



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

(21) **PI1002096-9 A2**

(22) Data de Depósito: 16/03/2010
(43) Data da Publicação: 08/11/2011
(RPI 2131)



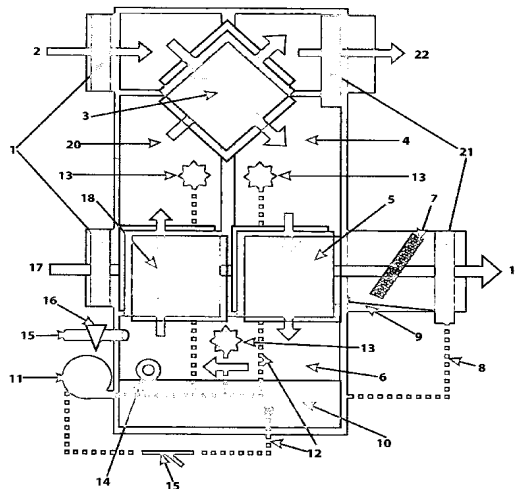
(51) *Int.Cl.:*
F24F 5/00

(54) **Título:** EQUIPAMENTO CONDICIONADOR DE AR COM RECICLAGEM DE ENERGIA TÉRMICA QUE UTILIZA A BAIXA ENTALPIA DO AR DE EXAUSTÃO

(73) **Titular(es):** Reinaldo de Oliveira

(72) **Inventor(es):** Reinaldo de Oliveira

(57) **Resumo:** EQUIPAMENTO CONDICIONADOR DE AR COM RECICLAGEM DE ENERGIA TÉRMICA QUE UTILIZA A BAIXA ENTALPIA DO AR DE EXAUSTÃO. É compreendido por um trocador de calor ar-ar 3, com aproveitamento final do ar de exaustão 2 já utilizado para resfriar o ar de insuflação como pré-resfriador do fluxo de entrada do mesmo; uma primeira câmara de umidificação 4 onde ocorre o resfriamento do ar de exaustão 2, com a evaporação da água pulverizada no mesmo através dos bicos aspersores 13, e de supersaturação por gotículas que não evaporam; trocador de calor ar-ar 5 funcionando como resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17, que também sofre desumidificação; segunda câmara de umidificação 6 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado (esta câmara também funciona como reservatório 10 de água não evaporada em queda após sua aspersão, possuindo também captação da água condensada do fluxo de ar de insuflação 17); trocador de calor ar-ar 18 funcionando como pré-resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17 que também sofre desumidificação; câmara de umidificação 20 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado; trocador de calor ar-ar 3 para pré-resfriamento do ar de exaustão 2 quando da sua admissão no equipamento: serpentina aletada 7 (onde circula gás refrigerante ou água gelada) de resfriamento e desumidificação final do ar de insuflação 17 Eletro-bomba 11, bóia 14 que controla o fluxo de água 15 para repor água que foi evaporada no processo filtro de água 16 e rede hidráulica 12 instalados fora do corpo do equipamento filtro de ar 1 na admissão do ar de exaustão 2; eliminador de gotas 21 na saída do ar de exaustão 2 que é descarregado na atmosfera 22, ou em condensadoras á ar 22: filtro de ar 1 na tomada de ar de insuflação 17 eliminador de gotas 21 na saída do ar de insuflação 17 que é conduzido para o ambiente climatizado 19. A tecnologia própria do equipamento permite que ocorra intercâmbio de calor entre os dois fluxos de ar sem que se toquem.



RELATÓRIO**“EQUIPAMENTO CONDICIONADOR DE AR COM RECICLAGEM DE ENERGIA TÉRMICA QUE UTILIZA A BAIXA ENTALPIA DO AR DE EXAUSTÃO”.**

5

A presente patente de invenção tem por objetivo um equipamento de ar condicionado diferenciado, ao qual foi dada original concepção e construção com vistas a melhorar a sua utilização e eficiência, utilizando o principio adiabático indireto no ar de exaustão para pré-resfriar e pré-

10 desumidificar o ar de insuflação, com vistas a diminuir a necessidade de capacidade de refrigeração (compressores de menor capacidade) em relação aos sistemas convencionais existentes.

15

Já são conhecidos equipamentos e sistemas de ar condicionado que utilizam-se de um circuito fechado de gás refrigerante em que este gás é posto em movimento por um compressor entre dois trocadores de calor para que o mesmo absorva calor de um ambiente climatizado e o rejeite no ambiente exterior.

20

Em que pese à larga utilização desses tipos de equipamentos e sistemas de troca de calor e refrigeração, alguns inconvenientes podem-lhes ser atribuídos, como o fato de apresentarem elevado consumo de energia elétrica e de alta dissipação de calor para o meio externo o que acarreta danos ao meio-ambiente e custos consideravelmente maiores aos usuários, bem como baixas taxas de renovação de ar adotadas.

25

30

Tendo em vista tais inconvenientes, e no intuito de superá-los, foi desenvolvido o equipamento condicionador de ar com reciclagem de energia térmica, que consiste em utilizar sistema adiabático indireto com aspersão de água no ar de exaustão e dupla troca de calor através de trocadores de calor ar-ar instalados em série aproveitando-se da baixa temperatura do ar de exaustão que foi umidificado e teve sua temperatura de bulbo seco abaixada para pré-resfriar o ar de insuflação, podendo também pré-desumidificá-lo, uma vez que a temperatura do ar de exaustão umidificado pode estar abaixo do ponto de orvalho do ar de renovação, e com resfriamento e desumidificação do ar de insuflação final na serpentina de evaporação de gás refrigerante ou de água gelada instalada após os

trocadores de calor ar-ar instalados em série, bem como reaproveitamento da baixa temperatura do ar de exaustão para pré-resfriar este mesmo ar de exaustão quando da sua entrada no equipamento fazendo um laço do fluxo de ar de exaustão na entrada e na saída do equipamento no trocador de calor instalado em configuração que lembra a forma de um “diamante”.

Essa forma de construção e de funcionamento do equipamento soluciona os inconvenientes apontados, uma vez que a aspersão da água e a dupla troca de calor conferem alta eficiência e eficácia, evitando perda desnecessária do ar frio de exaustão o qual é reaproveitado, reduzindo o consumo de energia elétrica e da água de refrigeração na serpentina de evaporação de gás refrigerante ou de água gelada utilizada no tratamento final do ar de insuflação.

Como o princípio de reaproveitamento energético é o evaporativo indireto, a evaporação de água do equipamento ao ser pulverizada no fluxo de ar de exaustão dentro de câmaras colocadas entre os trocadores de calor ar-ar faz com que a temperatura desse ar de exaustão diminua seu gradiente até sua temperatura de bulbo úmido onde também atinge 100% de umidade relativa. Desta forma, as placas separadoras dos fluxos de ar nos trocadores de calor ar-ar fazem a transferência térmica de energia entre o ar de exaustão, mais frio, e o ar de insuflação, mais quente, com sentido de fluxo de calor do mais quente para o de menor temperatura, sem se tocarem evitando-se contaminação ou transferência de umidade. A outra parte do trabalho de tratamento do ar de insuflação é realizada pela serpentina de evaporação ou de água gelada instalada no equipamento após essas etapas.

A reciclagem energética ocorre em dois trocadores em série montados horizontalmente. Antes de ser descartado, o ar de exaustão ao ser pré-resfriado por efeito adiabático (umidificação) e que está com temperatura inferior a do ar de insuflação, absorve energia térmica desse ar de insuflação através das placas separadoras (confeccionadas em material de boa condutividade térmica) dos dois fluxos nos trocadores de calor ar-ar, diminuindo sua temperatura e esse ciclo se repete no segundo trocador de calor ar-ar. Após esse trabalho, o ar de exaustão é novamente umidificado e ele se resfria quando da sua entrada no equipamento e só então é

descartado no ambiente externo podendo, em alguns casos, ser descarregado diretamente nas serpentinas de condensação do equipamento de ar condicionado aumentando, com isso, sua capacidade de refrigeração.

- 5 Forma-se um ciclo em forma de “laço” no caminho percorrido pelo ar de exaustão dentro do equipamento que aumenta a remoção de energia térmica em comparação com os equipamentos convencionais, e conseqüentemente reduz o consumo da energia elétrica utilizada no equipamento de refrigeração, viabilizando sistemas com até 100% de
10 renovação de ar, necessitando para seu funcionamento normal, da troca de 50% do ar interno, muito acima dos níveis de renovação adotados usualmente.

O desenho anexo mostra a disposição do objeto da presente patente, no qual:

- 15 A Fig. 1 mostra-o em corte lateral.

De conformidade com o quanto ilustra a figura acima relacionada, o equipamento consiste em um trocador de calor ar-ar 3, com aproveitamento final do ar de exaustão 2 já utilizado para resfriar o ar de insuflação como pré-resfriador do fluxo de entrada do mesmo; uma
20 primeira câmara de umidificação 4 onde ocorre o resfriamento do ar de exaustão 2, com a evaporação da água pulverizada no mesmo através dos bicos aspersores 13 e de supersaturação por gotículas que não evaporam; trocador de calor ar-ar 5 funcionando como resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17, que também sofre desumidificação;
25 segunda câmara de umidificação 6 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado (esta câmara também funciona como reservatório 10 de água não evaporada em queda após sua aspensão, possuindo também captação da água condensada do fluxo de ar de insuflação 17); trocador de
30 calor ar-ar 18 funcionando como pré-resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17 que também sofre desumidificação; câmara de umidificação 20 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado; trocador de calor ar-ar 3 para pré-resfriamento do ar de

exaustão 2 quando da sua admissão no equipamento; serpentina aletada 7 (onde circula gás refrigerante ou água gelada) de resfriamento e desumidificação final do ar de insuflação 17. Eletro-bomba 11, bóia 14 que controla o fluxo de água 15 para repor água que foi evaporada no processo; filtro de água 16 e rede hidráulica 12 instalados fora do corpo do equipamento, filtro de ar 1 na admissão do ar de exaustão 2; eliminador de gotas 21 na saída do ar de exaustão 2 que é descarregado na atmosfera 22, ou em condensadoras à ar 22; filtro de ar 1 na tomada de ar de insuflação 17; eliminador de gotas 21 na saída do ar de insuflação 17 que é conduzido para o ambiente climatizado 19; isolamento térmico na base captadora de água condensada 9 e tubulação de água condensada 8 em PVC isolado.

Os trocadores de calor do tipo ar-ar são compostos por placas de configuração quadrangular em material com boa condutibilidade térmica (tais como aço inox, cobre, alumínio), unida por dois lados opostos, duas a duas alternadamente e com espaço entre ambas, criando passagem para que os dois fluxos de ar (de exaustão e de insuflação) percorram as placas simultaneamente com sentido de 90° entre si, sem se tocarem, porém promovendo troca térmica (energia) no sentido do mais quente (ar de insuflação) para o mais frio (ar de exaustão umidificado).

O mecanismo funcional da reciclagem de energia térmica está baseado em trocas seqüenciais de calor entre os dois fluxos de ar sem que eles se toquem, para se aproveitar (reciclar) a baixa temperatura do ar de exaustão. É de se notar que os processos são repetitivos para maximizar as trocas de calor.

Cada trocador de calor ar-ar da seção de reciclagem energética, visto unitariamente, configura-se como um pacote de lâminas unidas por pressão mecânica em dois lados opostos de modo que os outros dois lados não unidos formem uma câmara de passagem de ar pelo distanciamento entre ambas. A próxima união será alternada e a nova câmara ficará com sentido de passagem de ar a 90° em relação à câmara anterior, e assim sucessivamente. Esta orientação permite aos dois diferentes fluxos de ar (ar de exaustão e ar de insuflação) terem sentidos diferenciados em 90° sem se tocarem.

As lâminas que compõem os trocadores têm ressaltos estampados mecanicamente, não coincidentes na ocasião das uniões, para manter uniforme a distância (espaço onde os fluxos de ar fluem) entre si. A vedação das uniões se dá por pressão mecânica e reforçada por imersão em tinta à base de água. Fechando os cantos do trocador são coladas cantoneiras nas quinas mediante vedação elástica.

O equipamento é montado em forma de "T" invertido, sendo a linha horizontal composta por dois trocadores de calor ar-ar lado a lado, que promovem a transferência térmica, sendo o pré-resfriamento inicial do ar de insuflação no trocador 18 e resfriamento no trocador 5, sendo o resfriamento e desumidificação finais na serpentina 7, para então ser insuflado no ambiente a ser climatizado. A linha vertical é composta por um trocador de calor ar-ar 3 montado na forma de "diamante" na parte superior do equipamento permitindo que o ar de exaustão - já utilizado para remover energia térmica do ar de insuflação nos trocadores horizontais e que ainda tem sua temperatura menor que na hora da sua admissão ao percorrer este trocador, remova também energia térmica dele mesmo.

O ar de insuflação, que é composto de 50% de ar de recirculação captado internamente, e 50% de ar de renovação captado externamente, percorre a linha horizontal (trocadores de calor ar-ar) e cede energia térmica na forma de calor sensível e calor latente (por condensação do vapor de água, pois a temperatura da placa separadora dos dois fluxos está abaixo do ponto de orvalho da mesma, ou seja, assume a temperatura do ar de exaustão umidificado) às placas do trocador de calor ar-ar. Essas, por sua vez, cederão a energia ao ar de exaustão captado internamente, composto de 50% de massa deste ar e de água pulverizada, que o resfria e umidifica. Após tal processo, resfriamento e desumidificação nos trocadores de calor ar-ar, o ar de insuflação sofre resfriamento e desumidificação final na serpentina de resfriamento que pode ser por evaporação de gás refrigerante ou água gelada. Este processo de reciclagem energética do "frio" do ar de exaustão visa diminuir a necessidade de refrigeração na serpentina de resfriamento diminuindo a capacidade do equipamento gerador de frio e conseqüentemente economizando energia elétrica.

Finalmente o ar de insuflação será impulsionado por meio de ventiladores, redes de dutos e elementos de difusão de ar até o ambiente climatizado.

Já o ar de exaustão captado internamente, após remover energia do ar de insuflação com auxílio da água pulverizada que evapora, como tem ainda
5 temperatura menor que a do momento da sua entrada no equipamento, ao passar pelo cubo montado em “diamante” absorverá energia térmica (calor sensível) desse mesmo ar no próximo ciclo (pois o seu percurso no equipamento tem a forma de um “laço”), diminuindo sua temperatura (remoção de calor sensível) e que ao ser resfriada e umidificada atingirá
10 temperaturas ainda menores melhorando o seu trabalho de captação de energia térmica do ar de insuflação. Após esses trabalhos de reciclagem energética pode ser insuflado em condensadoras a ar de equipamentos de ar condicionado melhorando seu rendimento, ou simplesmente descarregado no ambiente externo sem causar qualquer tipo de poluição.

15 A chave do funcionamento do equipamento é a evaporação da água pulverizada no ar de exaustão, pois para cada quilograma de água evaporar (mudança do estado líquido para o estado de vapor) são necessários cerca de 580 quilocalorias de energia térmica e essa provém do ar de exaustão, pois por diferença de calor específico a água que tem
20 calor específico maior que o calor específico do ar, ao entrar em atrito com o ar de exaustão absorve energia térmica do mesmo o que causa a sua evaporação. O limite de evaporação é a saturação do ar de exaustão ao atingir 100% de umidade relativa. As gotas que não evaporarem serão arrastadas pelo ar de exaustão e percorrerão com o mesmo ar de exaustão
25 as câmaras que lhes são destinadas no trocador de calor ar-ar da vez e uma parte ainda evaporará cada vez que o ar de exaustão absorver energia térmica do ar de insuflação e sua umidade relativa ficar abaixo de 100%.

Esse primeiro resfriamento sensível do ar de exaustão é a chave do
30 funcionamento do equipamento, pois ao ceder energia ao ar de exaustão já utilizado atingirá temperaturas muito mais baixas se comparado com um ciclo sem o percurso em forma de “laço”. Por isso, após seu processo de resfriamento (remoção de calor sensível) no trocador de calor ar-ar, sofre umidificação na primeira câmara e tem parte de sua energia transferida à

água que evapora. Como a sua massa tem que ser igual à do ar de insuflação, a água pulverizada tem que complementá-la para atingir o equilíbrio das massas. A seguir essa massa composta por ar e água com temperaturas em equilíbrio (iguais) percorrem os trocadores de calor ar-ar e absorve calor (energia) que é cedido às placas pelo ar de insuflação (calor sensível e calor latente que é a condensação de parte do vapor de água contido neste ar de insuflação).

Após essa etapa, o ar de insuflação é conduzido para a serpentina de resfriamento convencional para que finalmente seja resfriado e desumidificado e conduzido ao ambiente climatizado.

Essa dinâmica de trocas em série de energia entre os dois fluxos de ar (de exaustão e de insuflação) aliada ao aproveitamento final das condições do ar de exaustão para pré-resfriar o ar de exaustão na sua admissão no equipamento, faz com que seja possível diminuir a capacidade dos equipamentos de refrigeração em até 50% da capacidade convencional usualmente adotada, proporcionando maiores renovações de ar interno ao mesmo tempo menor consumo de energia, menores instalações hidráulicas ou tubulações de gás, menores cabines transformadoras e cabos elétricos, beneficiando toda a cadeia produtiva de energia.

Completa o equipamento, eletro-bomba para movimentação e pulverização da água da bandeja, filtros de água e de ar, bicos aspersores de água para pulverizar a mesma nas câmaras de umidificação, ventiladores para movimentação dos dois fluxos de ar (de insuflação e de exaustão) e eliminadores de gotas de água na saída dos dois fluxos de ar para capturar gotas de água que porventura sejam arrastadas pelos fluxos de ar que serão conduzidas à bandeja / reservatório situado na parte inferior do equipamento para que sejam reinseridas no processo por aspersão promovendo economia de água consumida no processo, trocador de calor do sistema de refrigeração imerso na água da bandeja.

O equipamento está inserido em uma caixa construída com placas sustentáveis de plástico e alumínio reciclados e unidas com resina elastomérica de alto poder de aderência e parafusos. Este processo fabril foi escolhido por não propagar chama e pela sua excelência em isolamento térmico.

REIVINDICAÇÕES

1) **“EQUIPAMENTO CONDICIONADOR DE AR COM RECICLAGEM DE ENERGIA TÉRMICA QUE UTILIZA A BAIXA ENTALPIA DO AR DE EXAUSTÃO”** caracterizado por um trocador de calor ar-ar 3, com aproveitamento final do ar de exaustão 2 já utilizado para resfriar o ar de insuflação como pré-resfriador do fluxo de entrada do mesmo; uma primeira câmara de umidificação 4 onde ocorre o resfriamento do ar de exaustão 2, com a evaporação da água pulverizada no mesmo através dos bicos aspersores 13 e de supersaturação por gotículas que não evaporam; trocador de calor ar-ar 5 funcionando como resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17, que também sofre desumidificação; segunda câmara de umidificação 6 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado (esta câmara também funciona como reservatório 10 de água não evaporada em queda após sua aspersão, possuindo também captação da água condensada do fluxo de ar de insuflação 17); trocador de calor ar-ar 18 funcionando como pré-resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17 que também sofre desumidificação; câmara de umidificação 20 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado; trocador de calor ar-ar 3 para pré-resfriamento do ar de exaustão 2 quando da sua admissão no equipamento; serpentina aletada 7 (onde circula gás refrigerante ou água gelada) de resfriamento e desumidificação final do ar de insuflação 17. Eletro-bomba 11, bóia 14 que controla o fluxo de água 15 para repor água que foi evaporada no processo; filtro de água 16 e rede hidráulica 12 instalados fora do corpo do equipamento, filtro de ar 1 na admissão do ar de exaustão 2; eliminador de gotas 21 na saída do ar de exaustão 2 que é descarregado na atmosfera 22, ou em condensadoras à ar 22; filtro de ar 1 na tomada de ar de insuflação 17; eliminador de gotas 21 na saída do ar de insuflação 17 que é conduzido para o

ambiente climatizado 19; isolamento térmico na base captadora de água condensada 9 e tubulação de água condensada 8 em PVC isolado.

2) Caracterizado por mecanismo funcional da reciclagem de energia térmica que está baseado em trocas seqüenciais de calor entre os dois fluxos de ar sem que eles se toquem, para se aproveitar (reciclar) a baixa temperatura do ar de exaustão. É de se notar que os processos são repetitivos para maximizar as trocas de calor. Cada trocador de calor ar-ar da seção de reciclagem energética, visto unitariamente, configura-se como um pacote de lâminas unidas por pressão mecânica em dois lados opostos de modo que os outros dois lados não unidos formem uma câmara de passagem de ar pelo distanciamento entre ambas. A próxima união será alternada e a nova câmara ficará com sentido de passagem de ar a 90° em relação à câmara anterior, e assim sucessivamente. Esta orientação permite aos dois diferentes fluxos de ar (ar de exaustão e ar de insuflação) terem sentidos diferenciados em 90° sem se tocarem. As lâminas que compõem os trocadores têm ressaltos estampados mecanicamente, não coincidentes na ocasião das uniões, para manter uniforme a distância (espaço onde os fluxos de ar fluem) entre si. A vedação das uniões se dá por pressão mecânica e reforçada por imersão em tinta à base de água. Fechando os cantos do trocador são coladas cantoneiras nas quinas mediante vedação elástica.

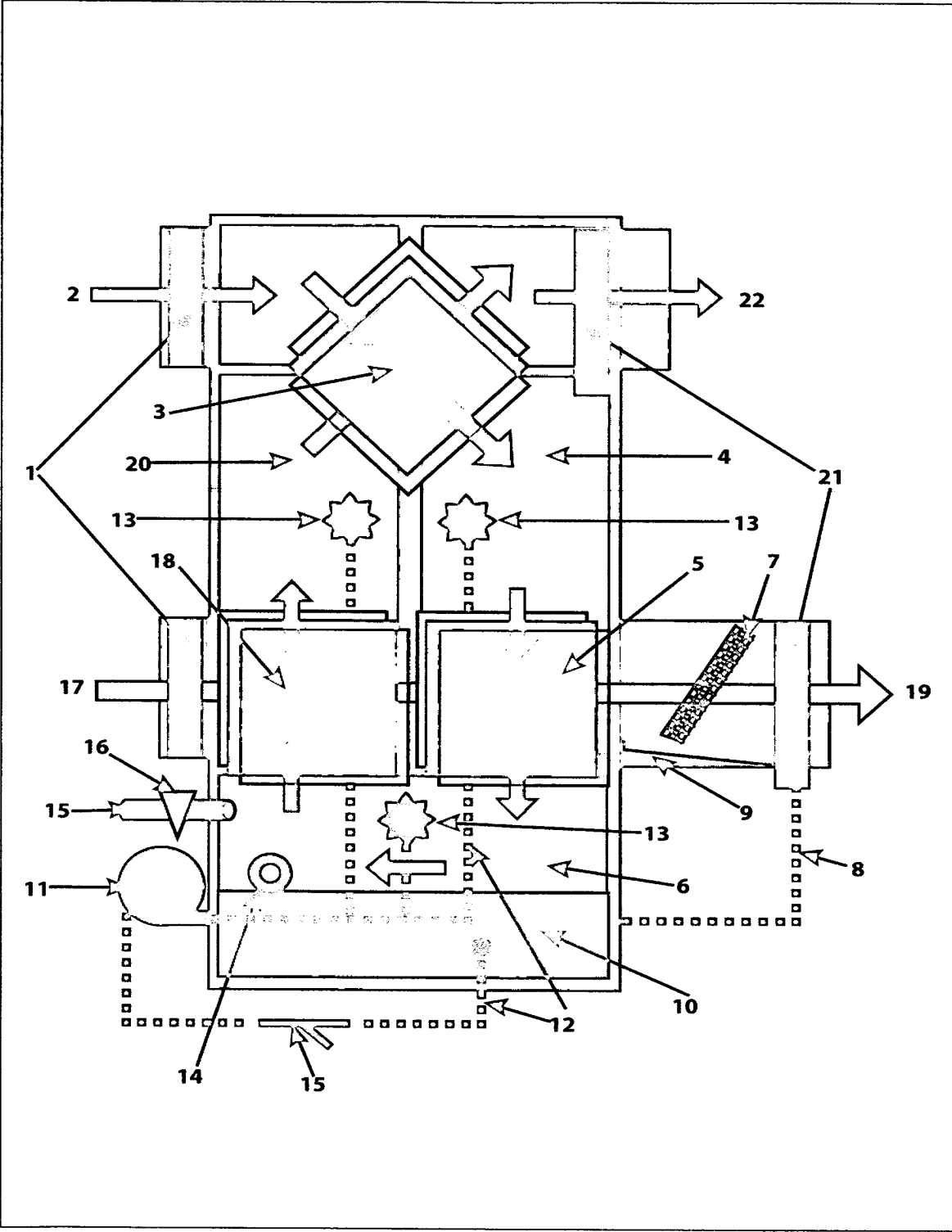
3) Caracterizado por montagem em forma de "T" invertido, sendo a linha horizontal composta por dois trocadores de calor ar-ar lado a lado, que promovem a transferência térmica, sendo o pré-resfriamento inicial do ar de insuflação no trocador 18 e resfriamento no trocador 5, sendo o resfriamento e desumidificação finais na serpentina 7, para então ser insuflado no ambiente a ser climatizado. A linha vertical é composta por um trocador de calor ar-ar 3 montado na forma de "diamante" na parte superior do equipamento permitindo que o ar de exaustão - já utilizado para remover energia térmica do ar de insuflação nos trocadores horizontais e que ainda tem sua temperatura menor que na hora da sua admissão ao percorrer este trocador, remova também energia térmica dele mesmo.

4) Caracterizado por ar de insuflação, que é composto de 50% de ar de recirculação captado internamente, e 50% de ar de renovação captado externamente, percorre a linha horizontal (trocadores de calor ar-ar) e cede energia térmica na forma de calor sensível e calor latente (por condensação do vapor de água, pois a temperatura da placa separadora dos dois fluxos está abaixo do ponto de orvalho da mesma, ou seja, assume a temperatura do ar de exaustão umidificado) às placas do trocador de calor ar-ar. Essas, por sua vez, cederão a energia ao ar de exaustão captado internamente, composto de 50% de massa deste ar e de água pulverizada, que o resfria e umidifica. Após tal processo, resfriamento e desumidificação nos trocadores de calor ar-ar, o ar de insuflação sofre resfriamento e desumidificação final na serpentina de resfriamento que pode ser por evaporação de gás refrigerante ou água gelada. Este processo de reciclagem energética do "frio" do ar de exaustão visa diminuir a necessidade de refrigeração na serpentina de resfriamento diminuindo a capacidade do equipamento gerador de frio e conseqüentemente economizando energia elétrica. Finalmente o ar de insuflação será impulsionado por meio de ventiladores, redes de dutos e elementos de difusão de ar até o ambiente climatizado.

5) Caracterizado por ar de exaustão captado internamente que após remover energia do ar de insuflação com auxílio da água pulverizada que evapora, como tem ainda temperatura menor que a do momento da sua entrada no equipamento, ao passar pelo cubo montado em "diamante" absorverá energia térmica (calor sensível) desse mesmo ar no próximo ciclo (pois o seu percurso no equipamento tem a forma de um "laço"), diminuindo sua temperatura (remoção de calor sensível) e que ao ser resfriada e umidificada atingirá temperaturas ainda menores melhorando o seu trabalho de captação de energia térmica do ar de insuflação. Após esses trabalhos de reciclagem energética pode ser insuflado em condensadoras a ar de equipamentos de ar condicionado melhorando seu rendimento, ou simplesmente descarregado no ambiente externo sem causar qualquer tipo de poluição.

6) Caracterizado por ser construído com placas sustentáveis de plástico e alumínio reciclados e unidas com resina elastomérica de alto poder de aderência e parafusos. Este processo fabril foi escolhido por não propagar chama e pela sua excelência em isolamento térmico.

1/1
FIG 1



RESUMO

“EQUIPAMENTO CONDICIONADOR DE AR COM RECICLAGEM DE ENERGIA TÉRMICA QUE UTILIZA A BAIXA ENTALPIA DO AR DE EXAUSTÃO” é compreendido por um trocador de calor ar-ar 3, com aproveitamento final do ar de exaustão 2 já utilizado para resfriar o ar de insuflação como pré-resfriador do fluxo de entrada do mesmo; uma primeira câmara de umidificação 4 onde ocorre o resfriamento do ar de exaustão 2, com a evaporação da água pulverizada no mesmo através dos bicos aspersores 13 e de supersaturação por gotículas que não evaporam; trocador de calor ar-ar 5 funcionando como resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17, que também sofre desumidificação; segunda câmara de umidificação 6 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado (esta câmara também funciona como reservatório 10 de água não evaporada em queda após sua aspersão, possuindo também captação da água condensada do fluxo de ar de insuflação 17); trocador de calor ar-ar 18 funcionando como pré-resfriador por reciclagem energética do ar de insuflação 17 que também sofre desumidificação; câmara de umidificação 20 onde o ar de exaustão 2 recebe reforço de água pulverizada através de bicos aspersores 13 gerando ar adiabático supersaturado; trocador de calor ar-ar 3 para pré-resfriamento do ar de exaustão 2 quando da sua admissão no equipamento; serpentina aletada 7 (onde circula gás refrigerante ou água gelada) de resfriamento e desumidificação final do ar de insuflação 17. Eletro-bomba 11, bóia 14 que controla o fluxo de água 15 para repor água que foi evaporada no processo; filtro de água 16 e rede hidráulica 12 instalados fora do corpo do equipamento, filtro de ar 1 na admissão do ar de exaustão 2; eliminador de gotas 21 na saída do ar de exaustão 2 que é descarregado na atmosfera 22, ou em condensadoras à ar 22; filtro de ar 1 na tomada de ar de insuflação 17; eliminador de gotas 21 na saída do ar de insuflação 17 que é conduzido para o

ambiente climatizado 19. A tecnologia própria do equipamento permite que ocorra intercâmbio de calor entre os dois fluxos de ar sem que se toquem.