

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: **2013.05.16**

(30) Prioridade(s):

(43) Data de publicação do pedido: **2014.11.17**

(45) Data e BPI da concessão: /

(73) Titular(es):

**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
ÁREA DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA,
AVENIDA ROVISCO PAIS, 1 1049-001 LISBOA PT**

(72) Inventor(es):

**ANTÓNIO FRANCO DE OLIVEIRA FALCÃO
LUÍS MANUEL DE CARVALHO GATO
JOÃO CARLOS DE CAMPOS HENRIQUES**

**PT
PT
PT**

(74) Mandatário:

(54) Epígrafe: **TURBINA DE AR PARA APLICAÇÕES EM APROVEITAMENTOS DE ENERGIA DAS ONDAS**

(57) Resumo:

O PRESENTE INVENTO DESCREVE UMA TURBINA DE AR PARA, SEM ALTERAÇÃO DO SENTIDO DA SUA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO, EXTRAIR EFICIENTEMENTE A ENERGIA ASSOCIADA A UMA QUEDA DE PRESSÃO ENTRE DOIS ESPAÇOS (A) E (B) QUE SUCESSIVAMENTE MUDA DE SENTIDO, COMO É O CASO DE SISTEMAS DE CONVERSÃO DE ENERGIA DAS ONDAS MARÍTIMAS. A TURBINA COMPREENDE DOIS CONJUNTOS DE PÁS (I) E (II), CADA UM DOS QUAIS É SEMELHANTE AO SISTEMA DE PÁS DUMA TURBINA HIDRÁULICA CONVENCIONAL DE TIPO RADIAL OU MISTO. A TURBINA COMPREENDE AINDA UM SISTEMA DE CONDUTAS QUE PERMITEM O ESCOAMENTO ENTRE OS ESPAÇOS (A) E (B) ATRAVÉS DE QUALQUER DOS CONJUNTOS DE PÁS (I) E (II). A TURBINA PODE ESTAR EQUIPADA COM UMA VÁLVULA DE ACIONAMENTO RÁPIDO QUE FECHA O ESCOAMENTO ATRAVÉS DE UM OU AMBOS OS CONJUNTOS DE PÁS (I) E (II).

Descrição

TURBINA DE AR PARA APLICAÇÕES EM APROVEITAMENTOS DE ENERGIA DAS ONDAS

O presente invento refere-se a uma turbina que, sem alteração do sentido da sua velocidade de rotação, é capaz de converter a energia associada a quedas de pressão de ar que mudam sucessivamente de sinal, como é o caso do que ocorre em sistemas de aproveitamento da energia das ondas marítimas.

A técnica anterior:

Nos últimos tempos, têm sido propostos variados sistemas para extrair energia das ondas marítimas que atingiram graus de desenvolvimento e de sucesso diversos.

Uma importante classe de sistemas caracteriza-se pela existência duma estrutura, fixa ou flutuante, aberta para o mar na sua parte submersa. Por ação das ondas, no interior dessa estrutura e em relação a ela, desloca-se em movimento alternado uma coluna de água. Esse movimento relativo e as forças a ele associadas podem ser convertidos em energia útil por uma turbina. Nalguns sistemas, conhecidos por sistemas de coluna de água oscilante, existe uma interface ar-água na parte superior da coluna de água cujo movimento oscilatório alternadamente comprime e descomprime o ar, o que permite acionar uma turbina de ar. A turbina aciona direta ou indiretamente um gerador elétrico, se a finalidade for a produção de energia elétrica.

Como o movimento da superfície do mar muda periodicamente de sentido com o ciclo das ondas, a turbina fica sujeita a um escoamento bidirecional e deverá ser auto-retificadora,

a não ser que exista um sistema de retificação constituído por válvulas, solução que tem sido evitada devido aos custos adicionais de capital e de manutenção daí decorrentes.

Turbinas auto-retificadoras de diversos tipos têm sido propostas e utilizadas para escoamentos bidirecionais na conversão de energia das ondas. A turbina *Wells*, descrita na Patente no Reino Unido No. 1595700, é possivelmente a mais conhecida e mais frequentemente usada para escoamentos de ar bidirecionais. É uma turbina de escoamento axial. O seu rendimento máximo instantâneo pode exceder 70%. No entanto, a gama de caudais em que a turbina *Wells* opera com bom rendimento é relativamente estreita, o que se traduz por rendimentos médios modestos em condições de ondas reais irregulares. Além disso, a turbina *Wells* é caracterizada por uma velocidade de rotação relativamente elevada e um binário baixo, características que podem ser inconvenientes nas aplicações em energia das ondas, em particular no que se refere a tensões mecânicas excessivas por força centrífuga no rotor da turbina e no rotor do gerador elétrico.

A turbina de ação (também conhecida por turbina de impulso ou de impulsão, ou, em língua inglesa, "impulse turbine") de escoamento axial é possivelmente a mais frequentemente proposta, como alternativa à turbina *Wells*, para aplicações no aproveitamento da energia das ondas. A turbina de ação de escoamento axial foi utilizada desde o final do século dezanove para aproveitamento da energia do vapor de água (turbina de vapor de *De Laval*). Na sua versão clássica em escoamento unidirecional, o escoamento de fluido é acelerado e adquire rotação num conjunto de tubeiras, após o que incide num rotor provido de pás onde é defletido, saindo com uma direção aproximadamente axial. As pás do

rotor têm uma configuração tal que a pressão do escoamento de saída é aproximadamente igual à do escoamento de entrada (o que caracteriza a turbina de ação). Nas aplicações em escoamento bidirecional, a turbina deve ter um comportamento idêntico quando o sentido do escoamento se inverte, e por isso devem existir duas coroas de tubeiras (ou pás de guiamento) uma de cada lado do rotor, de tal modo que a turbina (rotor e estator) tenha um plano médio de simetria perpendicular ao eixo de rotação. Uma configuração deste tipo de turbina para aplicações em energia das ondas está descrita na Patente nos Estados Unidos da América No. 3 922 739. Aquela exigência de simetria leva a que o fluido, depois de atravessar uma primeira coroa de pás fixas de guiamento e o rotor, incida sobre a segunda coroa de pás fixas com um ângulo de incidência excessivo. O desalinhamento entre as pás fixas da segunda coroa e o escoamento de aproximação proveniente do rotor dá origem a importantes perdas aerodinâmicas com a consequente grande perda de rendimento. Este problema pode ser (pelo menos parcialmente) ultrapassado se o ângulo de fixação das pás do estator, ou a própria geometria das pás, for controlável quando se altera o sentido do escoamento que atravessa a turbina, como sucede na patente no Japão No. 2064270. A implementação prática deste tipo de controlo requer a introdução de mecanismos que aumentam os custos, agravam a manutenção e reduzem a fiabilidade da turbina, o que tem desencorajado a sua utilização. Um modo alternativo de reduzir as perdas aerodinâmicas por incidência excessiva do escoamento na segunda coroa de pás do estator consiste em aumentar a distância entre as coroas de pás do estator e a coroa de pás do rotor, com o objetivo de reduzir a velocidade (e consequentemente a energia cinética) do escoamento à entrada da segunda coroa de pás do estator e desse modo reduzir as perdas de pressão por separação que

aí ocorrem. Esse objetivo foi proposto na patente WO 2008/0112530, onde se descreve que as duas coroas de pás do estator, uma de cada lado do rotor, estão afastadas da coroa de pás do rotor tanto radialmente como axialmente, estando a ela ligadas por condutas anulares. O afastamento radial permite, pela lei da conservação do momento angular, que a componente circunferencial da velocidade do escoamento seja reduzida à entrada da segunda coroa de pás fixas. Esse afastamento radial, eventualmente em conjugação com o afastamento entre as paredes interior e exterior da conduta anular (ou seja o aumento da envergadura das pás do estator), permite também reduzir a componente meridiana (projeção sobre um plano axial) da velocidade do escoamento.

Na patente no Japão No. 2008095569, propõe-se uma turbina, com um rotor radial em que o escoamento é unidirecional centrípeto. Existem duas coroas de pás de guiamento que, por deslocamento na direção axial, retificam o escoamento de entrada no rotor.

A Patente de Invenção Nacional Nº 104972 refere-se a uma turbina auto-retificadora cujo rotor tem entrada e saída radiais, processando-se o escoamento centripetamente à entrada no rotor e centrifugamente à saída dele. O estator tem duas coroas de pás formando condutas dispostas circunferencialmente em torno do rotor. O escoamento entre cada saída/entrada do rotor e a respetiva coroa de pás de guiamento é essencialmente radial. A ligação é assegurada por uma conduta formada por duas paredes de revolução em torno do eixo de rotação, podendo particularmente uma ou ambas as paredes serem discos planos perpendiculares ao eixo de rotação. Afastando radialmente as coroas de pás de guiamento em relação ao rotor, é possível reduzir a velocidade com que o escoamento, proveniente do rotor,

incide sobre a segunda coroa de pás do estator e, deste modo, minimizam-se as perdas por incidência. Um modo alternativo de evitar as perdas por incidência excessiva do escoamento à entrada da segunda coroa de pás de guiamento consiste simplesmente em retirá-la do espaço do escoamento. Isto pode ser realizado por translação axial das duas coroas de pás de guiamento, de tal modo que cada coroa se possa inserir ou retirar do espaço do escoamento, conforme o sentido deste.

Descrição pormenorizada da invenção:

Este invento refere-se a uma turbina de ar capaz de, mantendo o sentido da sua velocidade de rotação, funcionar eficientemente entre dois espaços de ar (A) e (B), com pressões respetivamente p_A e p_B , tais que a diferença de pressão $p_A - p_B$ vai mudando sucessivamente de sinal. Presta-se por isso a aplicações em sistemas de coluna de água oscilante para aproveitamento da energia das ondas, e em geral em casos em que se pretenda aproveitar a energia associada a uma diferença de pressão que muda de sinal ao longo do tempo, como no aproveitamento de certas energias renováveis ou em outras aplicações.

A turbina está representada esquematicamente na Fig. 2, em corte por um plano contendo o seu eixo de rotação. (A) e (B) são os espaços de ar entre os quais a turbina opera, separados pela própria turbina, por uma parede (1) e por outras paredes não representadas. O espaço (A) pode ser a atmosfera e o espaço (B) a câmara pneumática do dispositivo de coluna de água oscilante ou vice-versa. As coroas de pás do rotor (2) e (3) e as coroas de pás de guiamento do estator (4) e (5) não estão representadas em corte mas sim rebatidas circunferencialmente sobre o plano do desenho. O

rotor compreende duas coroas de pás (2) e (3), axialmente separadas, encastradas num cubo (6) montado num veio (7). O cubo é constituído por uma peça ou por mais do que uma peça. O estator compreende duas coroas de pás de guiamento (4) e (5) circunferencialmente montadas em torno do rotor. O conjunto de pás (I) formado pela coroa de pás do rotor (2) e pela coroa de pás de guiamento do estator (4) é do tipo do sistema de pás de uma turbina convencional do tipo radial ou misto (Fig. 2a) ou axial (Fig. 2b), podendo o ângulo de posicionamento das pás de guiamento do estator (4) ser fixo, ou controlável como em geral sucede nas pás do distribuidor das turbinas *Francis*. A mesma descrição se aplica ao conjunto de pás (II) formado pela coroa de pás do rotor (3) e pela coroa de pás de guiamento do estator (5). A coroa de pás de guiamento do estator (4) comunica com o espaço (A) por uma conduta (8) e a coroa de pás de guiamento do estator (5) comunica com o espaço (B) por uma conduta (9). A coroa de pás do rotor (2) comunica com o espaço (B) por intermédio de uma zona de paredes curvas desprovida de pás (10), de uma conduta (11) formada por duas paredes de revolução (12) e (13) com forma de discos planos ou não planos, e por um conjunto de n condutas de eixo curvo (14) dispostas circunferencialmente na periferia da conduta (11). Identicamente, a coroa de pás do rotor (3) comunica com o espaço (A) por intermédio de uma zona de paredes curvas desprovida de pás (15), de uma conduta (16) formada por duas paredes de revolução (12) e (17) com forma de discos planos ou não planos, e por um conjunto de n condutas de eixo curvo (18) dispostas circunferencialmente na periferia da conduta (16). As n condutas de eixo curvo (18) abertas para o espaço (A) alternam circunferencialmente com as n condutas de eixo curvo (14) abertas para o espaço (B). O número de condutas n está compreendido entre 2 e 30.

formado pela coroa de pás de guiamento do estator (5) e pela coroa de pás do rotor (3). Para o conjunto de pás (I), o sinal da queda de pressão disponível normal é $p_A - p_B > 0$, sendo o escoamento normal no sentido 8ζ4ζ2ζ10ζ11ζ14, enquanto que, para o conjunto de pás (II), é $p_A - p_B < 0$, sendo o escoamento normal no sentido 9ζ5ζ3ζ15ζ16ζ18. A forma das pás da turbina é tal que o sentido normal da velocidade de rotação é o mesmo para os dois conjuntos de pás (I) e (II), o que sucede se forem simétricos em relação a um plano intermédio perpendicular ao eixo de rotação.

Quando $p_A - p_B > 0$, a extensão radial da conduta (11) permite recuperar grande parte da energia cinética de saída da coroa de pás do rotor (2), tanto a parcela que se refere à componente circunferencial da velocidade como a parcela referente à componente radial. Quando $p_A - p_B < 0$, o mesmo se pode dizer em relação à conduta (16) e à energia cinética à saída da coroa de pás do rotor (3).

Mantendo-se a velocidade de rotação de sentido normal, se a diferença de pressão $p_A - p_B$ for negativa, o escoamento no conjunto de pás (I) é invertido. Resultados de testes laboratoriais revelam que, nestas condições, o caudal e o binário (em valores absolutos) são muito pequenos comparados com os que se verificam em condições ditas normais. O mesmo se passa em relação ao conjunto de pás (II) se a diferença de pressão $p_A - p_B$ for positiva. Nestas condições, quando $p_A - p_B > 0$, o caudal de ar do espaço (A) para o espaço (B) processa-se, essencialmente e de modo normal, pelo conjunto de pás (I), havendo perdas relativamente pequenas associadas ao caudal que atravessa do modo inverso o conjunto de pás (II). O mesmo se passa quando $p_A - p_B < 0$, com troca das situações dos conjuntos de

pás (I) e (II). Isto significa que, com a conceção adotada, qualquer que seja o sinal da diferença de pressão disponível $p_A - p_B$, há um conjunto de pás (I) ou (II) capaz de assegurar a conversão de energia com bom rendimento; por outro lado, há perdas associadas ao escoamento inverso no outro conjunto de pás, que ensaios revelam serem relativamente pequenas.

Estas perdas podem ser evitadas se a turbina estiver equipada com uma válvula de obturador cilíndrico de duas posições (22) representado na Fig. 7. O obturador deverá estar na posição da Fig. 7a quando $p_A - p_B > 0$ (fechando a passagem de ar pelo conjunto de pás (II) mas não pelo conjunto de pás (I)) e na posição da Fig. 7b quando $p_A - p_B < 0$ (fechando a passagem de ar pelo conjunto de pás (I) mas não pelo conjunto de pás (II)).

Em alternativa, a turbina pode estar equipada com uma válvula de obturador cilíndrico de três posições (23), conforme está representado na Fig. 8. Na posição da Fig. 8a, o obturador fecha a passagem de ar entre os espaços (A) e (B). Na posição da Fig. 8b, o obturador fecha a passagem de ar pelo conjunto de pás (II) mas não pelo conjunto de pás (I). Na posição da Fig. 8c, o obturador fecha a passagem de ar pelo conjunto de pás (I) mas não pelo conjunto de pás (II). Esta disposição da válvula, com capacidade para fechar temporariamente a passagem de ar entre os espaços (A) e (B) em manobras rápidas, permite a implementação de controlo de fase por "latching" (imobilização temporária) como processo de aproximar o dispositivo de coluna de água oscilante das condições de ressonância e assim aumentar a quantidade de energia das ondas que o dispositivo absorve.

O movimento de translação axial do obturador cilíndrico de duas posições (22) ou do obturador cilíndrico de três posições (23) pode ser realizado por acionamento elétrico, pneumático, hidráulico ou outro.

O conjunto representado na Fig. 2 constituído pelas duas coroas de pás do rotor (2) e (3), as duas coroas de pás de guiamento do estator (4) e (5), e as condutas de ligação (10), (11), (14) e (15), (16), (18) pode ser simétrico em relação a um plano médio perpendicular ao eixo de rotação. No entanto, noutras realizações poderá não haver simetria ou haver apenas simetria parcial, para melhor adequação a diferentes condições de escoamento num e noutro sentido, como seja o que decorre da assimetria entre cristas e cavas de ondas que não sejam de pequena amplitude ou das diferenças entre a massa específica do ar no interior da câmara pneumática duma coluna de água oscilante e na atmosfera exterior.

A turbina objeto deste invento permite combinar, por um lado, as qualidades de elevado rendimento das convencionais turbinas *Francis* ou das convencionais turbinas de vapor ou de gás axiais, e, por outro lado, a capacidade de aproveitar a energia associada a uma queda de pressão que muda de sinal a intervalos de poucos segundos, sem que isso envolva mecanismos complexos para além dum rotor em rotação e do controlo do movimento de translação de um simples obturador. Em particular não requer movimentos de translação de pás de guiamento. A turbina permite acomodar facilmente uma válvula de atuação rápida capaz de efetuar o controlo de fase por "latching" do sistema de coluna de água oscilante.

De notar ainda que, ao contrário do rotor da turbina objeto da Patente de Invenção Nacional N.º 104972, nenhuma das duas

coroas de pás do rotor (2) e (3) na configuração da Fig. 2, tem que satisfazer qualquer requisito de simetria em relação a um plano perpendicular ao eixo de rotação. Isso tem como consequência o facto de as pás dessas coroas (à semelhança do que sucede nas turbinas *Francis* e na generalidade das turbinas de gás) poderem ser fortemente assimétricas e desse modo adequadas ao princípio de reação. O rotor das turbinas de reação caracteriza-se por o escoamento se processar com gradiente de pressão favorável à estabilidade das camadas limite, o que beneficia o desempenho aerodinâmico da turbina nas condições de caudal de ar fortemente variável que ocorrem nos dispositivos de coluna de água oscilante.

Descrição das figuras:

A Figura 1 corresponde a uma representação esquemática da turbina, em corte por um plano contendo o seu eixo de rotação. (A) e (B) são os espaços de ar entre os quais a turbina opera. A turbina compreende dois conjuntos de pás (I) e (II), cada um dos quais é do tipo do sistema de pás duma turbina hidráulica convencional de tipo radial ou misto. A turbina compreende ainda um sistema de condutas que permitem o escoamento entre os espaços (A) e (B) através de qualquer dos conjuntos de pás (I) e (II).

A Figura 2 corresponde a uma representação esquemática da turbina, em corte por um plano contendo o seu eixo de rotação. (A) e (B) são os espaços de ar entre os quais a turbina opera, separados pela própria turbina, por uma parede (1) e por outras paredes não representadas. O espaço (A) pode ser a atmosfera e o espaço (B) a câmara pneumática do dispositivo de coluna de água oscilante ou vice-versa.

As duas coroas de pás do rotor (2) e (3) e as duas coroas de pás de guiamento do estator (4) e (5) não estão representadas em corte mas sim rebatidas circunferencialmente sobre o plano do desenho. O rotor compreende duas coroas de pás (2) e (3) axialmente separadas, encastradas num cubo (6) montado num veio (7). O estator compreende duas coroas de pás de guiamento (4) e (5) circunferencialmente montadas em torno do rotor. O conjunto de pás (I) formado pela coroa de pás do rotor (2) e pela coroa de pás de guiamento do estator (4) é do tipo do sistema de pás de uma turbina convencional de escoamento radial ou misto, conforme representado na Figura 2a, ou de uma turbina convencional de escoamento axial, conforme representado na Figura 2b, podendo o ângulo de posicionamento das pás de guiamento do estator (4) ser fixo, ou controlável como na generalidade das turbinas *Francis*. A mesma descrição aplica-se ao conjunto de pás (II) formado pela coroa de pás do rotor (3) e pela coroa de pás de guiamento do estator (5). A coroa de pás de guiamento do estator (4) comunica com o espaço (A) por uma conduta (8) e a coroa de pás de guiamento do estator (5) comunica com o espaço (B) por uma conduta (9). A coroa de pás do rotor (2) comunica com o espaço (B) por intermédio de uma zona de paredes curvas desprovida de pás (10), de uma conduta (11) formada por duas paredes de revolução (12) e (13) com forma de discos planos ou não planos, e por um conjunto de n condutas de eixo curvo (14) dispostas circunferencialmente na periferia da conduta (11). Identicamente, a coroa de pás do rotor (3) comunica com o espaço (A) por intermédio de uma zona de paredes curvas desprovida de pás (15), de uma conduta (16) formada por duas paredes de revolução (12) e (17) com forma de discos planos ou não planos, e por um conjunto de n condutas de eixo curvo (18) dispostas circunferencialmente na periferia

da conduta (16). As n condutas de eixo curvo (18) abertas para o espaço (A) alternam circunferencialmente com as n condutas de eixo curvo (14) abertas para o espaço (B).

A Figura 3a corresponde à figura 2a e representa um corte das pás de guiamento (4) e das pás do rotor (2) por um plano perpendicular ao eixo de rotação. A Figura 3b corresponde à Figura 2b e representa um corte planificado das pás de guiamento (4) e das pás do rotor (2) por uma superfície cilíndrica de revolução coaxial com o eixo de rotação.

A Figura 4 representa uma vista axial do rotor do lado de um dos espaços (A) ou (B), mostrando as bocas (19) das n condutas de eixo curvo abertas para esse espaço e, a traço interrompido, as bocas (20) das n condutas abertas para o outro espaço. No caso representado na figura, é $n=9$.

A Figura 5 representa um corte por um plano C-C perpendicular ao eixo de rotação, mostrando as carenagens (21) para evitar ou reduzir as perdas aerodinâmicas por separação na transição da conduta (11) para as condutas de eixo curvo (14) de comunicação com o espaço (B).

A Figura 6 representa em perspectiva o conjunto de condutas de eixo curvo (14) e (18) que comunicam, respetivamente, com o espaço (B) e o espaço (A). Os espaços (A) e (B) estão separados pela própria turbina e por paredes não representadas.

A Figura 7 corresponde à Figura 2, com uma válvula de obturador cilíndrico de duas posições (22), que se pode deslocar na direção axial. Na posição representada na Figura 7a, o obturador fecha a comunicação entre os espaços (A) e (B) pela conduta (16). Na posição representada na

Figura 7b, o obturador fecha a comunicação entre os espaços (A) e (B) pela conduta (11).

A Figura 8 corresponde à Figura 2, com uma válvula de obturador cilíndrico de três posições (23), que se pode deslocar na direção axial. Na posição representada na Figura 8a, o obturador fecha a comunicação entre os espaços (A) e (B), tanto pela conduta (11) como pela conduta (16). Na posição representada na Figura 8b, o obturador fecha a comunicação entre os espaços (A) e (B) pela conduta (16). Na posição representada na Figura 8c, o obturador fecha a comunicação entre os espaços (A) e (B) pela conduta (11).

Lisboa, 13 de maio de 2014.

REIVINDICAÇÕES

1. Turbina de ar para aplicações em aproveitamentos de energia das ondas associada a uma queda de pressão de sinal alternado entre um espaço (A) e um espaço (B), que compreende um rotor com duas coroas de pás (2) e (3) axialmente separadas, montadas circunferencialmente na periferia de um cubo (6) ligado a um veio (7) e um estator com duas coroas de pás de guiamento (4) e (5), sendo o conjunto de pás (I) formado pela coroa de pás do rotor (2) e pela coroa de pás de guiamento do estator (4), e o conjunto de pás (II) formado pela coroa de pás do rotor (3) e pela coroa de pás de guiamento do estator (5), do tipo do sistema de pás das convencionais turbinas de escoamento radial, misto ou axial, **caracterizada por:**

- a) a coroa de pás de guiamento do estator (4) comunicar com o espaço (A) por uma conduta (8) e a coroa de pás de guiamento do estator (5) comunicar com o espaço (B) por uma conduta (9);
- b) a coroa de pás do rotor (2) comunicar com o espaço (B) por intermédio de uma zona de paredes curvas desprovida de pás (10), de uma conduta (11) formada por duas paredes de revolução (12) e (13) com forma de discos planos ou não planos, e por um conjunto de n condutas de eixo curvo (14) dispostas circunferencialmente na periferia da conduta (11), sendo n um número inteiro compreendido entre 2 e 30;
- c) a coroa de pás do rotor (3) comunicar com o espaço (A) por intermédio de uma zona de paredes curvas desprovida de pás (15), de uma conduta (16) formada por duas paredes de revolução (12) e (17) com forma de discos planos ou não planos, e por um conjunto de n condutas de eixo curvo (18) dispostas circunferencialmente na periferia da conduta (16);

d) as n condutas de eixo curvo (14) que abrem para o espaço (B) alternarem circunferencialmente com as n condutas de eixo curvo (18) que abrem para o espaço (A).

2. Turbina de acordo com a reivindicação 1 **caracterizada por** estar equipada com uma válvula de obturador cilíndrico de duas posições (22) com deslocamento na direção axial, e consequente fechamento, conforme a posição, da ligação da conduta (11) à coroa de pás do rotor (2), ou da ligação da conduta (16) à coroa de pás do rotor (3).

3. Turbina de acordo com a reivindicação 1 **caracterizada por** estar equipada com uma válvula de obturador cilíndrico de três posições (23) com deslocamento na direção axial, e consequente fechamento, conforme a posição, da ligação da conduta (11) à coroa de pás do rotor (2), ou da ligação da conduta (16) à coroa de pás do rotor (3), ou de ambas as ligações.

Lisboa, 13 de maio de 2014.