

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

(21) BR 10 2012 033633-2 A2

(22) Data de Depósito: 28/12/2012
(43) Data da Publicação: 02/09/2014
(RPI 2278)



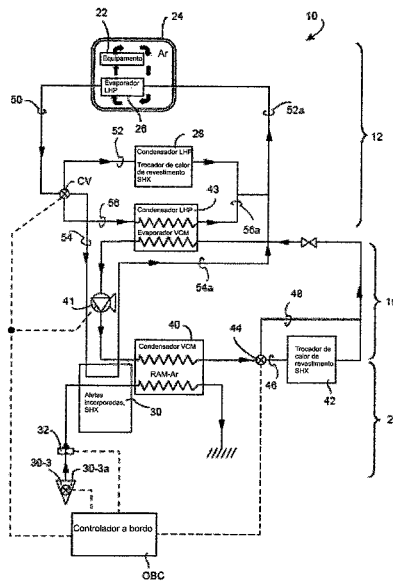
(51) Int.Cl.:
B64D 13/08

(54) **Título:** SISTEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL INTEGRADOS E MÉTODOS PARA CONTROLAR A TEMPERATURA AMBIENTAL DE UM ESPAÇO FECHADO

(73) **Titular(es):** EMBRAER S.A.

(72) **Inventor(es):** JÚLIO ROMERO SANTOS FERNANDES, LUIZ TOBALDINI NETO, NICOLAU BRAGA SANTOS, RICARDO GANDOLFI

(57) **Resumo:** SISTEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL INTEGRADOS E MÉTODOS PARA CONTROLAR A TEMPERATURA AMBIENTAL DE UM ESPAÇO FECHADO Descreve-se um sistemas de controle ambiental e métodos para controlar a temperatura ambiental de um espaço fechado através da integração de um subsistema de troca de calor passivo (por exemplo, um subsistema de troca de calor por tubo de calor em laço fechado (LHP)) que tem um circuito de fluido de troca de calor em laço fechado em relacionamento de troca de calor com o espaço fechado para fornecer controle de temperatura ambiental no mesmo, um subsistema de ar dinâmico que tem um circuito de ar dinâmico para circular ar de arrefecimento dinâmico, e um subsistema de máquina de ciclo de compressão de vapor (VCM) que tem um circuito de fluido de VCM que tem um compressor, um evaporador, um condensador e uma válvula de expansão.



“SISTEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL INTEGRADOS E MÉTODOS PARA CONTROLAR A TEMPERATURA AMBIENTAL DE UM ESPAÇO FECHADO”

Este pedido tem como base e reivindica prioridade do Pedido Provisório nº U.S. 61/581.378 depositado em 29 de dezembro de 2011, cuja totalidade dos
5 conteúdos está expressamente incorporada no presente documento a título de referência.

As configurações reveladas no presente documento se referem, de modo geral, ao controle ambiental e gerenciamento térmico (por exemplo, aquecimento, arrefecimento) de compartimentos/alojamentos (por exemplo, na fuselagem de
10 uma aeronave) por meio do uso de uma arquitetura integrada de sistemas de controle ambiental, tais como tubos de calor, sistemas cíclicos de compressão de vapor e/ou trocadores de calor de revestimento. Configurações dos métodos e sistemas revelados no presente documento permitem que compartimentos/alojamentos de aeronave sejam arrefecidos com mínima
15 demanda de consumo de potência de aeronave (em última instância, mínimo consumo de combustível de aeronave) durante várias fases de operação da aeronave.

Descrição do estado da técnica

Os conceitos de sistemas de aeronave de futura geração tendem
20 demandar um aumento em consumo de potência elétrica. Como consequência, esses sistemas irão requerer a dissipação de mais calor por volume. O aumento na dissipação de calor e os requerimentos recentes de redução de consumo de combustível de aeronave entram em conflito e, assim, requerem o advento de sistemas de arrefecimento mais eficazes.

25 Atualmente, compartimentos/alojamentos de aeronave (bastidores eletrônicos, galeões e similares) são dotados de sistemas de arrefecimento que são comumente baseados em sistemas de ciclo de vapor e/ou de ciclo de ar e não são otimizados em termos da penalidade de combustível que tais sistemas podem extrair no desempenho geral da aeronave. Assim, quanto mais elevada a
30 necessidade de arrefecimento, mais elevado o consumo de potência do sistema de arrefecimento e, como consequência, mais elevado o consumo de combustível

da aeronave. Esses sistemas de arrefecimento operam durante todas as fases do voo, incluindo quando a aeronave está no solo.

Entretanto, um potencial de rejeição de calor consideravelmente grande existe quando uma aeronave está em voo devido à diferença de temperatura significativa entre o ar externo (dissipador de calor) e os compartimentos/alojamentos/equipamento específicos sendo arrefecidos. A fim de desenvolver sistemas de arrefecimento mais eficazes, é necessário minimizar a resistência térmica entre o equipamento e o dissipador de calor.

Recentemente, um sistema de arrefecimento mais eficaz foi proposto através do Pedido Publicado nº U.S. 2004/0159119 (integralmente incorporado a título de referência no presente documento) que inclui, principalmente, um laço de líquido, uma bateria térmica eutética e bomba de calor e trocador de calor de revestimento (SHX). De maneira semelhante, o Pedido de Patente nº U.S. 2007/0095521 (integralmente incorporado a título de referência no presente documento) propõe, principalmente, a combinação de um tubo de calor em laço (LHP), uma unidade de armazenamento fria e SHX.

Há diversos problemas a serem solucionados antes que maiores eficácias de combustível sejam completamente concretizadas. Por exemplo, tecnologias atuais carecem de um gerenciamento inteligente dos dissipadores de calor disponíveis para um arrefecimento do compartimento/alojamento, causando maior consumo de combustível (penalidade de combustível sobre o desempenho da aeronave) do que necessário, visto que a disponibilidade dos dissipadores de calor não é suficientemente usada. Por exemplo, às vezes uma máquina de ciclo de compressão de vapor (VCM) precisa ser usada para arrefecer o equipamento eletrônico no interior da cabine, apesar do ar frio já disponível do lado de fora da aeronave em voo.

Além disso, atualmente há uma ausência de flexibilidade para uso dos dissipadores de calor disponíveis. A título de exemplo, uma caixa eletrônica não pode ser instalada em um compartimento/alojamento predeterminado, pois o dissipador de calor do ar externo está localizado a uma distância demasiadamente grande daquele compartimento/alojamento.

Ademais, resistência térmica elevada entre o compartimento/alojamento (carga de calor) e o dissipador de calor tipicamente existe. Essa resistência térmica elevada requer sistemas de arrefecimento ativos (bombas de calor) mesmo quando a temperatura da carga de calor é superior à temperatura do dissipador de calor. Esse efeito acontece na maior parte do tempo durante uma missão da aeronave. LHP's e outros dispositivos de transmissão de calor passivos de mudança de fase podem ser úteis para diminuir essa resistência térmica.

Portanto, as configurações da presente invenção são direcionadas a fornecer soluções para tais problemas.

Breve descrição da invenção

As configurações reveladas no presente documento são fornecidas para alcançar o objetivo de remover calor de um compartimento/alojamento enquanto minimiza-se a penalidade de combustível ao longo de toda a operação da aeronave através do uso dos recursos a serem discutidos em maiores detalhes abaixo. Além disso, o calor removido de um compartimento/alojamento pode ser usado, ainda, como fonte de calor para outro compartimento/alojamento. Também pode ser usado para aquecer uma superfície externa ou interna da aeronave, conforme pode ser requerido para gerenciamento térmico ou proteção atmosférica ou contra. Geralmente, as configurações conforme reveladas no presente documento integram vários sistemas de controle ambiental, tais como tubos de calor e trocadores de calor de revestimento, para minimizar a resistência térmica e reduzir o consumo de potência do sistema.

Em conformidade com algumas modalidades, uma combinação de múltiplos componentes de controle ambiental inovadores pode ser empregada, por exemplo, (1) um condensador de tubo de calor em laço (LHP) integrado a um evaporador de máquina de ciclo de compressão de vapor (VCM), em um único trocador de calor, e (2) um trocador de calor de revestimento (SHX) compacto incorporado em um duto que é equipado com uma ventoinha de arrefecimento de solo.

Um sistema também é fornecido em conformidade com algumas modalidades para arrefecer um compartimento/alojamento usando uma integração inteligente dentre diferentes tecnologias para transporte de calor e dissipadores de calor (VCM, SHX, LHP, ar dinâmico com ventoinha de arrefecimento de solo) e uma lógica operacional apropriada, constituída de um sistema híbrido que tem a capacidade de operar com consumo de potência menor ao longo de uma missão completa da aeronave, tirando vantagem de qualquer uma das tecnologias sendo aplicadas.

Em conformidade com algumas configurações, são fornecidos sistemas de controle ambiental e métodos que controlam a temperatura ambiental de um espaço fechado através da integração de um subsistema de troca de calor por tubo de calor em laço (LHP) que tem um circuito de fluido de troca de calor em laço fechado em relacionamento de troca de calor com o espaço fechado para fornecer controle de temperatura ambiental no mesmo, um subsistema de ar dinâmico que tem um circuito de ar dinâmico para circular ar de arrefecimento dinâmico, e um subsistema de máquina de ciclo de compressão de vapor (VCM) que tem um circuito de fluido de VCM que compreende um compressor, um evaporador e um condensador. O evaporador do subsistema de VCM pode, assim, ser integrado ao subsistema de troca de calor de LHP estando em relacionamento operativo de troca de calor com o mesmo, enquanto o condensador do subsistema de VCM pode ser integrado ao sistema de ar dinâmico de modo a estar em relacionamento operativo de troca de calor com o mesmo.

Algumas configurações podem incluir um condensador de LHP do subsistema de LHP em relacionamento operativo de troca de calor com o evaporador de VCM do subsistema de VCM. O subsistema de troca de calor de LHP em outras configurações podem também ser dotados de um trocador de calor de revestimento (SHX) de condensador de LHP e uma válvula de controle para direcionar o fluido de trabalho para o condensador de LHP ou o SHX de condensador de LHP.

O circuito de ar dinâmico de determinadas configurações pode incluir um duto de ar que tem uma entrada e uma porta de controle de entrada para

controlar o fluxo de ar para o interior do duto, e uma ventoinha de arrefecimento para conduzir o ar para a entrada e através do duto. Outras configurações podem ser dotadas de um subsistema de ar dinâmico que compreende um trocador de calor de revestimento incorporado (SHX) em relacionamento operativo de troca de calor com o fluxo de ar no duto.

Determinadas outras configurações podem ser dotadas de um subsistema de troca de calor de LHP que tem um condensador de LHP em relacionamento operativo de troca de calor com o evaporador de VCM do subsistema de VCM, e um trocador de calor de revestimento (SHX) de condensador de LHP. Uma válvula de controle pode, assim, ser fornecida para direccionar o fluido de troca de calor de trabalho para o condensador de LHP do subsistema de troca de calor de LHP, o SHX de condensador de LHP do subsistema de troca de calor de LHP ou o trocador de calor de revestimento SHX incorporado do subsistema de ar dinâmico.

O subsistema de VCM pode incluir um trocador de calor de revestimento (SHX) de condensador de VCM a jusante do condensador de VCM. Em determinadas modalidades, o SHX de condensador de VCM pode estar em relacionamento operativo de troca de calor com um fluido de bordo, tal como combustível de bordo e/ou ar de cabine. Outras modalidades podem ser dotadas de um subsistema de VCM que tem uma válvula de desvio para direccionar o circuito de fluido de VCM para ou desviar o circuito de fluido de VCM ao redor do SHX de condensador de VCM.

O calor liberado pelos trocadores de calor de revestimento pode ser usado para aquecer uma superfície externa ou interna da aeronave. Por exemplo, o calor liberado por um SHX pode ser usado como um sistema de proteção contra chuva e gelo complementar ou único para a superfície externa que o mesmo constitui ou é uma parte de. Além disso, esse calor pode ser usado para aquecer soleiras de porta, galeões, entre outras regiões da aeronave.

Esses e outros aspectos e vantagens da presente invenção se tornarão mais evidentes após ser dada consideração cuidadosa à seguinte descrição detalhada das configurações exemplificativas preferenciais da mesma.

Siglas

Estruturas e sistemas podem, às vezes, ser referenciados no presente documento pelas seguintes siglas:

LHP - tubo de calor em laço

5 CPL - laço de bombeamento capilar

LTS - termossifão em laço

SHX - trocador de calor de revestimento

VCM - máquina de ciclo de compressão de vapor

E-bay - bastidor eletrônico

10 Será entendido que sempre que LHP, CPL, LTS aparecem abaixo no presente documento, todos os variantes possíveis para o dispositivo de dissipação de calor de mudança de fase são contemplados, tais como, por exemplo, tubos de calor convencionais, termossifões, tubos de calor de pulsação, e similares. Portanto, referência a qualquer sigla específica é não limitante e
15 meramente empregada para facilitar a discussão.

Descrição resumida dos desenhos

As configurações reveladas da presente invenção serão entendidas de maneira mais completa e melhor através da referência à seguinte descrição detalhada de modalidades ilustrativas não limitantes exemplificativas em conjunto
20 com os desenhos, das quais:

A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma modalidade de uma arquitetura de sistema para arrefecer um compartimento/alojamento;

A Figura 2 é um diagrama esquemático de um laço de LHP/CPL/LTS que é usado para arrefecer o compartimento/alojamento, com o SHX sendo usado para
25 arrefecer o condensador de LHP;

A Figura 3 é um diagrama esquemático de um trocador de calor de revestimento provido de aletas incorporado de duto de ar dinâmico que pode ser usado para arrefecer o condensador de LHP;

As Figuras 4A e 4B são vistas superiores e laterais respectivas de um SHX provido de aletas, e incorporado de duto de ar dinâmico;

5 A Figura 5 é um diagrama esquemático de uma VCM que é usada para arrefecer o condensador de LHP; SHX que é usado para arrefecer o fluido de condensador de VCM (entrada de ar NACA fechada);

A Figura 6 é um diagrama esquemático de uma VCM que é usada para arrefecer o condensador de LHP; ar dinâmico/NACA que é usado para arrefecer o fluido do condensador de VCM (entrada de ar NACA desativada) com uma operação estática de ventoinha de arrefecimento de solo;

10 A Figura 7 é um diagrama esquemático de uma modalidade do sistema sem o SHX sendo incorporado no duto de ar dinâmico;

A Figura 8 é um diagrama esquemático de uma modalidade do sistema tanto sem o SHX para o condensador de LHP quanto sem o SHX para o condensador de VCM; e

15 A Figura 9 é um diagrama esquemático de uma modalidade do sistema com um condensador de VCM sendo arrefecido por outros meios, tais como um combustível de bordo ou ar de cabine ambiente.

Descrição detalhada das figuras

20 Muitos dos detalhes, dimensões, ângulos e outros recursos mostrados nas Figuras do presente pedido de patente são meramente ilustrativos de configurações particulares da invenção. Em conformidade, outras configurações podem ter outros detalhes, dimensões, ângulos e recurso, sem que se distanciem do espírito ou escopo das presentes invenções.

25 Diversas modalidades de sistemas inovadores, bem como sua lógica de operação, são descritas abaixo no presente documento como soluções para operar a aeronave com menor consumo de combustível.

A arquitetura associada a uma configuração de um sistema de controle ambiental 10 é mostrada esquematicamente na Figura 1. Conforme mostrado, a arquitetura do sistema de controle ambiental 10 é constituída de múltiplos 30 subsistemas para dissipar a carga térmica do compartimento/alojamento para o ar

externo (dissipador de calor), nomeadamente o subsistema de LHP 12 que tem um evaporador de LHP 26 e um SHX de condensador de LHP 28 (consulte a explicação da Figura 2); o subsistema 14 que tem o SHX incorporado interno 30 associado ao circuito de ar dinâmico 20 (consulte a explicação da Figura 3 e das Figuras 4A a 4B); o subsistema de VCM 16 que tem um SHX de condensador de VCM 42 (consulte a explicação da Figura 5); e o subsistema 18 que tem um trocador de calor convencional compacto 40, condensador de VCM (consulte a explicação da Figura 6). Os subsistemas 14 e 18 dependem do ar dinâmico fornecido pelo circuito de ar dinâmico 20, enquanto o subsistema de LHP 12 é um sistema passivo e o subsistema de VCM 16 é um sistema ativo. Conforme será explicado em maiores detalhes abaixo, um controlador de bordo OBC é dotado de entradas ambientais (por exemplo, temperatura do ar externo, velocidade da aeronave e peso nas rodas) de modo a operar de maneira seletiva um ou mais dos subsistemas 12, 14, 16 e/ou 18 dependendo da fase de operação da aeronave (por exemplo, em voo ou no solo) e/ou a temperatura do ar do lado de fora da aeronave através do posicionamento seletivo do sistema válvula de controle CV.

O subsistema de LHP é mostrado em maiores detalhes na Figura 2. Conforme mostrado, o equipamento 22 instalado no compartimento/alojamento 24 dissipa sua carga térmica para um evaporador de LHP 26, através do ar ou outro meio de arrefecimento que circula no compartimento/alojamento 24 (por exemplo, através de ventoinhas de circulação (não mostradas)). O compartimento/alojamento 24 (representado pelo limite de linha dupla ao redor do equipamento 22 e do evaporador de LHP 26) pode ser um compartimento eletrônico, compartimento de galeão, compartimentos de animal vivo, bagagem, ou outros. O compartimento/alojamento 24 pode, ainda, ser apenas uma caixa eletrônica apropriadamente equipada com uma superfície ou fenda de placa fria, sendo o evaporador de LHP parte de tal placa fria. A válvula de controle CV para selecionar entre um dentre o condensador de LHP/evaporador de VCM 43 ou o condensador de LHP/SHX 28 pode não ser necessária, visto que em algumas configurações há uma possibilidade de que o evaporador de LHP 26 pode selecionar passivamente o condensador 28 ou 43 mais adequado (isto é, o condensador mais frio). Esse é o modo de operação para altas altitudes ou

durante uma operação de baixa altitude/dia frio no solo. Para essas condições operacionais de ar externo frio, o condensador de LHP/SHX 28 é frequentemente suficiente para dissipar a carga térmica do equipamento.

O modo de operação para o subsistema 14 representado pela Figura 3 é vantajoso quando ar externo está em temperaturas suficientemente baixas, variando de dias frios a dias de temperatura padrão. A remoção de calor do SHX provido de aletas incorporado 30 também funcionará, assim, no solo através do fluxo de ar da ventoinha de arrefecimento 32 dentro do duto 30-2 (veja a Figura 4) do circuito de ar dinâmico 20. A remoção de calor durante esse modo de operação (por exemplo, dias de temperatura padrão no solo) requereria, de outra maneira, uma operação de VCM ou a instalação de um trocador de calor compacto convencional na linha de ar dinâmico. Um condensador de VCM 40 (veja a Figura 5) poderia estar inativa (isto é, o compressor de VCM 41 está desligado) ou ativa em um modo de capacidade inferior. A ventoinha de arrefecimento de solo 32 pode ser ligada, e a porta controlada de entrada de ar NACA de área variável 30-3a pode estar completamente aberta, com base na temperatura do ar externo, na velocidade da aeronave e/ou no peso nas rodas. O uso do SHX provido de aletas incorporado 30 pode ser vantajoso em comparação com um trocador de calor compacto convencional pois é mais simples, de instalação e manutenção mais fáceis, e causa menos queda de pressão no circuito de ar dinâmico 20. Em condições de voo, é possível que a ventoinha de arrefecimento de solo 32 se torne uma restrição de fluxo de ar dinâmico. Quando pressão de ar dinâmico suficiente está disponível em voo, a ventoinha gira como um moinho de vento. Entretanto, o circuito de ar dinâmico 20 apresenta meios para diminuir a restrição de fluxo da ventoinha de arrefecimento de solo 32 em operação de voo, não mostrados nas Figuras (por exemplo: instalação de uma válvula de verificação de desvio de ventoinha que se abre durante voo).

As Figuras anexas 4A e 4B representam vistas planas superior e lateral, respectivamente, de um SHX provido de aletas 30, e incorporado de duto de ar dinâmico que pode ser usado no subsistema 14 mostrado na Figura 3. O SHX provido de aletas 30-1 é preferencialmente instalado na parede de duto de ar dinâmico 30-2, com as aletas (algumas das quais são identificadas na Figura 4B

como algarismo de referência 30-1a) orientadas voltadas para o lado interno da parede do duto 30-2 e orientadas ao longo da direção longitudinal do mesmo (isto é, na mesma direção do fluxo de ar dinâmico (seta A1)). O SHX 30-1 pode atuar como um condensador para o LHP. Alternativamente, o SHX 30-1 pode ser
5 fornecido sem aletas se as mesmas não são consideradas necessárias. Ar ambiente, movido pela ventoinha de arrefecimento de solo 32, é admitido através da entrada de ar dinâmico de duto NACA 30-3, passa através da superfície das aletas 30-1a (aletas simples/em tiras/do tipo veneziana ou outras variações) associadas ao SHX 30-1 e é descarregado (seta A2) da linha de ar dinâmico
10 através da saída 30-4 de modo a ser direcionado para o condensador de VCM 40 associado ao subsistema 16.

A Figura anexa 5 mostra um modo operacional do subsistema 16 quando o ar externo não suficientemente frio para operar o sistema 10 sob as configurações descritas e mostradas através do subsistemas 12 e 14
15 representados nas Figuras 2 e 3. No subsistema 16 da Figura 5, entretanto, o uso de ar dinâmico para arrefecer o condensador de VCM 40 a jusante do compressor de VCM 41 não é necessário, visto que o condensador de SHX 42 da VCM teria fluxo de ar suficiente para remoção de calor através de convecção de ar externo. Uma válvula controlada de duas vias 44 seleciona a operação do
20 condensador de SHX 42 da VCM através da linha 46 ou seleciona uma linha de desvio 48 (veja também a Figura 1). Conforme mostrado pelos X's na Figura 5, a ventoinha de arrefecimento de solo 32 é desligada, e a porta controlada de entrada NACA 30-3a é completamente fechada em resposta a um sinal emitido da lógica de controle com base na temperatura do ar externo, na velocidade da
25 aeronave e no peso nas rodas emitidos pelo controlador de bordo OBC (veja a Figura 1). Nenhum arrasto devido ao ar dinâmico é, assim, imposto na aeronave em tal configuração visto que a porta de entrada NACA 30-3a está completamente fechada. O subsistema de VCM 16 precisa ser operado, pois a
30 diferença de temperatura entre o equipamento e o ar externo (o dissipador de calor) é baixa ou até mesmo negativa (temperatura desejada do equipamento é menor que a temperatura do ar externo do dissipador de calor). O condensador de SHX 42 do subsistema de VCM 16 dissipa tanto a carga térmica do equipamento (por exemplo, o condensador de LCP /evaporador de VCM 43)

quanto a energia introduzida no sistema pelo compressor de VCM 41. Por essa razão, a temperatura de revestimento do SHX 42 é superior à temperatura do SHX 28 conforme descrito na Figura 2. Como tal, o SHX 42 requer menos área de superfície do que o SHX 28. O fluido de trabalho arrefecido pode então ser
5 retornado ao evaporador de LHP 26 através das linhas 56a e 52a.

A Figura anexa 6 representa um modo operacional para os dias mais quentes, no solo ou durante voo em baixas altitudes em ar externo relativamente morno. O subsistema de VCM 16 precisa ser ligado por meio do uso do circuito de ar dinâmico 20, para condições em voo, ou da ventoinha de arrefecimento de
10 solo 32, para operação no solo. Em tal condição, a válvula de duas vias 44 é comandada pelo controlador de bordo OCB para desviar o condensador de SHX 42 do subsistema de VCM (isto é, através da linha 48 conforme mostrado também na Figura 1). A ventoinha de arrefecimento de solo 32 pode então ser ligada, e a porta de controle 30-3a da entrada NACA 30-3 pode ser
15 completamente aberta, com base na temperatura do ar externo, na velocidade da aeronave e no peso nas rodas conforme comandado pelo controlador de bordo OCB.

O calor removido do compartimento/alojamento, através de ar ou outro meio de arrefecimento, ou até mesmo por meio do uso de uma placa fria ou
20 dispositivo semelhante, é retirado através do evaporador de LHP 26. Dentro do LHP 26, o fluido de trabalho é evaporado, absorvendo-se o calor do equipamento. O fluido de trabalho vaporizado em seguida flui em direção à válvula de controle do sistema CV através da linha 50. O controlador de bordo OCB pode, assim, comandar a válvula de controle CV para assumir uma das três condições
25 diferentes de modo que o fluido de trabalho vaporizado possa ser direcionado nas três rotas respectivas diferentes a seguir:

1. Para dias frios, no solo ou em voo (consulte a explicação da Figura 2), o fluido de trabalho vaporizado é direcionado ao SHX de condensador de LHP 28 através da linha 52 de modo que o calor possa ser dissipado para o ar frio
30 externo por convecção. O fluido de trabalho arrefecido é em seguida retornado para o evaporador de LHP 26 através da linha 52a. Esse SHX 28 pode ser um SHX simples de face externa ou um SHX provido de aletas conforme mostrado

nas Figuras 4A e 4B. Essa configuração não consome qualquer energia para operar (exceto energia para movimento de ar dentro do compartimento/alojamento 24, que sempre estaria presente), visto que o condensador de LHP é um dispositivo passivo.

5 2. Se operando quando ar externo está em temperaturas suficientemente baixas (variando de dias frios a dias padrões), no solo, outra configuração precisa ser usada, visto que a ausência de fluxo de ar induzido sobre o SHX de condensador de LHP 28 não permitirá que o mesmo seja usado. Nesse caso, a configuração descrita acima em relação à Figura 3 é usada. Para esse fim, a
10 válvula de controle CV aciona o fluido de trabalho de LHP na linha 50 em direção ao SHX provido de aletas incorporado 30 do duto de ar dinâmico através da linha 54. O fluido de trabalho arrefecido é em seguida retornado para o evaporador de LHP 26 através das linhas 54a e 52a. A remoção de calor desse SHX provido de aletas incorporado 30 depende do fluxo de ar fornecido pela ventoinha de
15 arrefecimento de solo 32 dentro do duto de ar dinâmico 32 (consulte as Figuras 4A e 4B). Durante esse modo de operação, o compressor de VCM 41 é desligado pelo controlador OBC. O controlador OBC também liga a ventoinha de
20 arrefecimento de solo 32, e abre completamente a porta de controle 30-3a associada à entrada de ar NACA de área variável 30-3, com base na temperatura do ar externo, na velocidade da aeronave e no peso nas rodas. O consumo de energia durante esse modo de operação é, portanto, atribuído apenas à operação da ventoinha de arrefecimento de solo 32.

3. A válvula de controle CV pode ser comandada a direcionar o fluido de trabalho de LHP na linha 50 em direção ao condensador de LHP/ evaporador de
25 VCM 43 através da linha 56 sob as seguintes condições:

a. Para dias quentes, com a aeronave voando a baixas altitudes, o ar externo não pode ser frio o suficiente para operar o sistema 10 sob as configurações dos subsistemas 12 e 14 conforme descrito em relação às Figuras 2 e 3, respectivamente. Como resultado, o subsistema de VCM 16 é então
30 requerido a ser operado pois a diferença de temperatura entre o equipamento 22 no alojamento 24 e o ar externo (o dissipador de calor) é baixa ou até mesmo negativa (por exemplo, temperatura desejada do equipamento inferior à

temperatura do ar externo do dissipador de calor disponível). Entretanto, o uso de ar dinâmico para arrefecer o condensador de VCM 40 não é necessário, visto que o condensador de SHX 42 do subsistema de VCM 16 teria capacidade de remoção de calor suficiente fornecida através de convecção do ar externo (veja a
 5 Figura 5). O controlador de bordo OBC, assim, desliga a ventoinha de arrefecimento de solo 32, e fecha completamente a porta de controle de entrada 30-3a da entrada NACA 30-3 seguindo uma lógica de controle com base na temperatura do ar externo, na velocidade da aeronave e no peso nas rodas; ou

b. Para os dias mais quentes, o ar externo não é frio o suficiente para que
 10 o calor seja dissipado através do condensador de SHX 42 do subsistema de VCM 16 para operação de aeronave no solo, e para operação em voo a baixas altitudes (por exemplo, com temperaturas ar externo mornas). Sob tais condições, o controlador de bordo OCB opera a válvula de controle 44 de modo a desviar o condensador de SHX 42 do subsistema de VCM 16 e o condensador de VCM 40
 15 usa ar dinâmico, para operação em voo através do subsistema de ar dinâmico 20, ou a ventoinha de arrefecimento de solo 32 do subsistema de ar dinâmico 20, para operação no solo. Para operação no solo, a ventoinha de arrefecimento de solo 32 é ligada, e a porta controlada de entrada NACA 30-3a é completamente aberta. Para operação em voo, a ventoinha de arrefecimento de solo 32 é
 20 desligada e a entrada NACA 30-3 e seu ar dinâmico associado fornecem ar externo para arrefecer o condensador de VCM 40.

A Tabela 1 abaixo apresenta um resumo dos modos operacionais discutidos acima.

25 Tabela 1 - Modos de operação previstos em função de: temperatura ambiente, operação no solo versus operação em voo e alta altitude versus baixa altitude

Solo	Voo	
	Baixa altitude	Alta altitude

Dia frio	LHP que usa SHX como um condensador; consumo zero (Figura 2)	LHP que usa SHX como um condensador; consumo zero (Figura 2)	LHP que usa SHX como um condensador; consumo zero (Figura 2)
Dia padrão	LHP que usa SXH internamente incorporado em um duto, arrefecido por uma ventoinha de arrefecimento de solo; consumo de uma ventoinha de arrefecimento de solo (Figura 3)	LHP que usa SXH internamente incorporado em um duto, arrefecido por uma ventoinha de arrefecimento de solo; consumo de uma ventoinha de arrefecimento de solo (Figura 3)	
Dia quente	LHP que usa VCM, com o condensador de VCM sendo arrefecido pela ventoinha de arrefecimento de solo; consumo tanto do compressor de VCM	LHP que usa VCM, com o condensador de VCM sendo arrefecido pelo condensador de SHX da VCM; consumo do compressor de VCM (Figura 5)	
Dia muito quente	quanto da ventoinha de arrefecimento de solo (Figura 6)	LHP que usa VCM, com o condensador de VCM sendo arrefecido por ar dinâmico/NACA; consumo do compressor de VCM (Figura 6)	

Outras configurações com base nas arquiteturas do sistema descrito acima são mostradas através das Figuras 7, 8 e 9. Conforme mostrado na Figura 7, por

exemplo, o sistema 70 é semelhante ao sistema 10 descrito anteriormente em conexão com a Figura 1, mas omite a linha 54, o SHX incorporado interno provido de aletas 30 e a ventoinha de arrefecimento 32 associada ao circuito de ar dinâmico 20. Assim, na configuração da Figura 7, a válvula de controle CV é fornecida de modo a direcionar o fluido de trabalho na linha 50 para o condensador de LHP 43 ou o SHX de condensador de LHP 28.

O sistema 80 mostrado na Figura 8 é semelhante à configuração mostrada na Figura 7, mas omite o SHX de condensador de LHP 28 e o SHX de condensador de VCM 42. Como tal, a válvula de controle CV e a válvula de desvio 44 são desnecessárias na configuração da Figura 8.

O sistema 90 mostrado na Figura 9 é semelhante ao sistema representado na Figura 1, mas omite o subsistema 14 conforme descrito acima em relação à Figura 3. Ou seja, o sistema 90 da Figura 9 não inclui o SHX incorporado interno provido de aletas 30 ou a linha 54. Consequentemente, a válvula de controle CV no sistema 90 precisa apenas direcionar o fluido de troca de calor de trabalho no subsistema de LHP 12 para o condensador de LHP 43 ou o SHX de condensador de LHP 28. O subsistema de VCM do sistema 90 inclui um trocador de calor de condensador de VCM que opera em relacionamento de troca de calor com um subsistema de fluido de bordo 20-1 (tal como combustível de bordo e/ou ar de cabine) a jusante de um condensador de VCM 40 que opera em relacionamento de troca de calor com o circuito de ar dinâmico 20. Uma válvula controlada de duas vias 44 seleciona a operação do condensador de VCM 42 através da linha 46 (consulte a Figura 9) ou seleciona uma linha de desvio 48 (consulte também a Figura 9).

Embora a invenção tenha sido descrita em conexão com o que é atualmente considerado a modalidade mais prática e preferencial, deve-se entender que a invenção não deve ser limitada à modalidade revelada, mas, pelo contrário, destina-se a cobrir várias modificações e disposições equivalentes incluídas no espírito e escopo da mesma.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de controle ambiental para controlar a temperatura ambiental de um espaço fechado caracterizado pelo fato de que compreende:

um subsistema de troca de calor de mudança de fase passivo que tem um circuito de fluido de troca de calor em laço fechado em relacionamento de troca de calor com o espaço fechado para fornecer controle de temperatura ambiental no mesmo;

um segundo subsistema de ar dinâmico que tem um circuito de ar para circulação de ar de arrefecimento; e

um terceiro subsistema de máquina de ciclo de compressão em laço fechado de vapor (VCM) que tem um circuito de fluido de VCM que compreende um compressor, um evaporador, um condensador e uma válvula de expansão, em que

o evaporador do subsistema de VCM está em relacionamento operativo de troca de calor com o circuito de fluido de troca de calor do subsistema de troca de calor passivo, e em que

o condensador do subsistema de VCM está em relacionamento operativo de troca de calor com o circuito de ar do subsistema de ar dinâmico.

2. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o subsistema de troca de calor passivo compreende um condensador primário em relacionamento operativo de troca de calor com o evaporador de VCM do subsistema de VCM.

3. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o subsistema de troca de calor passivo compreende um condensador de troca de calor de revestimento (SHX) secundário, e uma válvula de controle para direcionar o fluido de trabalho para o condensador primário ou para o condensador de SHX secundário.

4. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o circuito de ar do subsistema de ar dinâmico inclui um duto de ar que tem um entrada e uma porta de controle de entrada para

controlar o fluxo de ar para o interior do duto, e uma ventoinha de arrefecimento para conduzir ar para a entrada e através do duto.

5. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o subsistema de ar dinâmico compreende um trocador de calor de revestimento incorporado (SHX) em relacionamento operativo de troca de calor com o fluxo de ar no duto.

6. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que

o subsistema de troca de calor passivo compreende um condensador primário em relacionamento operativo de troca de calor com o evaporador de VCM do subsistema de VCM, e um condensador de troca de calor de revestimento (SHX), e em que

o sistema compreende, adicionalmente, uma válvula de controle para direcionar o fluido de trabalho para o condensador primário do subsistema de troca de calor passivo, o condensador de SHX secundário do subsistema de troca de calor passivo ou o trocador de calor de revestimento SHX incorporado do subsistema de ar dinâmico.

7. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o subsistema de VCM inclui, adicionalmente um condensador de troca de calor de revestimento (SHX) de VCM a jusante do condensador de VCM.

8. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o condensador de SXH de VCM está em relacionamento de troca de calor operativo com um fluido de bordo.

9. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o fluido de bordo é combustível de bordo ou ar de cabine.

10. Sistema de controle ambiental, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o subsistema de VCM inclui uma válvula de desvio para direcionar o circuito de fluido de VCM para ou desviar o circuito de fluido de VCM ao redor do SHX de condensador de VCM.

11. Aeronave caracterizada pelo fato de que compreende um sistema de controle ambiental conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 10.

12. Método para controlar a temperatura ambiental de um espaço
5 fechado caracterizado pelo fato de que compreende:

(a) controlar a temperatura ambiental no espaço fechado através da circulação de um fluido de troca de calor de trabalho em um subsistema de troca de calor passivo que tem um circuito de fluido de troca de calor em laço fechado em relacionamento de troca de calor com o espaço fechado; e

10 (b) integrar a troca de calor do fluido de trabalho do subsistema de troca de calor passivo a (1) um circuito de ar de um subsistema de ar dinâmico e (2) um circuito de fluido de máquina de compressão de vapor (VCM) de um subsistema de VCM através do:

15 (i) estabelecimento de um relacionamento de troca de calor entre o circuito de fluido de troca de calor de trabalho do subsistema de troca de calor passivo e um evaporador do subsistema de VCM; e

(ii) estabelecimento de um relacionamento de troca de calor entre o circuito de ar do subsistema de ar dinâmico e um condensador do subsistema de VCM.

20 13. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a etapa (b)(i) compreende dotar o subsistema de troca de calor passivo de um condensador primário e estabelecer um relacionamento de troca de calor entre o condensador primário e o evaporador de VCM do subsistema de VCM.

25 14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, dotar o subsistema de troca de calor passivo de um condensador de troca de calor de revestimento (SHX) secundário, e direcionar de maneira controlada o fluido de troca de calor de trabalho para o condensador primário ou o condensador de SHX secundário.

30 15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, dotar o circuito de ar de um duto de ar

que tem uma entrada e uma porta de controle de entrada para controlar o fluxo de ar para o interior do duto, e uma ventoinha de arrefecimento para conduzir ar para a entrada e através do duto.

5 16. Método, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, dotar o subsistema de ar dinâmico de um dispositivo trocador de calor de revestimento incorporado (SHX) e estabelecer um relacionamento operativo de troca de calor entre o dispositivo SHX incorporado e o fluxo de ar no duto.

10 17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, direcionar de maneira controlada o fluido de troca de calor de trabalho no subsistema de troca de calor passivo para o condensador primário do subsistema de troca de calor passivo, o condensador de SHX secundário do subsistema de troca de calor passivo ou o dispositivo SHX incorporado do subsistema de ar dinâmico.

15 18. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, dotar o subsistema de VCM de um condensador de troca de calor de revestimento (SHX) de VCM a jusante de um condensador de VCM.

20 19. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, estabelecer um relacionamento de troca de calor entre o condensador de SXH de VCM e um fluido de bordo.

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o fluido de bordo é um combustível de bordo ou ar de cabine.

25 21. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, permitir que o circuito de fluido de VCM desvie o condensador de SXH de VCM em resposta a uma condição ambiental predeterminada.

30 22. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, utilizar calor liberado do SHX de condensador de VCM como proteção contra chuva e gelo de uma superfície externa que contém o SHX.

23. Método, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que compreende, adicionalmente, utilizar calor liberado do condensador de SHX secundário do subsistema de troca de calor passivo como proteção contra chuva e gelo de uma superfície externa que contém o SHX.

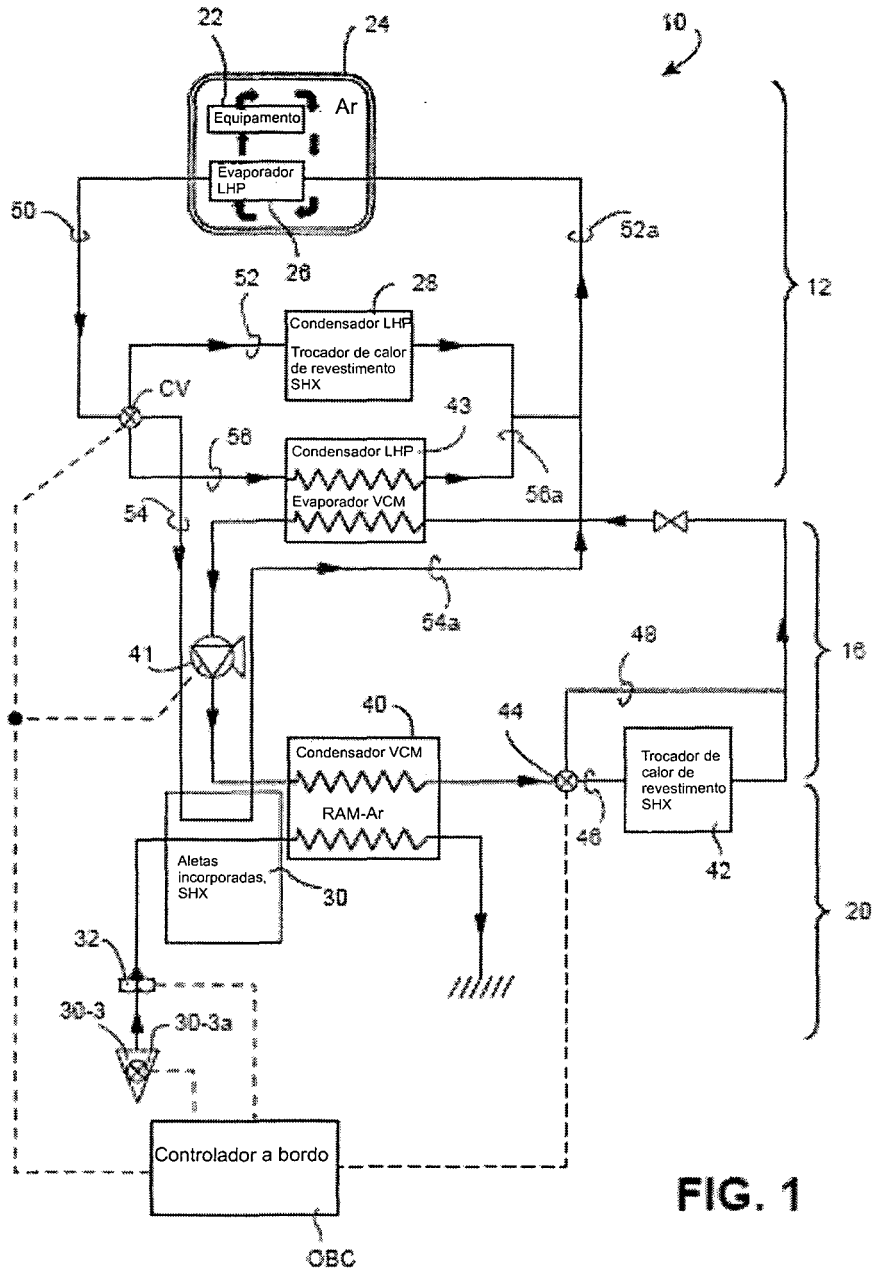


FIG. 1

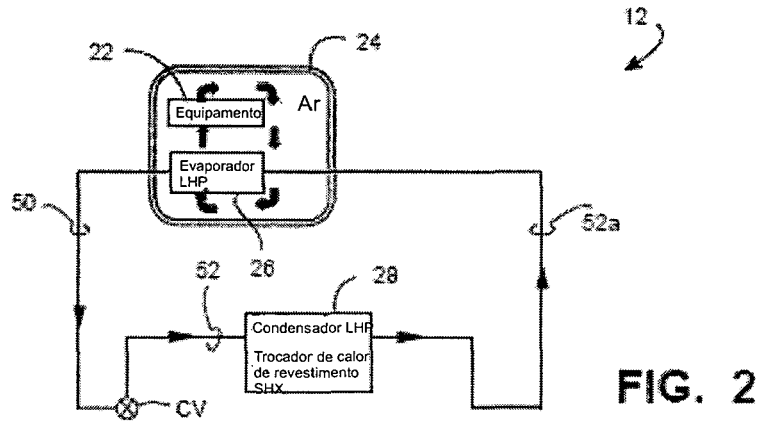


FIG. 2

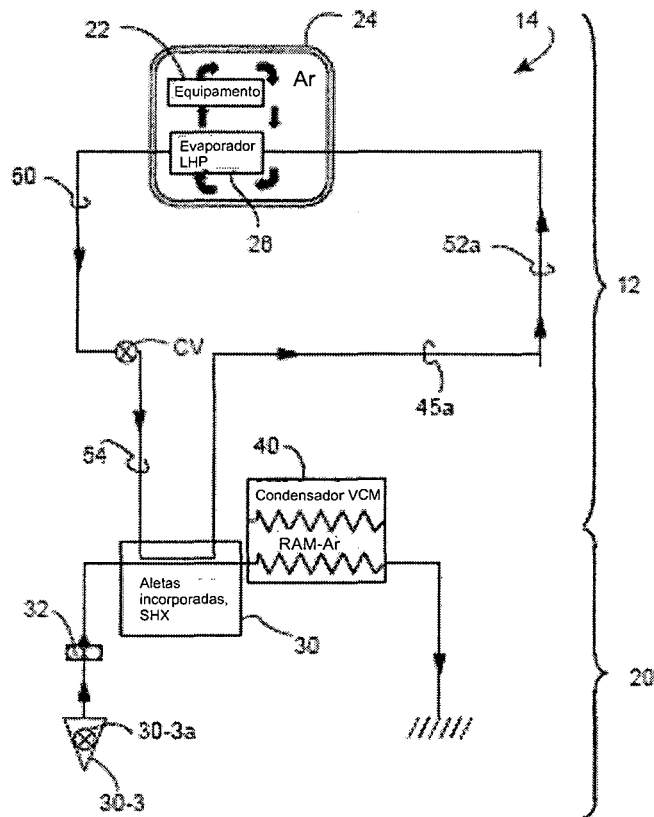


FIG. 3

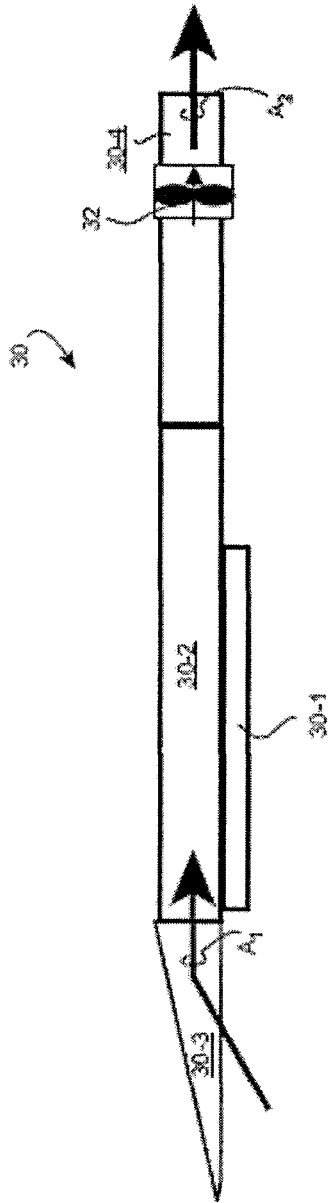


FIG. 4A

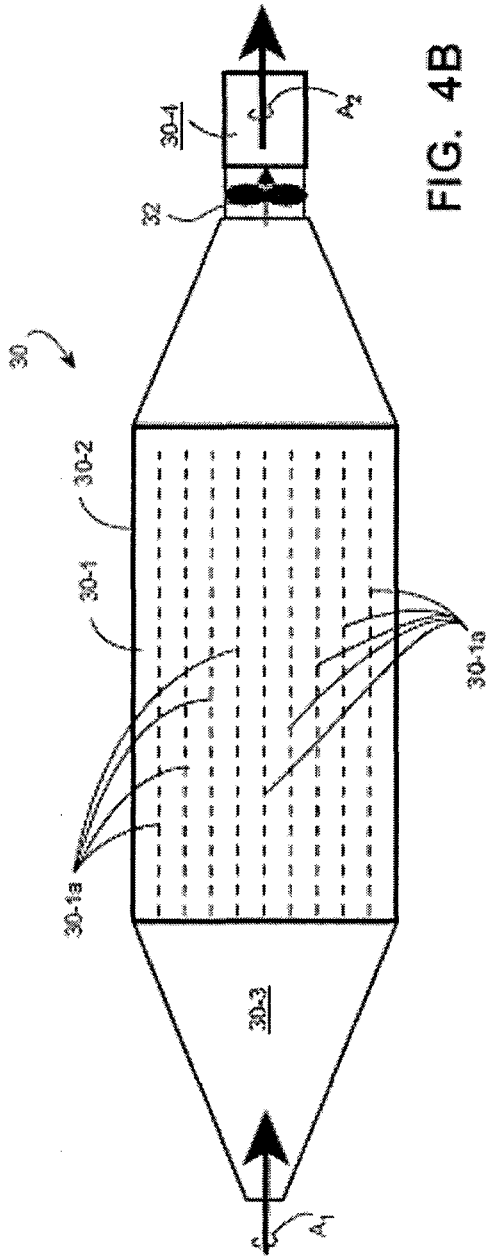


FIG. 4B

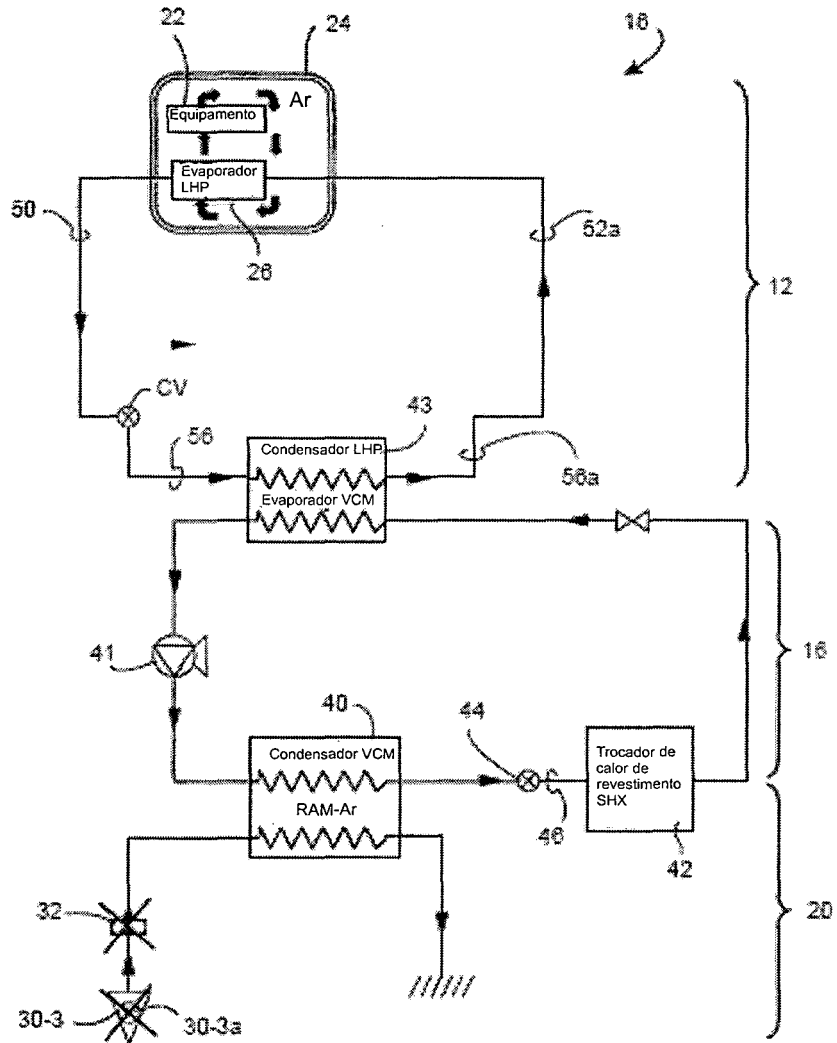


FIG. 5

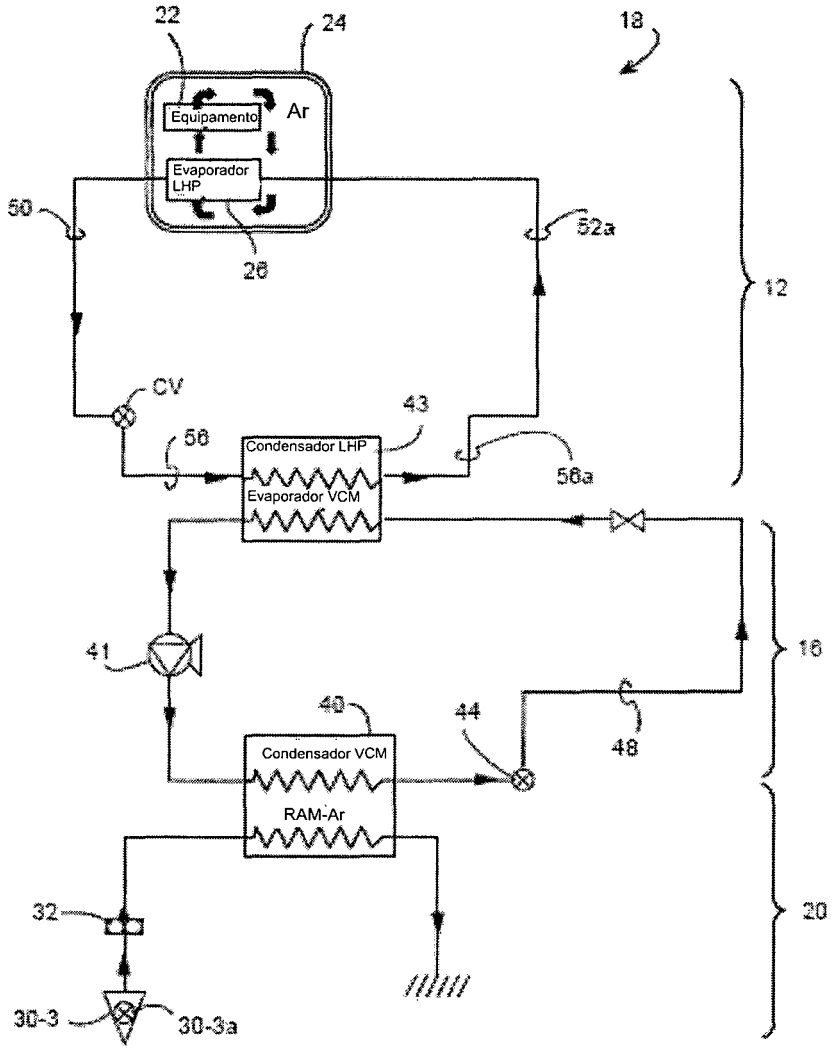


FIG. 6

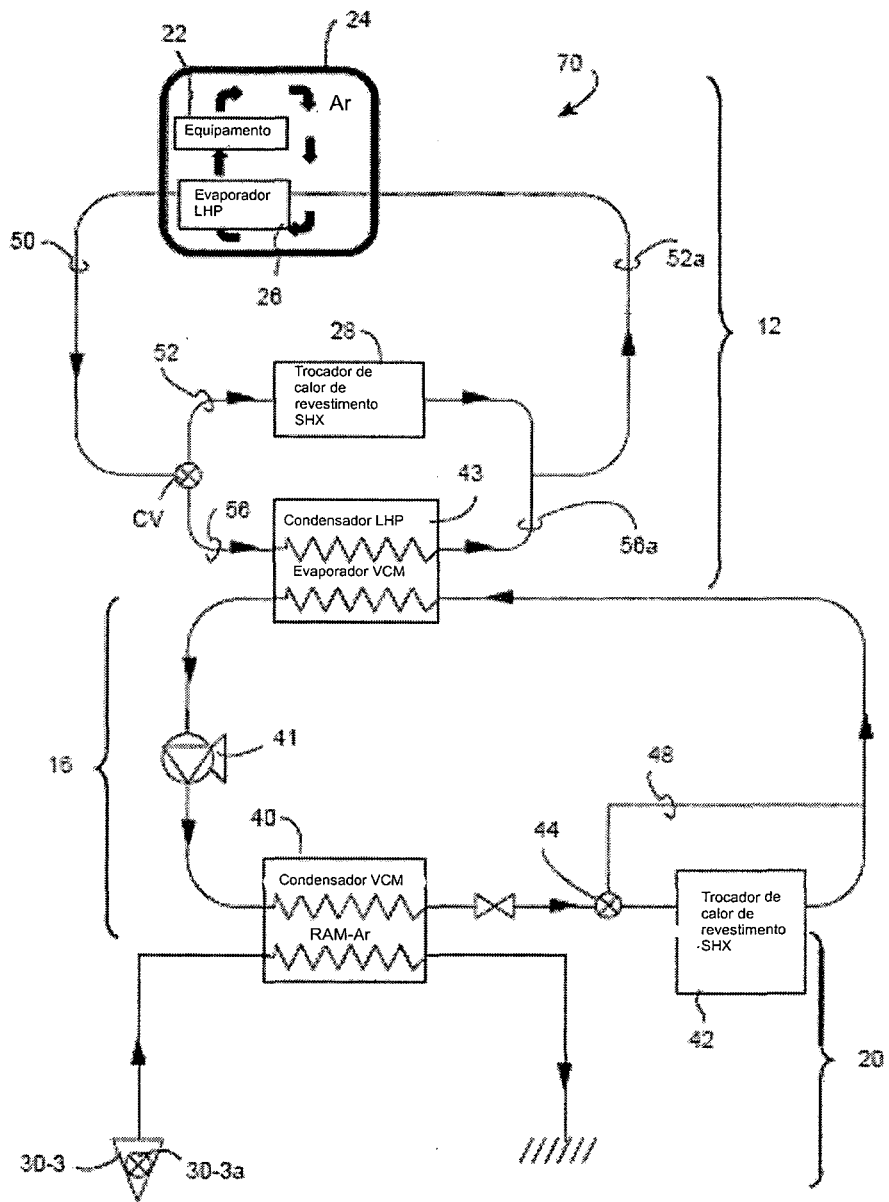


FIG. 7

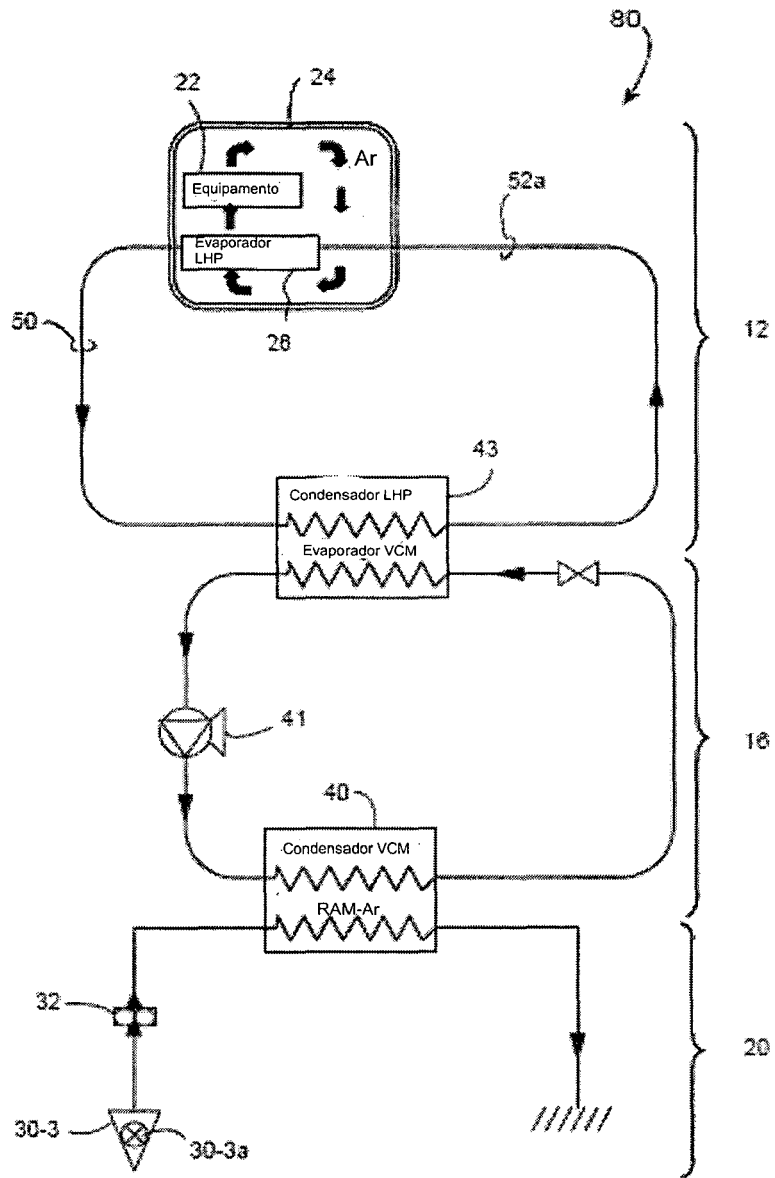


FIG. 8

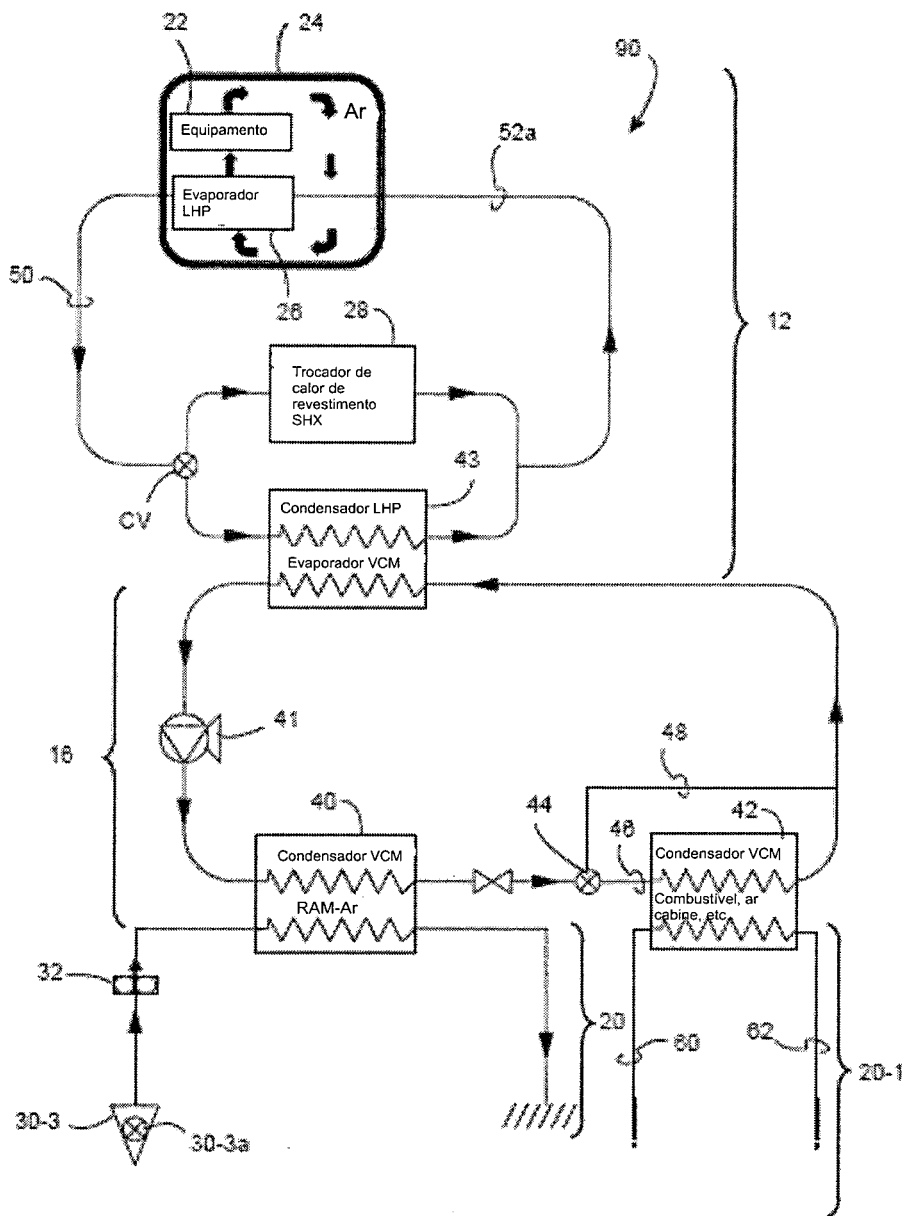


FIG. 9

RESUMO

Patente de invenção para **“SISTEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL INTEGRADOS E MÉTODOS PARA CONTROLAR A TEMPERATURA AMBIENTAL DE UM ESPAÇO FECHADO”**

- 5 Descreve-se um sistemas de controle ambiental e métodos para controlar a temperatura ambiental de um espaço fechado através da integração de um subsistema de troca de calor passivo (por exemplo, um subsistema de troca de calor por tubo de calor em laço (LHP)) que tem um circuito de fluido de troca de calor em laço fechado em relacionamento de troca de calor com o espaço
- 10 fechado para fornecer controle de temperatura ambiental no mesmo, um subsistema de ar dinâmico que tem um circuito de ar dinâmico para circular ar de arrefecimento dinâmico, e um subsistema de máquina de ciclo de compressão de vapor (VCM) que tem um circuito de fluido de VCM que tem um compressor, um evaporador, um condensador e uma válvula de expansão.