



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

(21) **PI0711206-8 A2**



\* B R P I 0 7 1 1 2 0 6 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 05/06/2007  
(43) Data da Publicação: 15/03/2011  
(RPI 2097)

(51) *Int.Cl.:*  
F03G 6/04

(54) Título: **MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA**

(30) Prioridade Unionista: 17/07/2006 FR 0606462

(73) Titular(es): MARC RAYNAL

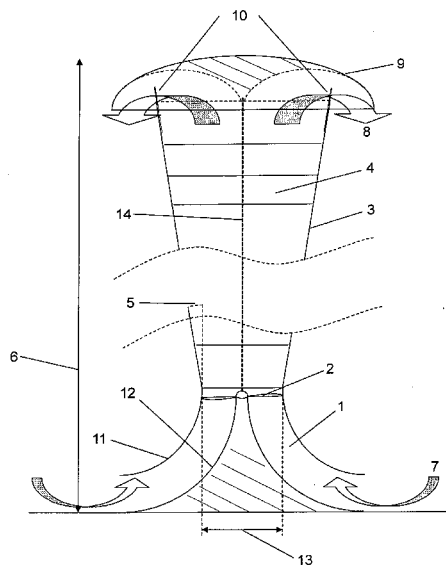
(72) Inventor(es): MARC RAYNAL

(74) Procurador(es): Miranda, Lynch & Kneblewki Ltda

(86) Pedido Internacional: PCT FR2007000922 de 05/06/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/009785 de 24/01/2008

(57) Resumo: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA. Onde são revelados uma chaminé telescópica e método para a geração de energia mecânica usando ar direcionado por uma turbina. Cones truncados guardados e alojados em conjunto têm movimento telescópico de intertravamento quando prolongados entre suas extremidades para formarem um formato cônico divergente para cima. Um defletor de saída de ar na saída da chaminé direciona o fluxo de ar de saída para baixo, sendo opcionalmente dividido em seis vãos radiais iguais, de maneira que o fluxo de ar possa variar através de cada veneziana controlada por computador de maneira a compensar as forças do vento. Um cabo axial levanta e abaixa os cones truncados. O método de colocação da chaminé inclui as etapas de fechamento das venezianas; o preenchimento dos cones truncados com ar aquecido; o controle do levantamento dos cones truncados com o cabo; e, a abertura das venezianas. Um método para o fechamento da chaminé inclui as etapas de tracionamento do cabo para que seja exercida uma força descendente nos cones truncados.



## **MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPORTADA.**

### **Campo da Invenção.**

5 A presente invenção se refere a um dispositivo para a produção de energia mecânica por meio de uma chaminé divergente, telescópica e auto-suportada, feita de materiais compostos. As paredes inclinadas da chaminé são formadas para serem mais largas na direção do topo, exercendo no fluxo de ar interno, um empuxo bem acima da força  
10 ascensional, levando a turbina a velocidades próximas a 100 m/s. A baixa pressão do ar na chaminé permite o autolevantamento de todo o dispositivo.

### **Estado da técnica.**

É conhecido o princípio da geração de eletricidade a partir do ar quente próximo ao solo, direcionado para uma chaminé e ejetado  
15 a uma altitude e, em particular, foi o assunto da pesquisa na Espanha e na Austrália (programa da torre solar). Uma torre experimental com 195 m de altura foi montada em Manzanares, sul de Madrid, funcionando para a produção de uma potência média de 50 kW entre 1986 e 1989 com taxa de confiabilidade de 95%.

20 O processo usado consiste de fazer o ar passar por uma chaminé de concreto pré-tensionado com seção reta, e coletar, por meio de uma turbina acoplada a um alternador, parte da energia do fluxo de ar interno perpetuamente posto em movimento pela força ascensional, resultando em uma diferença entre a densidade do ar localizado fora e a do ar mais quente e  
25 mais leve canalizado no interior.

O projeto australiano foi acompanhado por alguns anos depois por uma torre com 1000 m de altura, que tinha sua quota de dificuldades técnicas, em particular com respeito às restrições de construção em termos de grande altura e quanto às exigências sísmicas, assim como ao  
30 custo bastante significativo de cerca de 500 a 750 milhões de dólares norte-

americanos.

Desde então se originaram outras invenções similares em todo o mundo, mas implementaram somente o aspecto de força ascensional e apresentaram a principal desvantagem de exigir uma estrutura de grande custo para que fosse obtida a altura necessária e suficiente para essa  
5 operação, que pode ser estimada entre 200 a 1000 metros.

### **Objetivos da Invenção.**

As vantagens proporcionadas por esta invenção, comparadas com as técnicas conhecidas para a recuperação da força ascensional que é exercida no ar quente que passa pela chaminé, são as  
10 seguintes:

1) O empuxo exercido pelas paredes inclinadas no fluxo de ar quente interno é mais do que 1000 vezes maior que a força ascensional no mesmo fluxo de ar que se move para cima na chaminé. Isto resulta em  
15 velocidades do ar de mais de 100 m/s no nível da turbina instalada na passagem, antes da entrada da chaminé, que ultrapassa bastante o resultado dos experimentos amplamente realizados anteriormente usando somente força ascensional, que registraram velocidades de cerca de 15 m/s. A eficiência energética é assim aumentada em dez vezes.

2) A chaminé é auto-sustentada no ar e não exige uma estrutura cara de concreto ou de qualquer outro material para ficar em pé, podendo ser facilmente localizada em qualquer lugar, incluindo acima do mar (com a condição de ser protegida contra as ondas do mar) ou em zona sísmica. Essa vantagem resulta da depressão permanente que existe no  
25 interior da chaminé em qualquer nível, da passagem localizada na turbina até a saída do ar no ponto mais alto. Como resultado dessa diferença de pressões, que o ar externo exerce nas paredes inclinadas da chaminé, é adicionado ao peso da estrutura da chaminé um empuxo para cima suficientemente forte para compensar o empuxo para baixo do fluxo de ar interno do ar que se  
30 move para cima. A diferença de pressão gera um empuxo para cima mais

forte do que o peso da chaminé adicionado ao empuxo para baixo do ar que se move para cima contra as paredes da chaminé.

3) A pressão mais baixa de ar, que prevalece dentro da chaminé em qualquer altitude, é o resultado da energia que atua sobre o fluxo de ar quando este atravessa a turbina na passagem e da aceleração do ar canalizado na chaminé pelo duto de admissão com a forma convergente.

4) A chaminé é telescópica, permitindo sua montagem no solo, sem o trabalho custoso em grandes alturas, assim como sua instalação a partir do solo e sua capacidade de se compactar a partir do solo, em particular para manutenção ou durante o mau tempo.

Para melhor compreensão da presente Invenção, é feita em seguida uma descrição detalhada da mesma, fazendo-se referências aos desenhos anexos, onde a:

**FIGURA 1** é uma vista em corte do dispositivo;

**FIGURA 2** é uma perspective do dispositivo montado;

**FIGURA 3** é uma perspective de um elemento telescópico;

**FIGURA 4** é um detalhe ampliado da união entre dois elementos telescópicos;

**FIGURA 5** é um detalhe ampliado de dois elementos telescópicos contidos um no outro; e a

**FIGURA 6** é uma vista superior da parte inferior de um defletor.

#### **Descrição detalhada da invenção.**

A presente invenção compreende uma chaminé extremamente leve, feita principalmente de materiais compostos (fibra de vidro, de carbono ou de outros materiais, resistentes aos raios solares), que pode flutuar no ar e produzir uma vazão útil de algumas centenas de megawatts (ver as Figuras 1 e 2).

O uso desses materiais confere uma grande leveza e

rigidez suficiente à chaminé, permitindo que preserve sua forma, apesar dos efeitos de seu próprio peso e das cargas aerodinâmicas presentes.

A Fig.1 ilustra o corpo da chaminé (3) que é telescópico e composto por cones truncados (4) unidos pelas extremidades quando operando em estado contínuo. O mais alto elemento da chaminé (3) é um defletor para a saída, que tem o formato de um meio toro aberto para baixo (9). A chaminé é, portanto formada por:

- Uma seção divergente cujo ângulo varia entre 1 a 5 graus com relação a seu eixo central,
- Uma altura (6) de várias centenas de metros e um diâmetro (13) de algumas dezenas de metros.

Os elementos telescópicos da chaminé estão submetidos à pressão da atmosfera externa, maior que a do ar interno. Como mostrado na FIG. 3, os elementos telescópicos são reforçados por uma roda fixa horizontal de materiais compostos (15) instalados em suas extremidades superiores. A roda fixa horizontal é pré-tensionada como uma roda de bicicleta, e uma ou mais rodas intermediárias do mesmo tipo, verticalmente móveis (16), para reforçarem a seção corrente de cada elemento (4). As rodas intermediárias se movem verticalmente para baixo em um alojamento existente para esse propósito durante a instalação, e que se move para cima abaixo da roda fixa durante o intertravamento dos elementos telescópicos, que ocorre durante a compactação da chaminé (ver Figura 5).

Como mostrado na FIG.5, a saída do defletor (9) é unida ao ultimo elemento por meio de seis paredes verticais (20) para transmitir ao envoltório periférico da chaminé, a força exercida pelo fluido em movimento na saída do defletor. As paredes verticais (20) estão dispostas em seis vãos radiais para guiar o fluxo de ar para a saída, de maneira a minimizar a perda de carga. Seis venezianas elétricas internas (10) que deslizam de cima para baixo para abrir e fechar cada saída de ar com boa vedação. As seis saídas de ar também regulam a direção do fluxo de ar, de maneira a guiar a posição do

cabeçote da chaminé de acordo com o vento lateral, ao qual a chaminé está submetida em toda sua altura.

Sob o efeito de forças aerodinâmicas, incluindo o empuxo para cima exercido na saída do defletor (9), os elementos telescópicos da chaminé são mantidos sob tensão vertical. A tensão vertical é sustentada pelas paredes periféricas da chaminé. Como mostrado na FIG.2, é posicionado verticalmente um cabo não esticado (14) ao longo do eixo da chaminé a partir do último elemento até o solo, onde pode ser tracionado por um guincho (não representado). Este cabo (14) inclui colares de empuxo, um no nível de cada roda fixa, que são fixados contra um diafragma ligado a cada roda para tracionar para baixo cada elemento telescópico. Este cabo é operado para implementar a força para baixo no elemento mais próximo ao solo durante as fases de colocação e de compactação.

O duto de admissão (1), como mostrado na FIG.1, tem uma seção convergente geral. É limitada por duas superfícies 3D superpostas (11) e (12), geradas pela rotação de um quadrante à volta do eixo da chaminé. A superfície inferior (12) é reforçada no nível central, por estar submetida ao empuxo do ar que entra no duto de admissão; o fluxo de ar primeiro segue uma direção radial na direção do eixo da chaminé, mudando depois para uma direção ascendente paralela ao eixo da chaminé.

A superfície superior (11) é fixada na superfície inferior por meio de seis paredes verticais dispostas radialmente e também distribuídas. As seis paredes verticais têm a função dupla de unir as superfícies inferior e superior, e canalizar o ar na direção da passagem da chaminé, para reduzir ao máximo a possível perda de carga.

A energia mecânica é coletada por meio de uma turbina (2). A turbina é disposta horizontalmente no nível da passagem que separa o duto de admissão (1) do corpo da chaminé (3). Essa disposição coleta energia onde a velocidade do ar é maior, o que maximiza a vazão.

Com referência às figuras, os números correspondem

aos componentes como a seguir:

1. Duto de admissão.
2. Turbina.
3. Chaminé divergente.
- 5 4. Elemento telescópico feito de materiais compostos, com 0,2 a 2 cm de espessura.
5. Ângulo de 1° a 5°
6. Altura entre 200 a 1.500 m.
7. Ar quente.
8. Ar resfriado.
- 10 9. Defletor com formato de meio toro, aberto na face inferior.
10. Venezianas deslizantes motorizadas.
11. Superfície 3D superior do duto de admissão.
12. Superfície 3D inferior do duto convergente de admissão fixa ao solo.
- 13 Diâmetros entre 10 a 50 m.
- 15 14. Cabo de tração dos elementos telescópicos.
15. Roda fixa, feita com materiais compostos ligados ao (17) abaixo.
16. Roda intermediária feita de materiais compostos.
17. Fixação externa entre dois elementos.
18. Fixação interna entre dois elementos.
- 20 19. Altura de um elemento telescópico entre 10 e 20 m.
20. Paredes verticais do duto de saída.

#### **Método de Operação:**

Quando o movimento do ar interior da chaminé alcança o estado constante, a aceleração do ar no duto de admissão de forma convergente, e de sua passagem pela turbina, cria baixa pressão na chaminé comparada à do ar exterior. Essa diferença de pressões entre a pressão do ar do exterior e do ar do interior exerce em todo o perímetro das paredes inclinadas da chaminé da chaminé, um empuxo ascendente que permite o levantamento da chaminé, devido ao fato de consistir de materiais leves, 25 tornados rígidos por meio de materiais compostos.

30

**Colocação:**

O processo de levantamento da chaminé é o seguinte: todos os elementos são colocados no solo, inserindo um elemento dentro do outro (FIG.5). O último elemento, encimado pelo defletor, inclui todos os demais. Como mostrado na FIG.5, o último elemento, que é o elemento superior, aloja todos os elementos quando o dispositivo é compactado.

O último elemento que sobrepõe o defletor é preenchido com ar aquecido que não pode escapar porque, no início, as venezianas deslizantes são mantidas em posição superior (fig. 5) garantindo um fechamento com vedação.

Devido à diferença de densidade entre o ar externo e o ar quente dentro do último elemento, a chaminé é submetida a uma força ascensional, como a de um balão de ar quente, e adquire um movimento ascendente. Quando o elemento superior tiver se levantado suficientemente, fixa-se ao longo da borda superior do elemento inferior a seguir (FIG.4), uma união veda a junção entre os dois elementos, a força ascensional ergue os dois elementos em conjunto e em seqüência, até que todos os elementos tenham sido erguidos. O primeiro elemento permanece fixo no nível da passagem, de maneira a garantir que a chaminé esteja vedada, o que é de importância primária, para manter a pressão do ar inferior dentro da chaminé e para garantir seu levantamento.

Quando todos os elementos tiverem sido levantados no ar, as venezianas deslizantes (10) do último elemento telescópico, sob o defletor de saída (9) são completamente abertas para deixar escapar o ar. O ar quente (8) contido na chaminé escapa pela parte superior, permitindo assim o trânsito do ar quente (7) do solo pela chaminé.

**Estado contínuo:**

O ar localizador próximo ao solo é canalizado no duto de admissão (1) dividido em seis vãos radiais iguais para reduzir a perda de carga na entrada, sendo guiado em movimento radial na direção de um

movimento ascensional vertical.

O ar aciona uma turbina (2) colocada horizontalmente no nível da passagem da chaminé na saída do duto de admissão.

Na saída da chaminé, o ar (8) é canalizado no defletor com formato de meio toro aberto em sua face inferior, dividido em seis vãos iguais. A divisão em seis vãos direciona o ar para a saída com perda de carga mínima. O formato do defletor em um meio toro aberto embaixo (9) direciona o ar para baixo, proporcionando assim o empuxo necessário para travar toda a estrutura em um só conjunto.

O fluxo de ar de saída é ajustado de acordo com as direções de cada um dos seis vãos por meio de venezianas deslizantes (10) atuadas por um motor elétrico. Assim, a direção do fluxo de ar na saída é ajustável como necessário para a criação de um empuxo horizontal no topo da chaminé, necessário para compensar as forças de vento exercidas em toda a altura da chaminé. A direção do fluxo de ar de saída é controlada a partir do solo por um computador.

Este dispositivo deve ser instalado em uma área quente para evitar o risco de depósitos de gelo. Os depósitos de gelo aumentam o peso da estrutura, prejudicando sua estabilidade aerodinâmica.

A velocidade do ar de admissão e a potência retida pela turbina são controladas de maneira a preservar uma temperatura positiva (em graus Celsius) para evitar qualquer risco de depósitos de gelo dentro da estrutura.

### **Compactação:**

Para a operação de manutenção ou durante a ocorrência de mau tempo, os elementos telescópicos (4) são levados de volta ao solo, por meio do cabo (14) do material composto, que é posicionado ao longo do eixo da chaminé. O cabo, conectado a cada roda fixa (15) por um dispositivo do tipo colar de empuxo contra um diafragma, exerce tração somente no elemento telescópico mais perto do solo. Os elementos mais altos, até a saída

do defletor são mantidos sob tração por meio da descida por suas paredes periféricas.

Quando cada elemento toca o solo, o dispositivo abre o diafragma, que libera o colar de empuxo e permite que o cabo continue em sua descida. Nesse estágio, o diafragma do elemento mais alto é colocado sob tração e puxado para baixo, desligando-o do elemento no solo ao qual estava fixo. E assim por diante até o último elemento.

Isto mantém a estrutura sob tração em toda a sua descida, pelo fato de que o ar é guiado para baixo no nível da saída do defletor, interrompendo o controle do processo de compactação a qualquer momento.

Durante essa fase, é mantida a velocidade do ar de admissão na chaminé pela turbina, o que proporciona a energia necessária para o fluxo de ar, de maneira a garantir a segurança da operação de compactação.

### **Aplicações industriais.**

A presente invenção produz eletricidade a partir de uma fonte de energia totalmente renovável, sem a produção de qualquer rejeito industrial ou qualquer efeito estufa.

É particularmente adaptada a áreas quentes do mundo, longe dos riscos de congelamento. Pode funcionar sem interrupções com um mínimo de intervenção humana relacionada com seu monitoramento e com as delicadas operações de colocação e compactação.

Pode ser instalada em qualquer local, somente com a infraestrutura necessária para a instalação do duto de admissão, que precisa de uma área circular no solo cujo raio meça entre 45 e 100 metros. Pode ser instalada no mar se for protegida contra as ondas. Nesse caso, pode ser acoplada a uma usina de hidrogênio para a hidrólise da água do mar.

A presente invenção é equipada, por exemplo, de uma chaminé com 500 m de altura e 15 m de raio na passagem, podendo produzir

entre 200 e 400 MW sob demanda. É, portanto possível com este meio ajustar o nível de produção ao de consumo, complementando a produção de eletricidade em larga escala.

## REIVINDICAÇÕES

**1) DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA**, caracterizado por um duto de admissão convergente

5 fixado ao solo (1), uma turbina (2) uma chaminé auto-suportada de grande altura (6) com um formato divergente (5) e, finalmente, um defletor de saída, conduzindo o fluxo de ar para baixo (9), o dispositivo gerando uma aspiração do ar quente localizado próximo ao solo (7) que é colocado em movimento sob o efeito da força ascensional e o empuxo aerodinâmico gerado pelas

10 paredes inclinadas; o ar em trânsito aciona uma turbina quando circula na passagem, gerando assim energia mecânica, e caracterizado pelo fato de que a saída do defletor impulsiona o ar (8) para baixo na saída, permitindo tracionar toda a estrutura da chaminé e onde a velocidade de levantamento é controlada por meio de um cabo (14) esticado entre um guincho fixo no nível do solo e

15 ao diafragma (22) de cada elemento quando sai do solo, por um dispositivo como um colar de empuxo (21) contra o diafragma de maneira que toda a estrutura é mantida tracionada e em segurança, garantida durante as fases de colocação e compactação.

**2) DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

20 fato de ser feito com materiais muito leves e resistentes como fibra de vidro, de carbono ou composta.

**3) DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo

25 fato de ser mantida de forma permanente uma depressão do ar dentro da chaminé, permitindo que seja auto-suportada sob o efeito das cargas aerodinâmicas envolvidas.

30 **4) DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA**

**POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender no nível da saída do defletor seis venezianas corrediças (10) para aumentar ou reduzir o ímpeto do fluxo de ar de saída de acordo com a direção desejada e onde as referidas venezianas são controladas a partir do solo, permitindo assim o controle da posição da parte superior da chaminé submetida ao efeito do vento em toda sua altura, sendo mantidas fechadas durante o processo de colocação, de maneira a aprisionar o ar quente dentro da chaminé, até que a colocação esteja terminada.

5  
10 **5) DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUPPORTADA**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ser composto de elementos com a forma de cone truncado (4), os referidos elementos sendo alojados um no outro de maneira telescópica e mantidos interdependentes, para garantir a colocação e a compactação conveniente e segura, em particular para manutenção ou durante o mau tempo.

15  
20 **6) METODO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA**, realizado com o dispositivo descrito nas reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de que elementos telescópicos são controlados e, em seqüência precisa, colocados e compactados, e onde:

a) Durante a colocação, o elemento superior, cujas venezianas de fechamento (10) são mantidas fechadas, é preenchido com ar aquecido e começa a se elevar, arrastando consigo, um a um, os elementos que o acompanham em sua elevação, sendo a velocidade de elevação controlada por meio de um cabo (14) esticado entre um guincho fixo no nível do solo e o diafragma (22) de cada elemento quando deixa o solo, por meio de um dispositivo como um colar de empuxo (21) contra um diafragma, caso em que toda a estrutura é mantida sob tração e a segurança sendo garantida durante a fase de colocação e onde na chegada ao batente final, as venezianas corrediças (10) são abertas

25  
30

para deixarem escapar o ar quente (8), iniciando assim o movimento do ar (7) na chaminé; e

- b) Durante a compactação, o segundo elemento iniciando a partir do solo é puxado para baixo pelo cabo axial, começa a descer até o solo, arrastando consigo todos os elementos a si anexados em sua descida, e caracterizado pelo fato de que quando toca o solo, um dispositivo destrava o diafragma, permitindo que o cabo continue em sua descida e puxando para baixo o elemento a seguir, que envolve por sua vez em sua trajetória todos os elementos a si anexados, e assim por diante, até que o último elemento toque o solo, permitindo assim a compactação da chaminé com toda segurança.

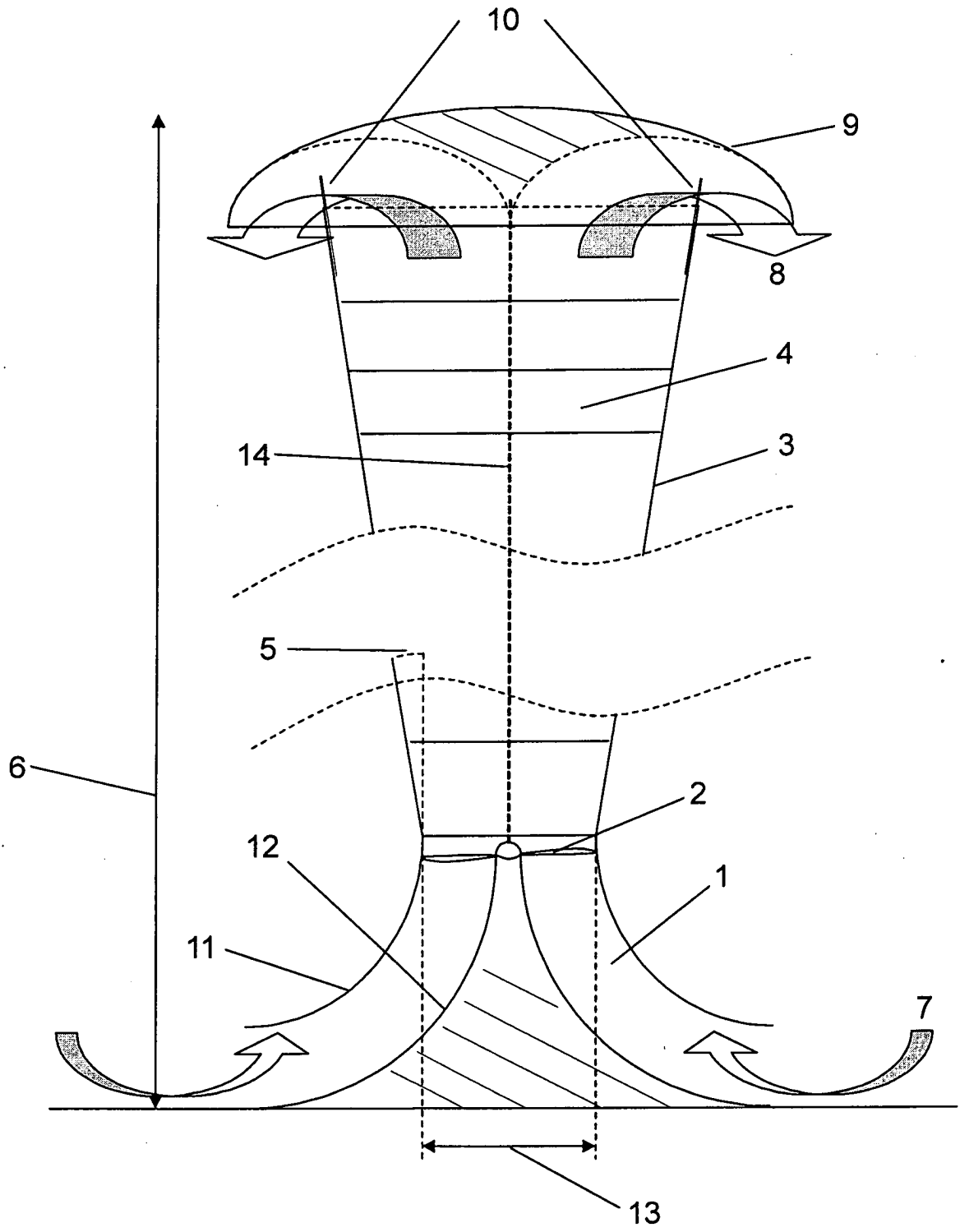


FIG. 1

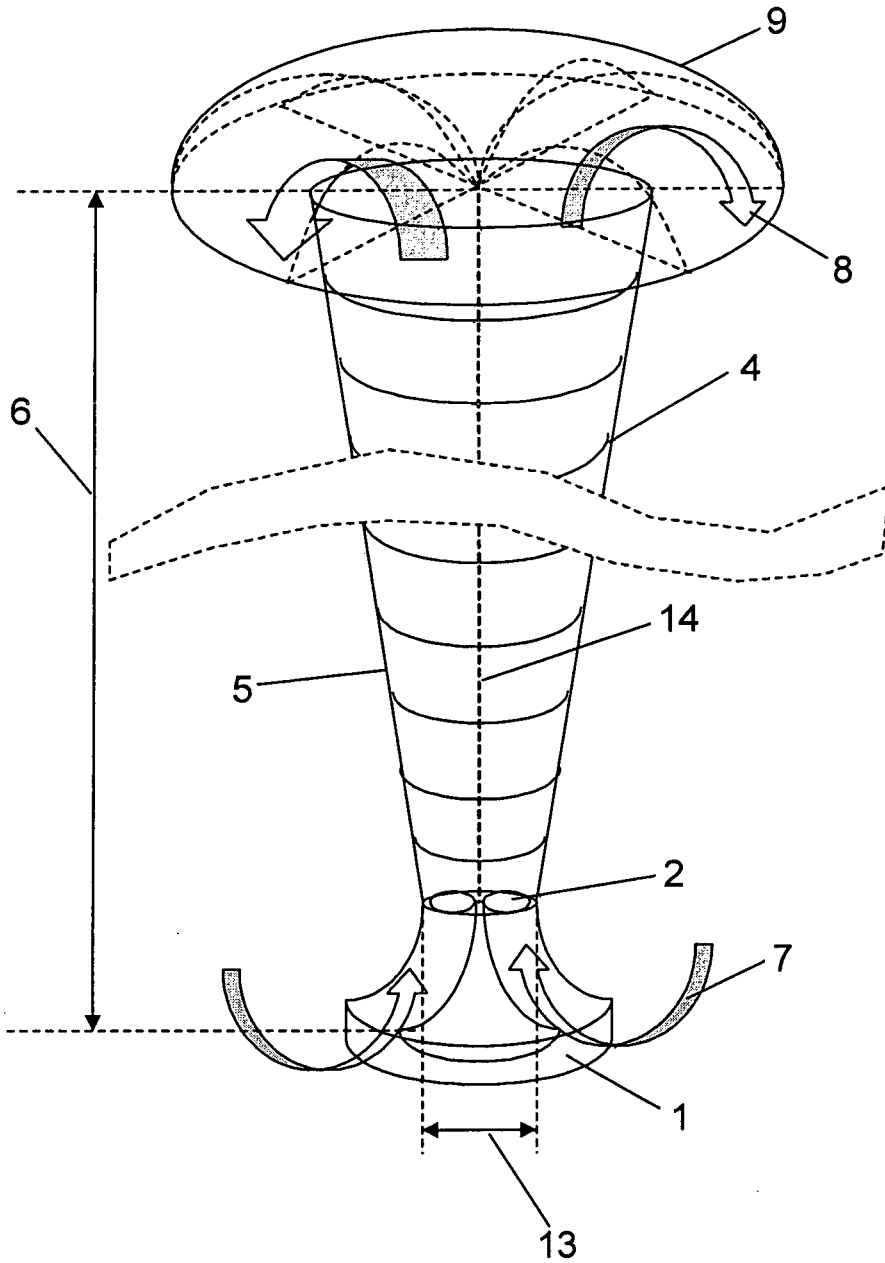


FIG. 2

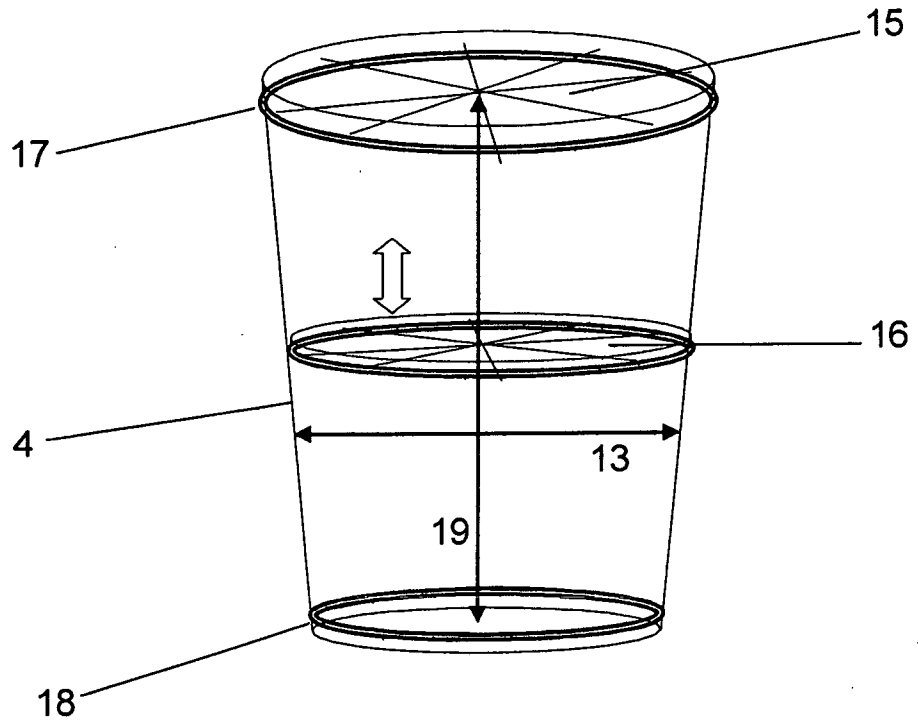


FIG. 3

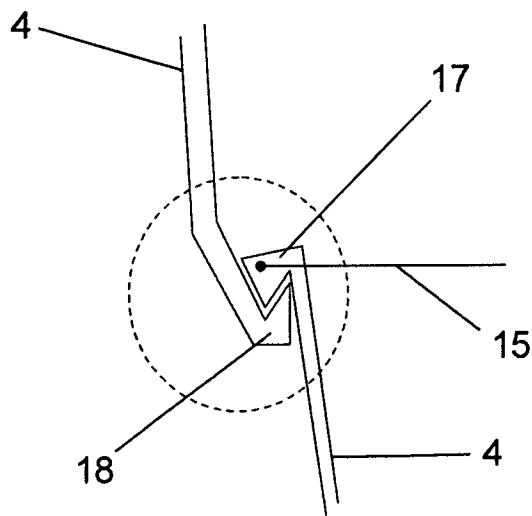


FIG. 4

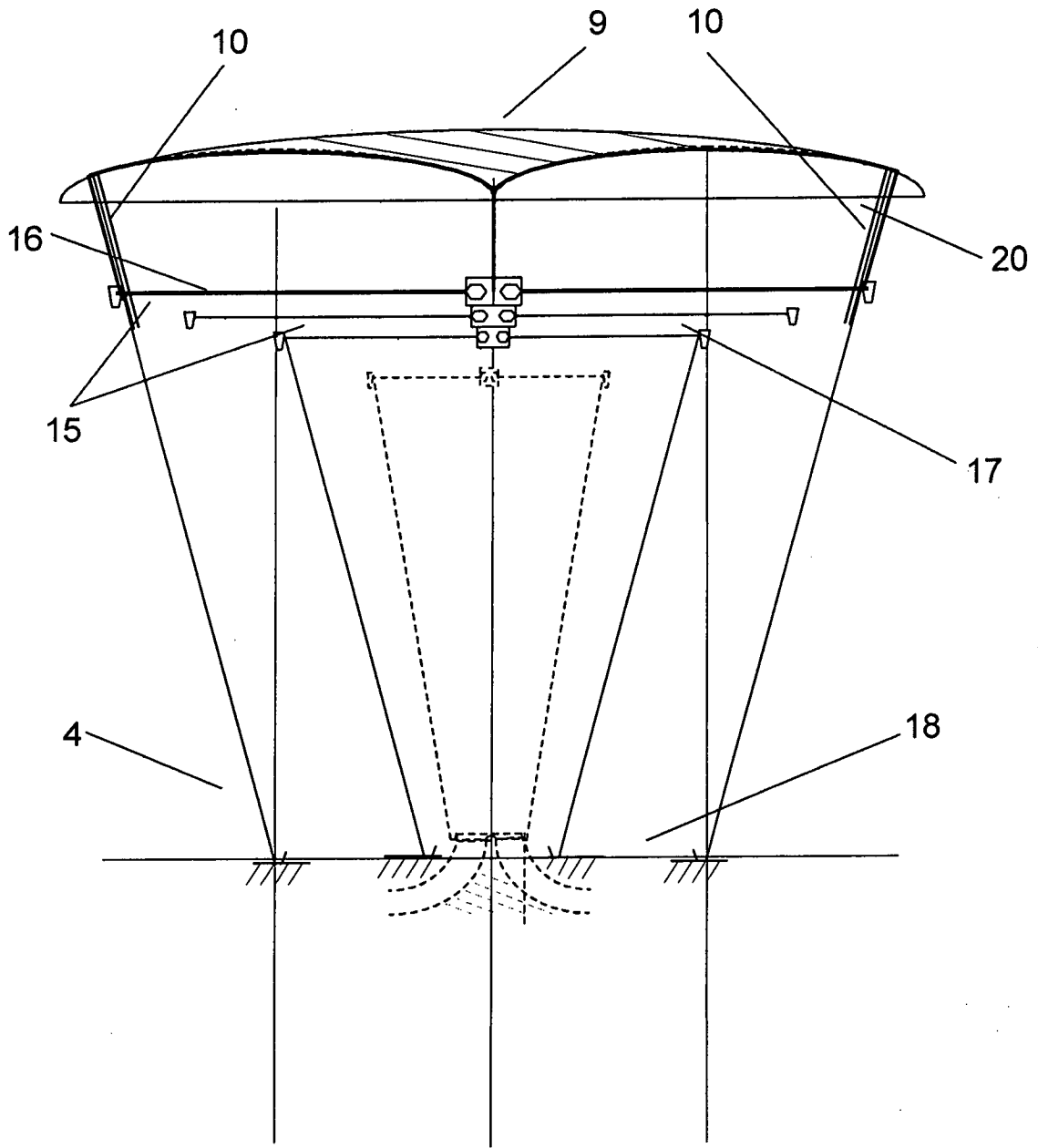


FIG. 5

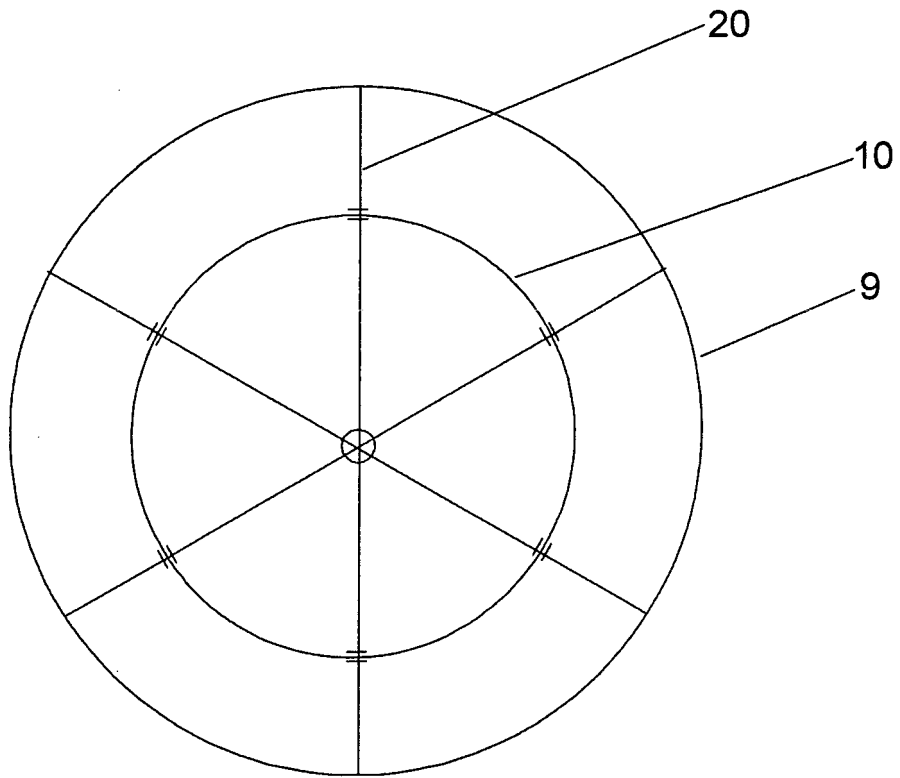


FIG. 6

**RESUMO**

**MÉTODO E DISPOSITIVO PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA MECÂNICA POR MEIO DE UMA CHAMINÉ DIVERGENTE, TELESCÓPICA E AUTO-SUORTADA,** onde são revelados uma

5 chaminé telescópica e método para a geração de energia mecânica usando ar direcionado por uma turbina. Cones truncados guardados e alojados em conjunto têm movimento telescópico de intertravamento quando prolongados entre suas extremidades para formarem um formato cônico divergente para cima. Um defletor de saída de ar na saída da chaminé direciona o fluxo de ar

10 de saída para baixo, sendo opcionalmente dividido em seis vãos radiais iguais, de maneira que o fluxo de ar possa variar através de cada veneziana controlada por computador de maneira a compensar as forças do vento. Um cabo axial levanta e abaixa os cones truncados. O método de colocação da chaminé inclui as etapas de fechamento das venezianas; o preenchimento dos

15 cones truncados com ar aquecido; o controle do levantamento dos cones truncados com o cabo; e, a abertura das venezianas. Um método para o fechamento da chaminé inclui as etapas de tracionamento do cabo para que seja exercida uma força descendente nos cones truncados.