se enquadra no programa Patentes Verdes do INPI, que tem como objetivo contribuir para as mudanças climáticas globais e visa acelerar o exame dos pedidos de patentes relacionados a tecnologias voltadas para o meio ambiente (Resolução nº 175/2016).

[003]. O processo completo para o tratamento térmico é composto por um incinerador de resíduos sólidos acoplado a um trocador de calor recuperador inovador que aproveita a descarga das emissões quentes geradas pelo incinerador para gerar energia elétrica convertendo calor em trabalho através da utilização de um ciclo Rankine. As emissões com poluentes gasosos oriundas da incineração,

e.g., CO₂, NO_x, SO_x, seguem para uma coluna de fixação vertical cilíndrica com seção circular, que opera com fluxos em contracorrente. Nesta coluna, um fluxo descendente de meio de cultivo de microalgas realiza a absorção de emissões pelas microalgas, que a seguir retornam para módulos de fotobiorreatores onde são cultivadas em tubos plásticos transparentes para a penetração da luz e viabilização da fotossíntese.

[004]. O processo inovador proposto nesta patente diferencia-se da forma tradicional de depósito de resíduos sólidos urbanos, i.e., os aterros sanitários, que ocupam grandes áreas e geram altos níveis de poluição com saturação prevista para futuro próximo. Os aterros sanitários são utilizados atualmente na maioria das cidades brasileiras e, no mundo, o que afeta negativamente a preservação do meio ambiente podendo vir a comprometer os recursos naturais das gerações futuras. Desta maneira, fica demonstrado que os aterros sanitários são um processo de descarte de resíduos sólidos urbanos insustentável.

[005]. O desenvolvimento sustentável engloba a redução das emissões de poluentes e o estabelecimento de práticas sustentáveis que não agridam o meio ambiente. De fato, o aumento da população, a urbanização e o desenvolvimento econômico levam a uma preocupação na gestão de resíduos de forma acessível, eficaz e de forma verdadeiramente sustentável. Como resultado, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, vem emergindo como um dos setores de serviços mais desafiadores das autoridades municipais do século XXI. Particularmente, países emergentes como China, Rússia, África do Sul, Brasil e Índia enfrentam esse problema em um nível de maior gravidade em relação a outros países.

[006]. Um relatório do Banco Mundial estima que, atualmente, o mundo gera 1,3 bilhões de toneladas de lixo por ano; e até 2025 este montante aumentará para 2,2 bilhões de toneladas por ano. Esses

dados mostram uma necessidade urgente de desenvolvimento de estratégias para tratar a taxa crescente da geração de RSU em todo o mundo. De fato, observa-se que nos países desenvolvidos, os resíduos são utilizados como recurso para produzir energia, calor, combustível e compostagem, mas nos países em desenvolvimento a coleta, transporte e disposição final de resíduos são questões que ainda estão em discussão.

[007]. No Brasil, no ano de 2016 foi gerado um total de 78,3 milhões de toneladas de RSU. Embora esta quantidade tenha apresentado uma redução de 2% em relação ao montante gerado em 2015, ainda continua sendo um grave problema nacional. De fato, 41,7 milhões de toneladas de RSU em 2016 foram enviadas para aterros controlados ou lixões.

[008]. Este é um cenário comum em economias emergentes. Portanto, a redução dos impactos ambientais da gestão de RSU é um ponto crucial para melhoria da qualidade de vida da sociedade. Nesses países, torna-se necessário a mudança do destino final de RSU para aterros sanitários para outras tecnologias de tratamento de resíduos. Em relação à política de gerenciamento de resíduos, no Brasil, este setor é regulado pela Lei 12305 / 2010, que estabelece a Política Nacional Brasileira de Resíduos Sólidos. No Brasil, as prefeituras municipais têm sido acionadas judicialmente pela sua incapacidade do cumprimento das legislações federais pertinentes para o destino final aos RSU.

[009]. Como alternativa ao aterro sanitário, tem-se o processo de tratamento térmico dos resíduos sólidos, como por exemplo os gaseificadores, existindo diversas configurações, dentre estas podendo ser de leito fixo co-corrente ou contra-corrente. Esses equipamentos realizam processos que transformam combustíveis sólidos ou líquidos em uma mistura combustível de gases, chamada gás de síntese, que pode

ser utilizado posteriormente como combustível. Esta prática surgiu no final do século XVIII, sendo capaz de reduzir o volume dos resíduos em torno de 95 %, devido à eliminação de umidade, combustão dos materiais voláteis e compostos orgânicos. Alternativamente a gaseificação, o processo de incineração, ou queima direta do RSU, apresenta a desvantagem da emissão de poluentes atmosféricos, tais como, o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e produtos da combustão incompleta. Com o aumento das exigências para o controle da contaminação atmosférica, a incineração se tornou uma excelente maneira de tratamento de resíduos, isso quando suas emissões são tratadas adequadamente, sendo capaz de promover um destino aceitável para o lixo em termos de redução de volume, eliminação de toxicidade, com purificação das emissões associadas e, ainda, a produção de energia elétrica.

[010]. O controle das emissões geradas no processo de incineração de RSU deve ser realizado. Para as emissões de CO₂, duas abordagens diferentes podem ser consideradas, sendo a primeira a sua prevenção e a segunda a sua captura e armazenamento. O uso de CO₂ para o cultivo de microalgas é uma alternativa interessante para geração de biomassa em curto espaço de tempo, uma vez que são microorganismos que se duplicam rapidamente apresentando, em consequência, altas taxas de crescimento. As microalgas são organismos fotosintéticos unicelulares ou coloniais que estão naturalmente presentes em diferentes ambientes aquáticos/úmidos, incluindo rios, lagos, oceanos e solos, podendo ser cultivadas em sistemas abertos (tanques), ou fechados (fotobiorreatores). A biomassa produzida é então destinada à geração de bioprodutos de interesse comercial, tais como, biodiesel, ração animal, biogás, suplementos alimentares, nutracêuticos e farmacêuticos. No que diz respeito às emissões de CO, NO_x e SO_x, há necessidade do desenvolvimento de

processos que permitam capturar esses gases, a fim de evitar impactos ambientais negativos, tais como a chuva ácida e aumento do efeito estufa.

[011]. A biomassa de microalgas tem consideráveis vantagens sobre matérias-primas tradicionais, e.g., (i) alta produtividade – geralmente 10-100 vezes mais que as culturas terrestres; (ii) captura altamente eficiente de carbono inorgânico; (iii) Alto teor de lípidos ou amido, que pode ser usado para produção de biodiesel ou etanol, respectivamente; (iv) Pode ser cultivada na água do mar, na água salobra ou mesmo nas águas residuais, e (v) Podem ser cultivadas sobre terras não agricultáveis, empregando fotobiorreatores tubulares. Além disso, as microalgas podem ser colhidas continuamente ao longo do ano, sendo esta uma das razões pelas quais elas apresentam potencial para formarem uma cadeia contínua de produção de biocombustíveis.

[012]. Nesse contexto, um processo para a geração de energia elétrica sustentável a partir de RSU, com baixas emissões atmosféricas e, ainda, contribuindo com as políticas públicas seria de grande interesse para a sociedade na busca de soluções para o problema do lixo urbano. A cogeração de múltiplas formas de energia, normalmente energia elétrica, térmica e mecânica num sistema integrado, a partir de uma única fonte primária é uma das possibilidades a ser considerada.

[013]. Os sistemas de cogeração classificam-se de acordo com o tipo de máquina térmica que os equipam. Nas máquinas térmicas são usados, tradicionalmente, motores alternativos (de explosão – ciclo Otto ou de compressão interna – ciclo Diesel) ou turbinas (a gás ou a vapor) e, mais recentemente, micro-turbinas e pilhas de combustível. Dentre esses, destacam-se usinas termoelétricas que operam no ciclo Rankine como uma tecnologia dominada e comprovadamente eficiente.

[014]. Quanto a patentes existentes no setor, muitas podem ser citadas, mas que apresentam características e princípios diferenciados

da presente proposta. A patente WO 2014032145 A1 propõe uma micro usina termoeletrica modular móvel e processo para geração de energia elétrica que processa somente resíduos orgânicos em um reator anaeróbico. A patente WO 2014201532 A1 propõe uma usina móvel para processamento de resíduos, geração de gás combustível, energia e cinzas, que utiliza um processo de gaseificação anaeróbica para a produção de gasogênio/gás combustível e outros coprodutos. A patente WO 2016090445 A1 versa apenas sobre um desagregador e secador simultâneo de sólidos que utiliza somente produtos sólidos e pastosos em geral e biomassas com alto teor de umidade em particular, com objetivo de desagregar e secar simultaneamente restos ou resíduos ou subprodutos sólidos para o reaproveitamento como combustível ou como aditivo de fertilizantes ou de ração animal. A patente PI0903587-7 A2 apresenta um processo de pirólise de biomassa e resíduos sólidos em múltiplos estágios que pode tratar RSU, porém não aborda a questão de tratamento das emissões geradas. A patente BR 102015031534-1 A2 apresenta processo de inertização de material orgânico proveniente de RSU, mas não cobre os inorgânicos e não aborda a questão de emissões ou resíduos do próprio processo. A patente BR 102015027780-6 A2 propõe um reciclador energético por tratamento térmico de resíduos para geração de energia, com um procedimento de carbonização e queima secundária com filtragem eficiente, mas apenas para produção de energia térmica. A patente PI 0100745-9 A apresenta um sistema de macroreciclagem de RSU que versa apenas sobre a coleta, transporte, armazenamento e destinação do mesmo. Há várias patentes que tratam apenas de sistemas que utilizam o ciclo Rankine para geração de energia elétrica, convencional com água como fluido de trabalho ou utilizando um fluido orgânico que pode operar a temperaturas e pressões mais baixas do que com água. Um exemplo é a patente PI1001366-0 A2 que apresenta um sistema de ciclo Rankine

orgânico e método para limitar a temperatura do fluido de trabalho. A patente BR 102014014651-2 A2 apresenta uma usina gasogênica móvel para tratamento de RSU. A patente PI0701249-7 propõe usinas termoelétricas a partir da queima de RSU e gás natural com alta eficiência, utilizando um ciclo combinado com turbinas e motores, com caldeiras de recuperação, mas não aborda a questão do tratamento das emissões geradas no processo. A patente PI 1104219-2 B1 apresenta um processo de tratamento de RSU de qualquer classe através de um reator de duas câmaras, cada uma com uma fonte térmica seguido de um trocador de calor, onde os gases são resfriados e direcionados para um filtro de carvão ativado, depois a um queimador que consome energia elétrica, indo para um catalisador e chaminé de forma inerte, mas nenhum coproduto é gerado no processo. Por último, cita-se a patente PI 0704911 que propõe um processo de produção com variações a partir de criação de algas e vegetais aquáticos, casado com sistema de biodigestão com o objetivo de produzir biogás, biodiesel, óleos especiais, energia elétrica, ingredientes alimentícios, e ração animal, num único processo. Dentro desse processo, mesmo sendo uma possibilidade viável, há inconvenientes como o longo tempo requerido para ser aplicado em grande escala para redução dos lixos, dificuldade para aplicação em batelada, e o cultivo de algas em sistemas abertos que requerem grandes áreas de ocupação.

[015]. Todas as patentes encontradas apresentam particularidades que as diferenciam conceitualmente do sistema proposto nesta patente. Adicionalmente, nenhuma das patentes encontradas relaciona a incineração de resíduos sólidos urbanos com o aproveitamento do vapor para turbinas empregando ciclo de Rankine operando com água como fluido de trabalho e, ainda, com a fixação das emissões empregando o cultivo fotossintético de microalgas, com a

produção final de biodiesel, energia elétrica, produtos de interesse biotecnológico, ração animal, e ainda, produção de alimentos humanos.

[016]. Para uma melhor compreensão do sistema, é feita a seguir uma descrição detalhada do mesmo, fazendo-se referências aos desenhos anexos, onde a:

[017]. FIGURA 1 mostra o sistema completo de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos e hospitalares com a unidade de geração de energia elétrica.

[018]. FIGURA 2 mostra a coluna de fixação de emissões de poluentes atmosféricos por contrafluxo descendente de meio de microalgas e ascendente de gases oriundos da incineração de RSU.

[019]. FIGURA 3 mostra o trocador de calor gerador de vapor por gases oriundos da incineração de RSU.

[020]. FIGURA 4 mostra o *skid* da turbina para geração de energia elétrica.

[021]. De acordo com essas ilustrações e em seus pormenores, o dispositivo da presente Patente de Invenção, SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CAPTURA DE EMISSÕES POR MICROALGAS, é composto por duas partes: i) sistema de geração de calor e energia elétrica, e ii) sistema de tratamento de emissões via fotossíntese de microalgas com produção de biomassa, ambos mostrados na FIGURA 1.

[022]. O sistema de geração de calor e energia elétrica é caracterizado por conter um incinerador (1), trocador de calor recuperador (2), uma unidade de geração de energia elétrica empregando o ciclo de Rankine (3) e uma jaqueta de aquecimento de água de utilidade (4) para resfriamento de emissões até a faixa de 30 a 40 °C antes de entrar em contato com o meio de cultivo de microalgas a fim de proporcionar condições térmicas ideais de crescimento e evitar

a morte celular. O sistema de tratamento de emissões via fotossíntese de microalgas com produção de biomassa é caracterizado por apresentar uma coluna de fixação de emissões (gases) e retirada de particulados (5) que funciona em contracorrente com fluxo descendente de meio de microalgas com bomba de retorno (6) e fluxo ascendente de emissões/particulados, e por uma unidade modular de fotobiorreator de tubos plásticos transparentes paralelos com ramais independentes contendo o meio de cultivo das microalgas (7) e reservatório superior gaseificador/degaseificador (8) para troca de gases da fotossíntese, i.e., CO₂ e O₂, com bomba de recirculação (9), podendo ser um módulo, ou vários módulos em paralelo, conforme a necessidade.

[023]. Na FIGURA 2 é apresentada a coluna de fixação das emissões dos gases com fluxo contracorrente, onde a entrada das microalgas (10) e a saída dos gases (11) são feitas pela parte superior, sendo que o retorno da biomassa de microalgas para o fotobiorreator (12) e a entrada dos gases (emissões) provenientes do tratamento térmico para a coluna de fixação (13) são feitos pela parte inferior. A transferência de massa (absorção das emissões nocivas) é aumentada no contrafluxo das duas correntes (meio de microalgas e emissões gasosas/particulados) pela utilização de placas alternadas (14) que aumentam o percurso das mesmas, e conseqüentemente o tempo de contato entre elas.

[024]. Na FIGURA 3 é apresentado um trocador de calor inovador de casco e tubos (15) que funciona em contracorrente, em formato de U invertido para proporcionar grande área de troca de calor e maior percurso possível, em que a corrente quente de emissões oriundas do incinerador (1) flui pelos interior dos tubos, e a água (fluido de trabalho) do ciclo Rankine flui no interior da casca pelo lado externo dos tubos capturando o calor das emissões. Este equipamento é, portanto, o

gerador de vapor (caldeira) para a usina termoelétrica que opera em ciclo Rankine (3), podendo ser utilizado neste caso, qualquer tipo de incinerador, queimador, gaseificador ou outra forma de geração de gases quentes. Um ventilador industrial (16) succiona as emissões oriundas do incinerador (1) e as insufla na parte inferior da coluna de fixação das emissões gasosas/particulados (5).

[025]. Na FIGURA 4 é apresentado o *skid* completo da turbina para geração de energia elétrica. O princípio do ciclo de Rankine é conhecido e pode ser explicado da seguinte forma para o processo apresentado nesta proposta de inovação: o vapor d'água superaquecido obtido aproveitando o calor das emissões geradas no processo de incineração segue pela caldeira, tendo pressão e temperatura elevadas. Este vapor d'água se expande através da turbina (17) para produzir trabalho de eixo gerando energia elétrica no gerador (18), e segue pelo duto de alimentação do condensador (19) que o descarrega no condensador (20) com pressão abaixo da atmosférica a fim de aumentar a eficiência do ciclo. O condensador é do tipo tubos aletados utilizando ar atmosférico como fluido de arrefecimento, realizando assim a condensação completa do fluido de trabalho (água). Uma bomba de vácuo (21) é responsável por manter a pressão da linha de condensação substancialmente abaixo da pressão atmosférica. O *skid* também incorpora um reservatório de óleo para a turbina (22) e um quadro elétrico para o controle de operações (23).

[026]. O processo de tratamento de resíduo aqui apresentado foi testado com uma vazão mássica de entrada de 50 kg/h de lixo em sistema de batelada, com a redução média de emissões na faixa de 25 a 50% utilizando um fotobiorreator de 12.000 litros de meio de cultivo de microalgas. Na turbina a vapor, a potência foi gerada na faixa de 15 a 20 kW.

[027]. Com base na descrição apresentada, fica claro como a

presente invenção atinge os objetivos propostos. O sistema de processamento de resíduos sólidos para geração de energia elétrica e captura de emissões por microalgas, mostrado na FIGURA 1, de características compactas confere ao sistema modularidade para dimensionamento apropriado a qualquer taxa de geração de RSU, de modo a atingir a potência requerida pela aplicação. Todos os componentes apresentam proteção contra intempéries, permitindo o uso em ambientes externos.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, CAPTURA DE EMISSÕES POR CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIORREADORES, PRODUÇÃO DE BIOHIDROGÊNIO, DIESEL VERDE E OUTROS BIOPRODUTOS , **caracterizado por** conter três partes:

a) sistema de geração de calor e energia elétrica composto por um incinerador acoplado a turbina a vapor por trocador de calor recuperador inovador de casco e tubos elípticos aletados em contracorrente;

b) sistema de tratamento de emissões composto de coluna de fixação de emissões em contracorrente com meio de microalgas cultivadas em fotobiorreatores tubulares industriais inovadores por produzirem biohidrogênio por biofotólise indireta, além de biomassa de microalgas para transformação em hidrocarbonetos puros (diesel verde), ração animal e outros bioprodutos de interesse tecnológico, e

c) sistema de tratamento de águas degradadas em inovadores fotobiorreatores compactos que por serem isolados do ambiente externo permitem a ação antimicrobiana de microalgas, que foi recentemente descoberta, atingindo o nível de água classe 3 segundo o CONAMA.

2. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, CAPTURA DE EMISSÕES POR CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIORREADORES, PRODUÇÃO DE BIOHIDROGÊNIO, DIESEL VERDE E OUTROS BIOPRODUTOS, **caracterizado pelo** sistema de geração de calor e energia elétrica composto por um incinerador com saída de gases quentes (1) para permitir acoplamento a trocador de calor recuperador de casco e tubos elípticos aletados em

contracorrente(2), que alimenta de vapor superaquecido uma turbina a vapor (17) para geração de energia elétrica empregando o ciclo de Rankine (3), (17) a (23), e uma jaqueta de aquecimento de água de utilidade (4) que utiliza água recolhida de chuvas para resfriamento de emissões até a faixa de 30 a 40 °C antes de entrar em contato com o meio de cultivo de microalgas.

3. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, CAPTURA DE EMISSÕES POR CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIORREADORES, PRODUÇÃO DE BIOHIDROGÊNIO, DIESEL VERDE E OUTROS BIOPRODUTOS, **caracterizado pelo** sistema de tratamento de emissões via fotossíntese de microalgas com produção de biomassa contendo uma inovadora coluna de fixação de emissões (gases) e retirada de particulados (5), (10) a (13) que funciona em contracorrente com fluxo descendente de meio de microalgas com bomba de retorno (6) e fluxo ascendente de emissões/particulados, e por uma unidade modular de fotobiorreator de tubos plásticos transparentes paralelos com ramais independentes contendo o meio de cultivo das microalgas (7), que realiza produção de biohidrogênio em larga escala por biofotólise indireta, e reservatório superior gaseificador/degaseificador (8) para troca de gases da fotossíntese, com bomba de recirculação (9).

4. SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, CAPTURA DE EMISSÕES POR CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIORREADORES, PRODUÇÃO DE BIOHIDROGÊNIO, DIESEL VERDE E OUTROS BIOPRODUTOS, **caracterizado pela** produção de biomassa de microalgas, a partir da qual o óleo é extraído por solvente hexano a quente, sendo que a fração esterificável é destinada para produção de biodiesel por esterificação homogênea, e a fração não

esterificável é destinada para a produção de hidrocarbonetos puros C13 a C25 (diesel “verde” por ser obtido de fonte renovável) por destilação fracionada, bem como a obtenção de outros produtos de interesse biotecnológico (e.x, ração animal, nutracêuticos, farmacêuticos) a partir das frações lipídica e não lipídica (pobre em lipídios e rica em carboidratos e proteínas).

FIGURAS

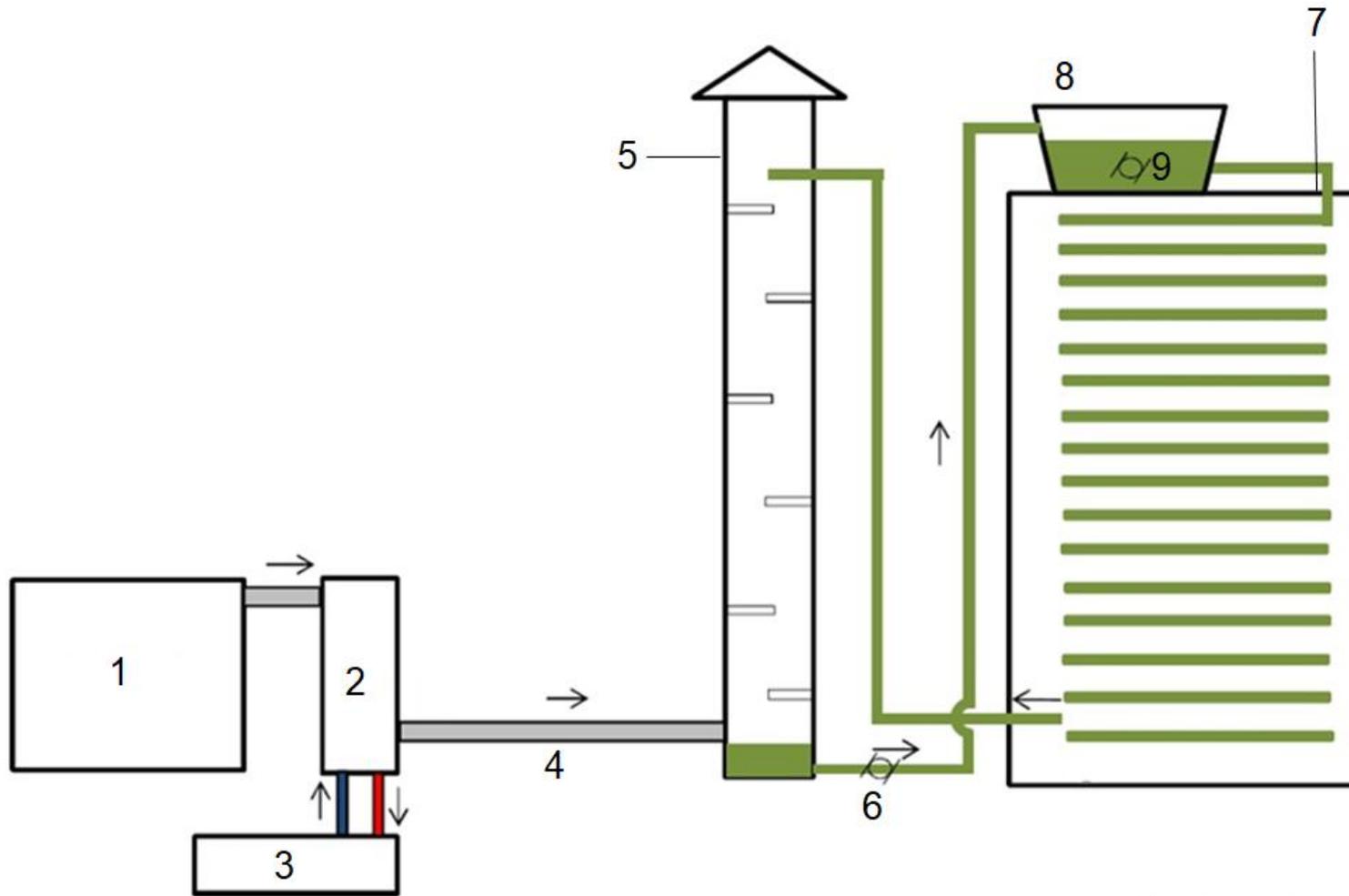


FIGURA 1

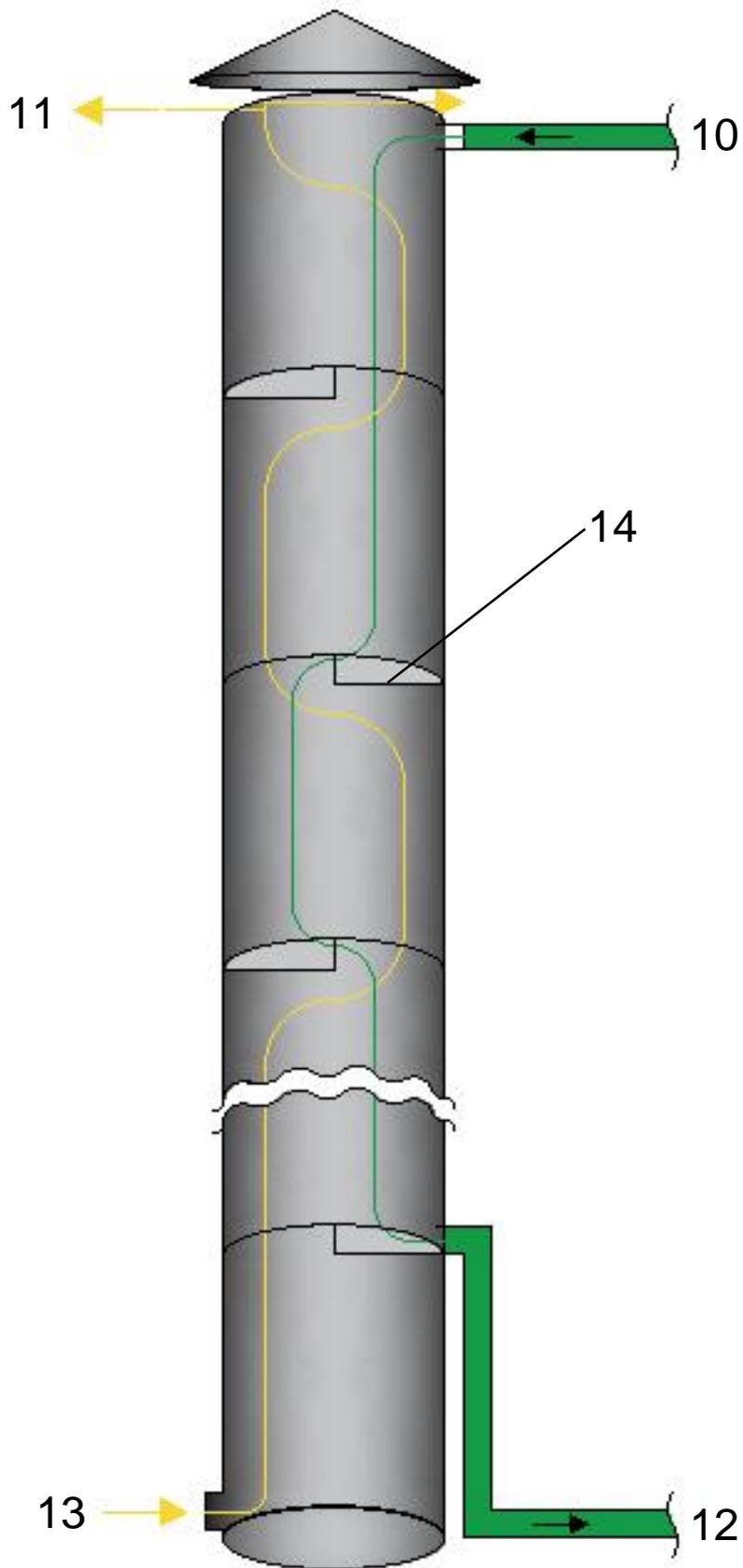


FIGURA 2

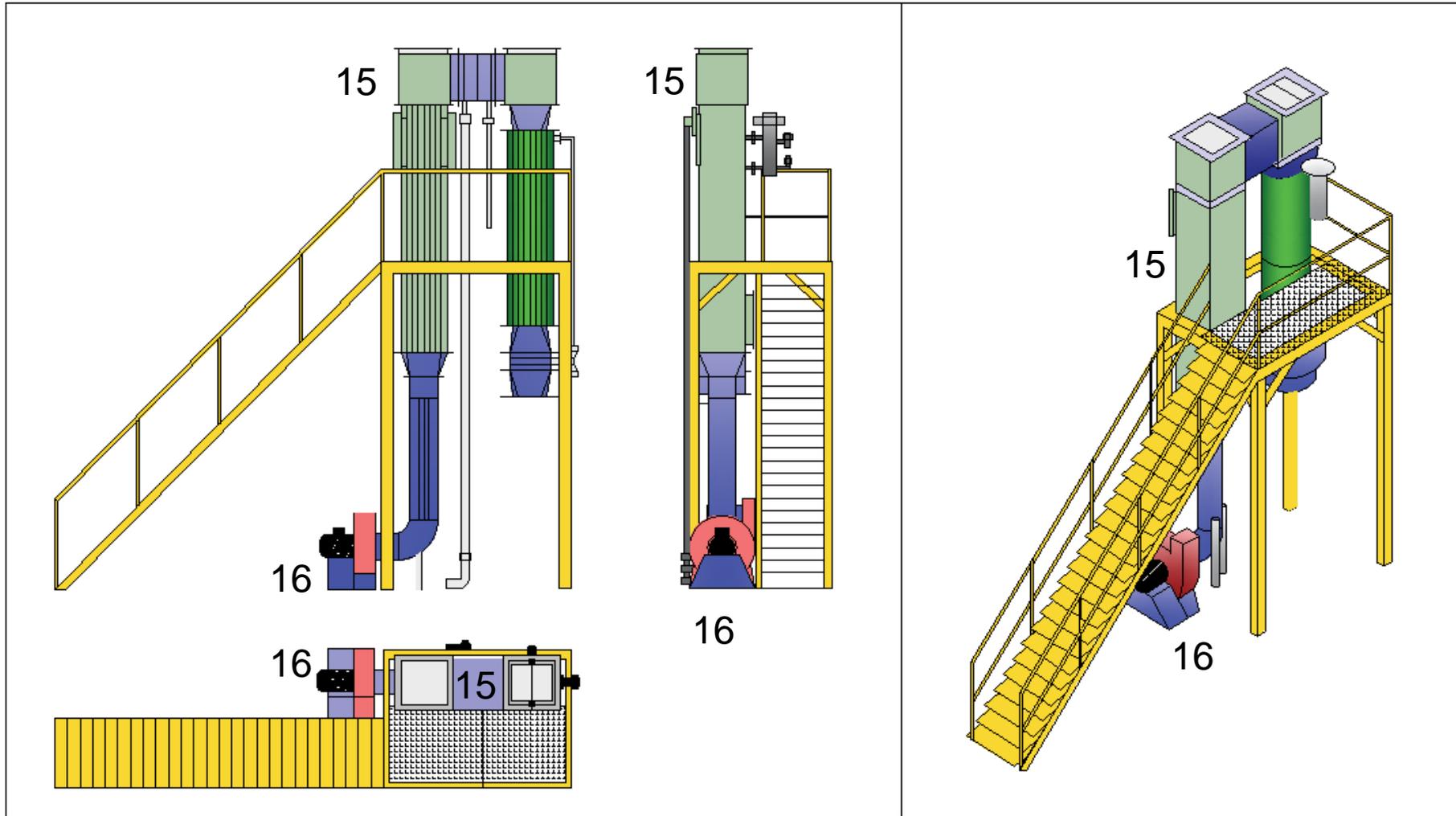


FIGURA 3

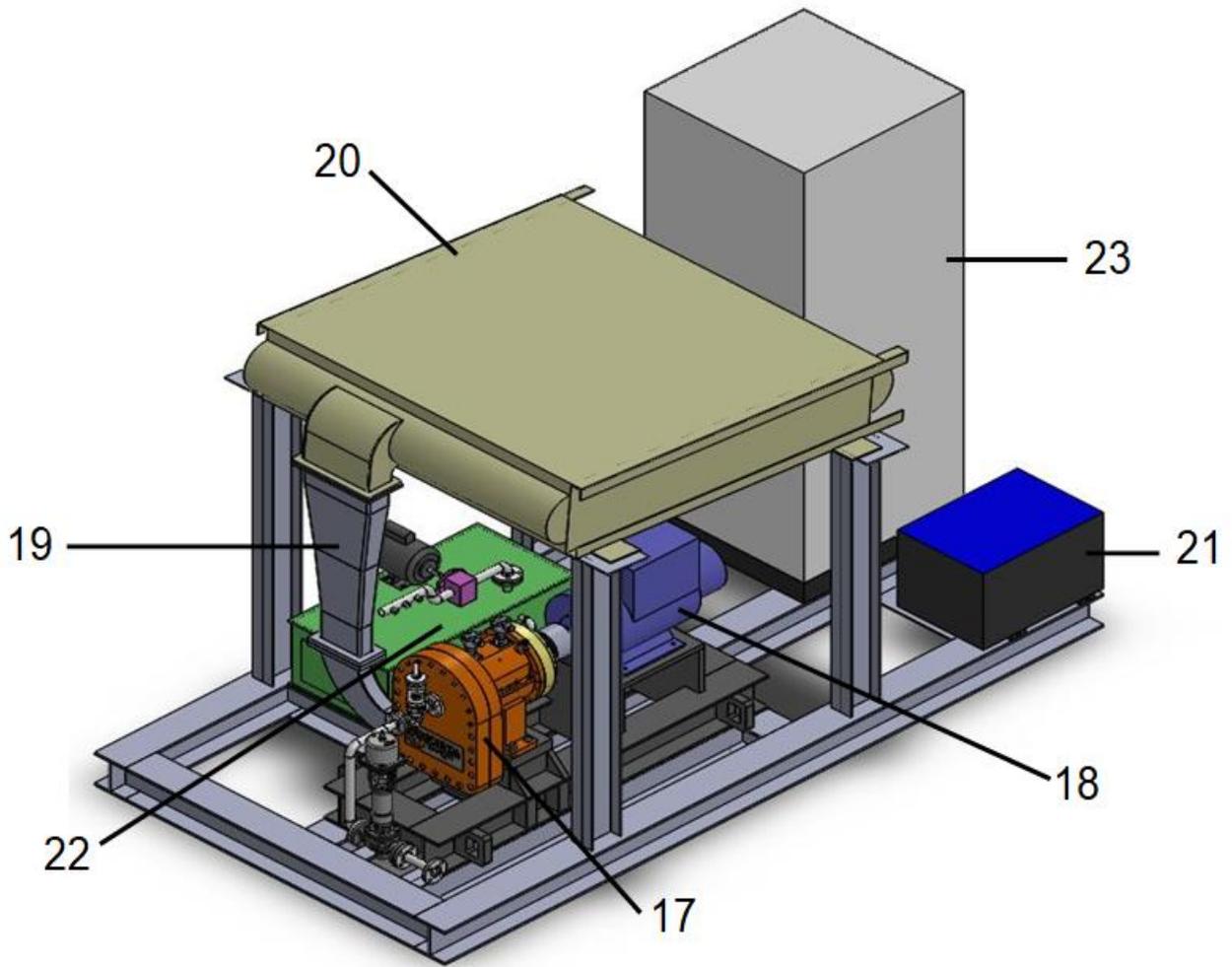


FIGURA 4

RESUMO**SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CAPTURA DE EMISSÕES POR
MICROALGAS**

Esta patente reivindica um processo biotecnológico para o tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos (RSU) e hospitalares, podendo ser adaptado para qualquer tipo de resíduo (e.g., sólido, pastoso, líquido), de caráter residencial ou industrial, com a finalidade principal de gerar energia elétrica empregando o ciclo Rankine. As emissões gasosas provenientes do processo térmico são tratadas utilizando uma coluna de fixação de emissões nocivas (gases) e retirada de particulados (5), que opera em contra corrente com fluxo descendente de meio de cultivo de microalgas e fluxo ascendente de emissões oriundas de um incinerador (1). O meio de cultivo de microalgas segue para um sistema de fotobiorreatores podendo trabalhar de forma unitária ou em consórcio com outros módulos para maximizar a produção final de biomassa de microalgas e, com máxima captação dos gases poluentes. Por fim, como coproduto do processo, a biomassa é utilizada para produção de biodiesel, ácidos graxos poliinsaturados, carotenóides, ração animal, ou ainda qualquer outros produtos de interesse biotecnológico. Este processo de tratamento térmico de RSU é caracterizado por conter um incinerador (1), um trocador de calor recuperador/gerador de vapor (2), e uma unidade de geração de energia elétrica empregando o ciclo Rankine (3), bem como uma unidade para tratamento de emissões via fotossíntese de microalgas contendo coluna de fixação de gases (5) e sistema de fotobiorreatores para produção de biomassa (7).