

# Sistemas terminais – Novo impulso para a IEQ!

## Como os sistemas terminais podem ser projetados para a IEQ

Nos últimos anos, a qualidade ambiental interna predominou nas considerações e discussões sobre HVAC. Nas décadas anteriores à pandemia da COVID-19, o conforto e a eficiência energética pareciam esconder a qualidade do ambiente interno. No entanto, daqui para frente, todos os elementos da qualidade ambiental interna provavelmente permanecerão importantes, juntamente com a eficiência energética. Ao mesmo tempo, os sistemas terminais acoplados a um sistema de ventilação separado estão crescendo em popularidade, e os edifícios projetados dessa maneira oferecem algumas oportunidades e desafios únicos para a qualidade ambiental interna.

### Qualidade Ambiental Interna

A qualidade do ar interno (QAI – Qualidade do Ar Interno) concentra-se na limpeza do ar, mas a QAI é apenas um elemento da qualidade ambiental interna (Indoor Environmental Quality – IEQ). A IEQ inclui qualidade do ar interno, conforto térmico, iluminação e acústica. Todos os quatro elementos são importantes para garantir que os ocupantes tenham um espaço satisfatório (Figura 1).

Com relação a esses elementos individuais da IEQ, os sistemas terminais apresentam novas oportunidades e desafios. O foco deste BE é a qualidade do ar, enquanto aborda brevemente dois dos outros três elementos importantes para o projeto do sistema HVAC: conforto térmico e acústica.

Ao avaliar a qualidade do ar de ambientes fechados, é fundamental entender o que deve ser removido do ar. A Norma ASHRAE® 62.1 “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality” (Ventilação para qualidade aceitável do ar de espaços fechados) requer estudos regionais e locais de qualidade do ar para identificar quais contaminantes estão presentes no ar do ambiente externo. Da mesma forma, é importante entender quais contaminantes podem ser gerados no espaço ocupado.

Conhecer esses contaminantes permite que o projetista tome decisões com base em informações sobre a limpeza do ar. Consulte a barra lateral Tecnologias comuns de limpeza do ar na página 3 para uma discussão sobre várias tecnologias e seus recursos.

Figura 1. Elementos de espaços saudáveis



## Sistemas terminais

Um sistema terminal típico inclui uma unidade terminal dedicada para cada zona que é projetada para fornecer aquecimento e resfriamento a fim de manter a temperatura desejada da zona.

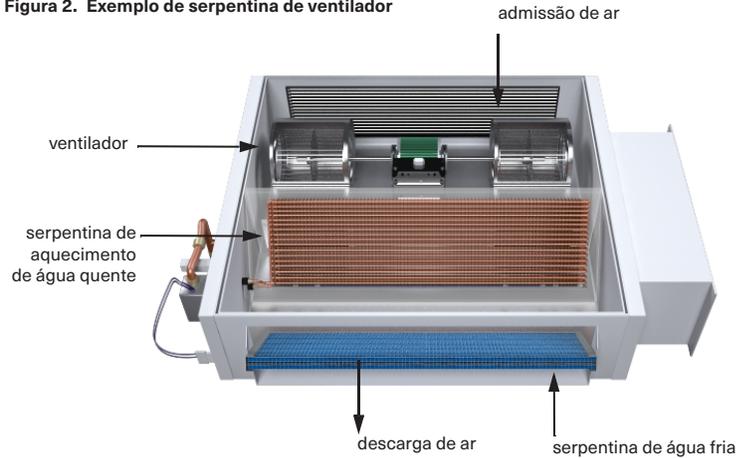
A instalação da unidade terminal pode ser junto à parede, suspensa no teto, no plenum do teto acima do espaço ocupado ou próxima ao espaço ocupado em um armário ou vão vertical. O sistema terminal é projetado para compensar a maioria das cargas do espaço, como cargas do envelope da construção e cargas internas de pessoas, iluminação e equipamentos.

Os sistemas terminais podem empregar água gelada e água quente para resfriamento e aquecimento, respectivamente. Exemplos de sistemas terminais hidráulicos incluem fan-coils, ventiladores de unidades de sala de aula, unidades terminais de resfriamento sensível e vigas frias. Como alternativa, alguns sistemas terminais usam um sistema de refrigeração mecânica para resfriar e aquecer. Os exemplos incluem aparelhos de ar-condicionado terminais integrados, bombas de calor de fonte de água e sistemas de fluxo variável de refrigerante.

A maioria das unidades terminais inclui um ventilador, que é usado para movimentar o ar através de uma serpentina de resfriamento e aquecimento. Por exemplo, considere uma unidade fan-coil, como a mostrada na Figura 2. O ar de retorno da zona é puxado para a entrada do fan-coil, ou através do plenum de ar de retorno, ou através de uma pequena secção do duto de retorno. O ar passa por um filtro, um ventilador e pelo menos uma serpentina. O ar condicionado é, então, descarregado diretamente na zona ou através de dutos e difusores de ar de alimentação. Algumas unidades terminais têm uma única serpentina que pode aquecer ou resfriar, em vez de duas serpentinas separadas. Outros incluem um elemento de aquecimento elétrico em vez de água quente. Frequentemente, as unidades terminais não circulam o ar entre as diferentes zonas, o que pode servir para fornecer algum isolamento entre as várias zonas.

É comum que o ar externo para ventilação seja condicionado e fornecido por um sistema separado, o que será discutido posteriormente. As unidades terminais são dimensionadas para compensar a maioria das cargas de zona, mas não a carga de ventilação quando um sistema de ventilação separado é projetado para condicionar o espaço externo. Em alguns casos, o sistema terminal pode ser usado para fornecer ar externo às zonas.

Figura 2. Exemplo de serpentina de ventilador



Nestes casos, o ar exterior não condicionado ou parcialmente condicionado é aspirado para a unidade terminal e misturado com o ar recirculado. A localização do filtro a montante das serpentinas ajuda a garantir que os trocadores de calor permaneçam relativamente limpos, o que permite uma melhor eficiência na transferência de calor.

## Qualidade do ar interno do sistema terminal

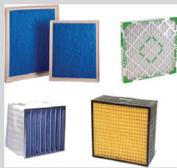
Em sistemas terminais, a temperatura da zona individual é controlada por sua respectiva unidade terminal. Cada unidade terminal pode ser equipada com um filtro e, às vezes, um dispositivo adicional de purificação do ar. As unidades terminais podem ter ventiladores de velocidade constante ou variável. O primeiro frequentemente modula a temperatura do ar de saída durante períodos de carga reduzida para manter a temperatura da zona enquanto mantém o fluxo de ar constante. O controle do ventilador de velocidade variável reduz a quantidade de ar que passa pelo terminal, enquanto controla a temperatura do ar de descarga para manter a temperatura da zona.

A maioria dos sistemas terminais passa o ar de retorno recirculado através de um filtro de partículas para remover o material particulado transportado pelo ar. O filtro geralmente está localizado a montante de qualquer serpentina. Na verdade, a Norma ASHRAE® 62.1-2019 requer um filtro MERV 8 ou mais adequada a montante de qualquer superfície molhada, incluindo serpentinas que produzem condensado devido à desumidificação. Esse requisito do MERV 8 geralmente é atendido com filtros descartáveis ou plissados. Os fabricantes podem oferecer

filtros com classificação MERV mais alta para aumentar a captura de partículas em algumas unidades terminais, mas isso nem sempre é uma opção. Pode ser difícil cumprir a recomendação ASHRAE® de MERV 13 ou mais adequada para vírus aderidos, como o vírus que causa a COVID-19.

## OPERAÇÃO DO VENTILADOR DO SISTEMA TERMINAL

As unidades terminais de velocidade variável economizam energia ao reduzir a velocidade do ventilador; no entanto, como consequência indesejada, a quantidade de ar que passa por um dispositivo de limpeza de ar da unidade terminal também fica reduzida. Conforme a velocidade do ventilador diminui para reduzir o volume de ar condicionado fornecido ao ambiente, a quantidade de ar recirculado que passa pelo filtro da unidade diminui. Os projetistas podem procurar fornecer um novo conjunto de modos de operação projetados especificamente para tempos de redução da qualidade do ar interno ou aumento das cargas virais — alguns usaram a frase "condições epidêmicas no local" (ECIP) para descrever o último modo. Por exemplo, o modo ECIP pode ser usado para desabilitar a ventilação controlada por demanda. Se a unidade estiver equipada com reaquecimento, a taxa de fluxo de ar do modo de resfriamento pode ser mantida alta enquanto o reaquecimento é usado para garantir que o espaço não seja super-resfriado. Como resultado, isso mantém a taxa de fluxo de ar mais alta através do filtro, ajudando a garantir que mais ar do ambiente seja limpo. Para um novo projeto de sistema, uma alternativa melhor seria usar um sistema que possa escalonar ou modular a capacidade de resfriamento quando o ventilador estiver funcionando em uma velocidade mais alta.



### Filtragem

Os filtros são usados para capturar o material particulado transportado pelo fluxo de ar que passa por ele. Muitas vezes, os filtros são usados a montante das serpentinas e outros componentes HVAC para mantê-los limpos, o que ajuda a manter o desempenho da transferência de calor. Há uma variedade de opções de filtragem de ar disponíveis, desde filtros de painel até filtros de cartucho de alto desempenho. Painéis menores e filtros plissados são comumente usados em unidades terminais. Não importa

o tipo, o filtro adiciona uma queda de pressão de ar ao sistema que deve ser superada pelo ventilador de alimentação. O filtro deve ser instalado de forma a garantir uma vedação adequada, evitando que o ar passe ao seu redor.

A eficácia do filtro de partículas é expressa usando um valor de relatório de eficiência mínima (MERV) após ser testado conforme a Norma ASHRAE® 52.2. Usando a classificação MERV, os profissionais podem entender com que eficiência um filtro remove partículas de vários tamanhos de 0,3 a 1,0 microm. A escala MERV vai de 1 a 16, com números maiores indicando uma melhor capacidade de remover partículas menores. Embora não estejam frequentemente disponíveis em um sistema terminal, vale a pena mencionar que os filtros de ar particulado de alta eficiência (HEPA) e ar particulado ultrafino (ULPA) fornecem melhor captura de particulados além do MERV 16.

Filtros com classificações MERV mais altas fornecem melhor captura de organismos microbiológicos, como vírus e bactérias ligados a partículas. No momento desta publicação, a ASHRAE® recomenda filtragem classe MERV 13 ou mais adequada para vírus aderidos, incluindo o vírus que causa COVID-19.

Os filtros só são eficazes quando o ar passa por eles. Menos ar é filtrado quando a unidade terminal está operando em velocidade reduzida ou está desligada. Os filtros não têm efeito sobre compostos orgânicos voláteis (VOCs), como odores e gases. Os sistemas de filtro devem ser mantidos com substituição periódica.

(Fotos de filtros cortesia da Parker Hannifin Corporation.)



### Ionização bipolar

Dispositivos de ionização bipolar usam eletricidade para criar um campo de plasma local que atinge de 91,4 a 152,4 cm (3 a 5 pés) e tem fortes interações eletrostáticas. Quando o ar de alimentação passa pelo dispositivo, os átomos ou moléculas adquirem uma carga elétrica, um processo chamado de ionização.

Os fabricantes afirmam que partículas de poeira com cargas opostas se unem para formar partículas maiores, um processo chamado aglomeração. Como resultado, as partículas maiores são mais fáceis de capturar em filtros ou cair do ar.

Alguns dispositivos, principalmente modelos mais antigos, têm o potencial de criar ozônio, que é amplamente aceito como prejudicial aos seres humanos. A Norma ASHRAE® 62.1-2019 agora exige que os dispositivos de limpeza de ar estejam em conformidade com a UL 2998, que limita a produção de ozônio a menos de 5 partes por bilhão.

Dispositivos de ionização bipolar podem ser instalados em uma variedade de unidades, incluindo sistemas de ventilação, unidades terminais, dutos e no espaço ocupado.

Os fabricantes de unidades afirmam que a tecnologia aumenta a eficácia dos filtros com classificação MERV inferior devido à aglomeração. Eles também alegam mitigação eficaz de patógenos transmitidos pelo ar para certos vírus e bactérias. A tecnologia normalmente tem uma queda de pressão de ar muito baixa, o que significa que há pouco impacto na operação do ventilador da unidade.

A Trane® observou eficácia viral e bacteriana com dispositivos de ionização bipolar em conformidade com a UL 867. No mesmo teste, a Trane não conseguiu verificar a eficácia da desinfecção de superfícies e a redução de VOC. As unidades requerem manutenção para manter os componentes que produzem íons.



### Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio líquido é comumente usado como antisséptico. Algumas tecnologias vaporizam peróxido de hidrogênio líquido e desinfetam um recinto desocupado, enquanto outras tecnologias produzem peróxido de hidrogênio em dosagens inferiores aos limites de segurança da Agência de Proteção Ambiental (EPA). Essas outras tecnologias produzem peróxido de hidrogênio "seco" no ar sem vaporizar uma solução concentrada. Frequentemente, uma reação fotocatalítica é usada para separar átomos de hidrogênio e oxigênio de moléculas

de água na corrente de ar que passa por um dispositivo para criar peróxido de hidrogênio gasoso. As moléculas de peróxido de hidrogênio oxidam a membrana celular de um micróbio e interrompem sua estrutura química para inativar o patógeno. Os dispositivos podem ser instalados com um filtro para garantir que o catalisador permaneça limpo. A tecnologia em si tem uma queda de pressão de ar baixa, porém ela aumenta quando é usado um filtro a montante.

Os fabricantes afirmam que o peróxido de hidrogênio seco é eficaz contra organismos microbiológicos transmitidos pelo ar e pela superfície. Eles também afirmam que a tecnologia é eficaz na redução de VOCs e odores. Os dispositivos podem ser instalados em vários locais, incluindo equipamentos internos, dutos internos ou autônomos. Os dispositivos devem ser instalados o mais próximo possível do espaço ocupado para garantir que a maior quantidade de peróxido de hidrogênio seco chegue à zona. As unidades autônomas podem operar continuamente e independentemente dos sistemas HVAC.

Os sistemas de peróxido de hidrogênio seco não reduzem o material particulado, portanto, podem ser combinados com filtros. Os sistemas requerem manutenção periódica para substituir o sistema fotocatalítico e quaisquer filtros da unidade.



### Oxidação fotocatalítica

A oxidação fotocatalítica (PCO) usa uma lâmpada ultravioleta para brilhar na superfície de um catalisador para criar radicais hidroxila altamente reativos. A membrana ou parede celular de um organismo microbiológico é destruída ao entrar em contato com o radical hidroxila — um processo chamado lise.

A tecnologia é frequentemente aplicada com um pré-filtro para manter o catalisador limpo. Se instalada imediatamente a jusante de uma serpentina de resfriamento, a lâmpada ultravioleta do sistema também irradia a serpentina e o recipiente de drenagem. A tecnologia em si tem uma queda de pressão de ar baixa, porém ela aumenta quando é usado um filtro a montante. Os sistemas de oxidação fotocatalítica podem ser instalados de várias maneiras, como dentro de equipamentos de tratamento de ar, em sistemas de dutos e de forma autônoma.

Os fabricantes afirmam que a tecnologia pode inativar organismos microbiológicos e, quando combinada com um pré-filtro, melhora sua capacidade de capturar e inativar organismos. A oxidação fotocatalítica pode ser usada para reduzir VOCs e odores.

Deve-se ter cuidado para garantir que as pessoas e alguns materiais não sejam expostos à radiação ultravioleta, um tipo de energia radiante. Alguns materiais se degradam quando expostos e a energia pode danificar a pele e os olhos humanos. O sistema requer experiência em design para dimensionamento e especificação. Como resultado, ela está geralmente disponível nos fabricantes de equipamentos como uma opção projetada e instalada na fábrica. As unidades requerem substituição periódica do filtro e as lâmpadas ultravioleta devem ser mantidas. Por fim, o catalisador pode exigir substituição periódica.



### Irradiação germicida ultravioleta (UVGI)

A irradiação germicida ultravioleta, às vezes abreviada como UV, GUV ou UVGI, é usada para produzir uma reação química em várias das tecnologias anteriores, mas também tem um efeito germicida, o que permite que seja usada isoladamente. A tecnologia tem sido usada em sistemas HVAC e médicos há décadas. As instalações incluem equipamentos HVAC internos, em dutos ou como equipamentos independentes e separados.

Os dispositivos UVGI emitem energia que danifica o DNA e o RNA das células, impedindo a replicação do organismo. Hoje, uma combinação de vapor de mercúrio e luminárias LED é usada para produzir a energia.

Dentro do equipamento HVAC, luminárias UVGI podem ser instaladas a jusante da serpentina de resfriamento para limpeza do fluxo de ar. Ou podem ser instaladas em um sistema de dutos para tratar o ar que passa. Além disso, existem algumas aplicações em que a UVGI é aplicada no espaço ocupado. Uma variante irradia superfícies e o ar apenas quando o espaço está desocupado. Outra variante, chamada de sistema de ar superior, irradia o ar acima do nível da cabeça no espaço, durante os períodos de ocupação e desocupação.

A dosagem de UVGI é igual à irradiância média multiplicada pelo tempo. A dosagem necessária para inativar organismos microbiológicos varia conforme a espécie e o tipo. A irradiância média é frequentemente expressa em microwatts por centímetro quadrado e o tempo de exposição é expresso em segundos. Em uma aplicação em que o organismo microbiológico está na corrente de ar, passando pela lâmpada UVGI, presume-se que a dosagem é em passagem única, inativando-o, portanto, ao final da passagem. Conforme a distância entre o dispositivo e a superfície ou corrente de ar aumenta, a dosagem diminui. Como resultado, as aplicações "fly-by" de passagem única destinadas a tratar o fluxo de ar requerem uma grande quantidade de dosagem de UVGI em comparação com as aplicações estacionárias.

Em uma aplicação estacionária, em que a UVGI é projetada para irradiar sobre uma serpentina de resfriamento e prover a limpeza da superfície, a irradiância não precisará ser tão alta, porque as lâmpadas estarão brilhando na superfície continuamente. No entanto, em uma aplicação em que um jato de ar deve ser desinfetado, o tempo é curto. Como resultado, a irradiância deve aumentar. É importante considerar se esta aplicação "fly-by" está em uma serpentina de resfriamento, onde as velocidades podem estar em torno de 152 m (500 pés) por minuto, ou em um sistema de dutos onde a velocidade pode ser muito maior! Superfícies dentro do manipulador de ar, telhado ou dutos podem refletir a energia UVGI, afetando a dosagem. Portanto, por esses motivos, é uma boa ideia trabalhar com um fabricante para projetar e dimensionar sistemas UVGI.

A UVGI funciona bem para inativar organismos microbiológicos, mas não captura material particulado. Portanto, frequentemente ela ainda vem acompanhada de um sistema de filtragem. A UVGI também não reduz os VOCs. As luminárias UVGI precisam ser substituídas quando sua produção de energia diminui abaixo dos níveis especificados pelo fabricante. Como resultado, as lâmpadas devem estar acessíveis para inspeção e substituição.

Uma luminária de ar superior não trata superfícies, como mesas, escriturinhas e móveis no espaço ocupado. Se uma luminária UVGI brilhar para baixo nessas superfícies, ela só poderá ser usada quando o espaço estiver desocupado. É importante considerar quais materiais compõem as superfícies e móveis que estão sendo irradiados para garantir que não ocorra degradação.

Continua na página 4.

**Tabela 1. Recursos comuns de tecnologia de limpeza de ar**

Tecnologia de limpeza do ar	Material particulado	Organismos microbiológicos	Compostos orgânicos voláteis
Filtração	•	•	
Ionização bipolar		•	
Peróxido de hidrogênio		•	•
Oxidação fotocatalítica		•	•
Irradiação germicida ultravioleta		•	

## Limpeza do ar fora das unidades terminais

Embora muitas unidades terminais aceitem pelo menos um filtro MERV 8, algumas unidades não poderão acomodar filtros com classificações MERV mais altas devido a alguns fatores limitantes. Filtros com classificação MERV mais alta podem exigir mais espaço físico. Além disso, esses filtros podem ter uma queda de pressão de ar maior que não pode ser superada pelo ventilador de alimentação. Em alguns casos limitados, um filtro fornecido em campo com um tamanho menor pode ser uma opção se a queda de pressão do ar for aceitável. Portanto, soluções adicionais de limpeza de ar podem precisar ser consideradas.

### UNIDADES DE LIMPEZA DE AR PORTÁTEIS OU ESTACIONÁRIAS

Os projetistas podem optar por instalar unidades de filtração de ar portáteis ou estacionárias para recircular o ar ambiente por meio de dispositivos de limpeza adicionais. Na maioria dos casos, as unidades incluirão um ventilador para circular o ar por meio de um dispositivo de limpeza de ar ou de vários dispositivos. Por exemplo, uma unidade pode utilizar um pré-filtro, ventilador e filtro de alta classificação MERV ou HEPA. Outros dispositivos podem usar outras tecnologias de limpeza do ar, como UVGI ou peróxido de hidrogênio. Esses dispositivos podem ser operados e controlados independentemente do sistema HVAC existente, tornando-os uma boa solução de limpeza do ar quando o HVAC existente não pode acomodar novos requisitos de limpeza do ar ou quando não é possível introduzir ventilação adicional.

As unidades portáteis permitem que a colocação seja determinada com base nas necessidades de espaço e na proximidade do serviço elétrico. Isso também permite que o posicionamento seja ajustado conforme necessário. Como alternativa, as unidades podem ser montadas no teto ou na parede para uma instalação permanente. Alguns modelos podem ser integrados com dutos e equipamentos HVAC existentes, enquanto outros são completamente autônomos e operam independentemente dos sistemas existentes.

A maioria das unidades inclui um ventilador para circular o ar ambiente através do dispositivo de limpeza de ar. Como resultado, é importante prestar atenção especial ao som gerado para garantir que a adição de um dispositivo de limpeza de ar portátil ou estacionário não

perturbe o propósito pretendido do recinto. Isso é particularmente preocupante quando os níveis máximos de pressão sonora ambiente são relativamente silenciosos, como em uma sala de aula. Outra consideração é o posicionamento de forma a não interromper os padrões de fluxo de ar existentes no recinto.

### CONSIDERE CONFIGURAÇÕES DE SISTEMA “APLICADAS” ALTERNATIVAS.

Conforme mencionado anteriormente, algumas unidades terminais não têm a capacidade de suportar filtros de partículas atualizados, como o MERV 13, porque não têm espaço ou capacidade de pressão estática do ventilador. Por exemplo, uma unidade terminal VRF **sem dutos** pode não suportar um filtro atualizado, mas um terminal VRF **canalizado** pode. Os fabricantes podem produzir caixas de filtro separadas, instaladas em fábrica ou em campo, que são usadas para estender a caixa para acomodar um filtro maior.

Um sistema VRF “aplicado” combina o uso de uma unidade condensadora VRF com um manipulador de ar usando um kit de válvula de expansão linear (kit LEV). Alguns fabricantes usam nomenclatura alternativa, incluindo kit de válvula de expansão eletrônica (kit EEV) e um kit de integração de unidade de tratamento de ar (kit AHU). O kit LEV serve como interface para conectar equipamentos externos VRF a outros tipos de equipamentos tradicionais do lado ar.

**Figura 3. Unidade de tratamento de ar habilitada para kit LEV**



O kit inclui um meio de medir o refrigerante que vai para a serpentina, fornecer feedback e controle e se comunicar com um sistema de automação predial. A serpentina do manipulador de ar é selecionada para seguir quaisquer diretrizes específicas de VRF.

Isso permite que um sistema de terminal seja combinado com equipamentos de tratamento de ar tradicionais, o que permite mais opções de limpeza de ar, como filtros de alta classificação MERV, filtros HEPA, oxidação fotocatalítica, irradiação germicida ultravioleta “fly-by” e muito mais.

A aplicação de terminais de tratamento de ar “aplicados” certamente não se limita a sistemas VRF — alguns fabricantes oferecem várias opções de sistema de fonte de água que podem ser usadas para produzir água gelada e água quente para um tratamento de ar hidráulico.

---

## Qualidade do ar interno do sistema de ventilação

Frequentemente, é usado um sistema separado para limpar, condicionar e fornecer ar externo para ventilação, enquanto o sistema terminal é projetado para compensar as cargas de espaço restantes. Portanto, dois sistemas de ar separados devem ser considerados.

Primeiro, o sistema de ventilação geralmente utiliza um sistema de ar externo dedicado (DOAS) ou um ventilador de recuperação de energia (ERV) para pré-condicionar o ar externo. A unidade normalmente inclui uma seção de filtro projetada para remover o material particulado do ar de ventilação antes que ele seja enviado para os espaços ocupados. A Norma ASHRAE 62.1 exige a filtragem MERV 8 nas áreas designadas como “não atingidas”, onde o material particulado de 10 microns e menos é uma preocupação. A norma também exige a filtragem MERV 11 em áreas designadas como “não atingidas”, onde partículas de 2,5 microns e menores são uma preocupação.

Se o sistema de ventilação incluir superfícies molhadas, como uma serpentina de resfriamento desumidificadora, a Norma ASHRAE® 62.1 requer um filtro classe MERV 8 ou mais adequada, a montante das superfícies molhadas.

## AS TAXAS DE VENTILAÇÃO PODEM SER AUMENTADAS?

Durante a pandemia da COVID-19, várias agências competentes sugeriram um aumento nas taxas de fornecimento de ar externo para reduzir a quantidade de ar recirculado dentro das zonas e o risco de infecção resultante. Um sistema de ar externo dedicado normalmente é dimensionado apenas para a taxa de fluxo de ar de ventilação mínima necessária. Como resultado, pode ser difícil operar um sistema de ventilação existente com uma taxa de fluxo de ar maior do que os requisitos de ventilação do projeto original. Da mesma forma, a unidade de ventilação pode não ter capacidade de aquecimento ou resfriamento suficiente para compensar a carga de ventilação adicional imposta pela operação em taxas de fluxo de ar maiores do que o projeto. Pode ser possível adicionar capacidade ao sistema usando tecnologias de recuperação de energia ar-ar, mas os ventiladores e sistemas de dutos existentes também precisam ser avaliados. Em sistemas novos, é possível integrar capacidade adicional ao projeto.

---

## Conforto térmico do sistema terminal

Como em qualquer outro sistema HVAC, um requisito principal para um sistema terminal é fornecer um bom conforto térmico para que os ocupantes geralmente fiquem satisfeitos. Muitos fatores afetam o conforto térmico dos ocupantes, incluindo temperatura, umidade, velocidade do ar e diversos outros.

Os sistemas terminais geralmente são dimensionados para compensar as cargas da zona, enquanto o sistema de ventilação é projetado para compensar as cargas de ventilação. O sistema de ventilação também pode ser projetado para fornecer controle superior de desumidificação e umidificação.

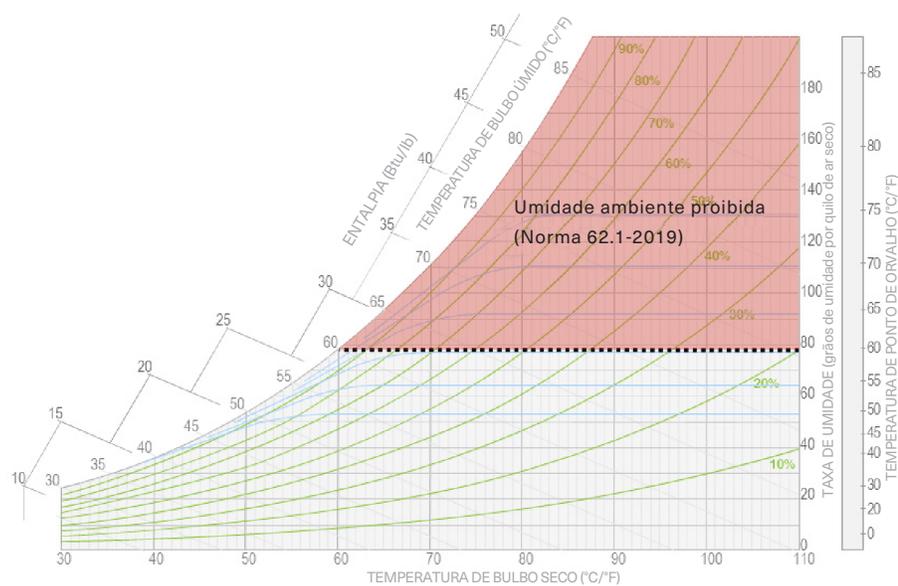
Para uma desumidificação adequada, o sistema de ventilação deve ser analisado e dimensionado usando o clima de desumidificação projetado, que considera as temperaturas de ponto de orvalho de pico em relação às temperaturas de bulbo seco. A Norma ASHRAE® 62.1-2019 seção 5.10 agora inclui um requisito revisado de umidade interna máxima de ponto de orvalho de 15,5 °C (60 °F) durante as horas ocupadas e desocupadas, sempre que a temperatura do

ponto de orvalho do ar externo estiver acima de 15,5 °C (60 °F), com várias exceções (Figura 4, p. 6). A Norma ASHRAE® 90.1-2019 seção 6.5.2.6 prescreve o limite máximo da temperatura do ar de alimentação do sistema de ventilação em 15,5 °C (60 °F) quando a maioria das zonas requer resfriamento com várias exceções. Isso limita a capacidade de reaquecer o ar de ventilação desumidificado a uma temperatura “ambiente neutra” de bulbo seco.

Em muitos casos, uma temperatura de ponto de orvalho do ar de alimentação do sistema de ventilação de 12,8 °C (55 °F) é insuficiente para manter os requisitos de umidade do ambiente em um dia de desumidificação projetado, especialmente se a unidade terminal estiver funcionando em intervalos ou operando com velocidade reduzida do ventilador. Uma análise de projeto de carga pode ser usada com o clima de desumidificação projetado para determinar a temperatura adequada do ponto de orvalho do ar de alimentação do sistema de ventilação, com base nas cargas latentes do espaço e no fluxo de ar de alimentação. Em muitos climas, um ventilador de recuperação de energia sem um sistema de refrigeração mecânica não pode produzir a temperatura de ponto de orvalho do ar de alimentação necessária para manter a umidade do ambiente durante todo o ano. Para obter mais informações, consulte a barra lateral Análise psicrométrica de DOAS e ERV na página 6.

Se necessário, a umidificação geralmente é melhor aplicada dentro do sistema de ventilação. Embora a maioria dos sistemas terminais não ofereça umidificação, o uso de uma opção “aplicada” permite o uso de um portfólio comum de tratamento de ar que geralmente inclui algumas opções de umidificação. A maioria dos equipamentos de ventilação integrados não está disponível com um umidificador. Se a umidificação for necessária para o sistema de ventilação, um controlador de ar pode novamente ser usado para expandir o portfólio. Por fim, uma unidade de umidificação no recinto também é uma opção.

Figura 4. Gráfico psicrométrico de corte de 15,5 °C (60 °F)



#### Análise psicrométrica de DOAS e ERV

Como exemplo, foi realizada uma análise psicrométrica em uma sala de conferência de um pequeno prédio de escritórios para ver o impacto de vários sistemas de ventilação e pontos de ajuste de temperatura do ponto de orvalho do ar de alimentação. Uma unidade terminal VRF abastece a sala, enquanto o sistema de ventilação fornece ar condicionado para atender aos requisitos de ventilação e compensar parte da carga latente do espaço. No projeto, há 25 pessoas na sala exigindo um total de 185 m<sup>3</sup>/min de ar externo para ventilação e a taxa de calor sensível do espaço é de 0,75.

Além disso, uma condição de carga parcial foi avaliada com uma relação de calor sensível no espaço de 0,61 — indicando menos carga sensível em comparação com a carga latente. O clima de desumidificação projetado também foi usado para esta condição de carga específica. Para obter mais informações sobre essa análise, consulte o programa Boletim dos Engenheiros ao Vivo da Trane "Impacto do ponto de orvalho do DOAS na umidade do espaço" (março de 2020) e o *Boletim dos Engenheiros* da Trane "Impacto da temperatura do ponto de orvalho do ar de alimentação do DOAS na umidade do espaço" (março de 2020).

Tabela 2. Resultados da análise psicrométrica

	DOAS de 55 graus		DOAS de 45 graus		ERV	
<b>Alimentação (DBT/DPT)</b>	<b>12,8 °C/12,4 °C (55 °F/54,4 °F)</b>		<b>7,2 °C/6,9 °C (45 °F/44,4 °F)</b>		<b>27,6 °C/16,8 °C (81,7 °F/62,3 °F)</b>	<b>22,3 °C/16,5 °C (72,2 °F/61,8 °F)</b>
Taxa de calor sensível do espaço (SHR)	0,75	0,61	0,75	0,61	0,75	0,61
Compensação de carga pelo DOAS (sensível)	4.015 Btu/h	4.015 Btu/h	6.022 Btu/h	6.022 Btu/h	-1.345 Btu/h	-442 Btu/h
Fluxo de ar da unidade terminal	400 m <sup>3</sup> /min	300 m <sup>3</sup> /min	296 m <sup>3</sup> /min	222 m <sup>3</sup> /min	673 m <sup>3</sup> /min	505 m <sup>3</sup> /min
Compensação de carga pelo terminal (sensível)	7.785 Btu/h	2.110 Btu/h	5.778 Btu/h	103 Btu/h	13.145 Btu/h	6.567 Btu/h
Umidade relativa do espaço	54%	66%	49%	54%	56%	73%
Temperatura do ponto de orvalho do espaço	15,0 °C (59 °F)	15,0 °C (63 °F)	15,0 °C (58 °F)	15,0 °C (58 °F)	15,0 °C (64 °F)	15,0 °C (66 °F)

Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 2. Em condições de carga total e parcial, o sistema de ar externo dedicado de 45 graus compensa mais carga de espaço e mantém a umidade do espaço mais próxima da meta de 50% em comparação com a opção de 55 graus.

O ventilador de recuperação de energia transfere calor do ar externo de entrada para o ar de exaustão, mas não pode resfriar ou desumidificar o ar de ventilação para condições neutras do ambiente ou mais frio e seco como o sistema de ar externo dedicado. Como resultado, a carga de ventilação é **adicional** ao espaço que deve ser controlado pelo sistema VRF. Nas condições de carga total e parcial, o ERV não consegue manter a umidade relativa do espaço no ponto de ajuste desejado.

Por fim, com ar de alimentação mais frio, a capacidade resultante da serpentina da unidade terminal e o fluxo de ar do ventilador podem ser reduzidos porque o ar de ventilação mais frio compensa mais carga do espaço.

---

## Acústica

Todos os equipamentos HVAC produzem som, o que pode fornecer um nível aceitável de ruído ambiente que mantém o conforto humano. No entanto, os sistemas terminais podem apresentar desafios únicos ao considerar a acústica em geral, uma vez que os componentes geradores de ruído estão localizados no espaço ocupado ou próximo a ele. Alguns sistemas terminais utilizam compressores de refrigeração, além de fornecer ventiladores para movimentar o ar condicionado, o que pode produzir ruídos indesejados.

Uma análise acústica pode ser usada para prever a pressão sonora da zona ocupada usando o método de fonte, caminho e receptor. Este método usa a potência sonora da unidade terminal em conjunto com cada caminho sonoro possível para prever a pressão sonora do espaço. Em qualquer análise acústica, é importante considerar todas as contribuições sonoras, incluindo o sistema de ventilação e quaisquer dispositivos de limpeza de ar separados. Essa análise pode ser usada para ajudar a determinar se o equipamento pode ser instalado no espaço ocupado ou próximo a ele ou se deve ser movido para um local diferente. Em uma aplicação sensível ao som, pode ser melhor mover o equipamento instalado em plenum de cima do espaço ocupado para cima do corredor adjacente.

É difícil detalhar recomendações específicas para sistemas terminais porque estas variam em tipo e instalação. Aqui estão várias considerações gerais que se aplicam à maioria dos sistemas terminais:

### Isole adequadamente o equipamento.

Para reduzir o ruído e a vibração transmitidos pela estrutura, siga as orientações do fabricante sobre o isolamento de vibração do equipamento. Além disso, isole adequadamente conexões elétricas, hidráulicas, refrigerantes ou outras.

**Caixa irradiada.** O som irradia da caixa da unidade para o local de instalação (plenum do teto, armário ou espaço ocupado). Para aplicações sensíveis ao som, considere instalar a unidade longe do espaço ocupado. Se instalado no plenum do teto, use forros acústicos para atenuar a transmissão do som.

**Duto transportado por via aérea.** O som gerado pelo equipamento viaja através dos sistemas de dutos de alimentação e retorno de ar para o espaço ocupado. O design adequado do duto pode ajudar a reduzir a transmissão e a regeneração do som. O revestimento acústico do duto pode ser usado para absorver o som.

**Vazamento do duto.** O som que viaja através de um sistema de dutos pode "vazar" da parede do duto para o espaço ao redor. O uso de forros acústicos ajudará a atenuar o som do plenum movendo-se para o espaço ocupado. Considere o uso de dutos redondos, que são mais rígidos do que os dutos retangulares e, como resultado, são menos propensos a fuga de ruído. Considere também revestimento de duto ou dutos com massa maior (por exemplo, bitola de aço maior).

---

## Conclusão

Os sistemas terminais oferecem oportunidades e desafios relacionados à qualidade ambiental interna. A maioria dos desafios pode ser superada considerando projetos de sistemas alternativos. Os sistemas terminais combinados com sistemas de ventilação projetados adequadamente podem atender aos requisitos de projeto de temperatura, umidade, ventilação, limpeza do ar e acústica.

Por Eric Sturm, Trane. Para assinar ou ver edições anteriores do Boletim de Engenheiros, acesse [trane.com](http://trane.com). Envie seus comentários para [ENL@trane.com](mailto:ENL@trane.com).

---

## Referências

- [1] Trane®. (2021). Tecnologias de limpeza do ar para qualidade do ar interior. Engineers Newsletter Live. APP-CMC078-EN.
- [2] Trane®. *Visão geral do teste de tecnologias de limpeza do ar*. SYS-SLB027-EN. 2022
- [3] Trane®. *Uma taxonomia de tecnologias de limpeza de ar com ionização bipolar*. Informativo técnico. SYS-PRB003-EN. 2022.
- [4] Trane®. *Uma taxonomia de tecnologias de limpeza de ar com Synexis*. Informativo técnico. SYS-SLB025-EN. 2020.
- [5] Trane®. (2020). Aplicação de VRF em uma solução de edifício completa. Engineers Newsletter Live. APP-CMC075-EN.
- [6] Trane®. (2022). Aplicação de VRF em uma solução de edifício completa Parte II. Engineers Newsletter Live. APP-CMC080-EN.
- [7] Trane®. *Sistemas terminais de água gelada*. Manual de engenharia de aplicações. SYS-APM011-EN. 2020.
- [8] Trane®. (2020). Impacto do DOAS na umidade do espaço. Engineers Newsletter Live. APP-CMC072-EN.
- [9] Murphy, J. 2020. "Impacto da temperatura em ponto de orvalho do ar de alimentação do DOAS na umidade do espaço". *Boletim dos Engenheiros Trane* 49-1.

## Atualizado e agora disponível!

O catálogo Variable Refrigerant Flow Systems (Sistemas de fluxo de refrigerante variável) (APP-PRC007\*-EN) foi atualizado para refletir nossa oferta de controles atualizados – Tracer Concierge® e Tracer® SC+. Este catálogo de sistemas usa a roleta de decisões como um guia para detalhar considerações de projeto de um sistema VRF.

Para obter mais informações, visite [www.trane.com](http://www.trane.com).



## Cronograma do programa do Boletim dos Engenheiros 2022 *Ao vivo!*

### MARÇO

#### **Aplicação de VRF em uma solução de edifício completa Parte II.**

Agora disponível on-line

### MAIO

#### **Descarbonização de sistemas HVAC Parte II.** Agora disponível on-line

### SETEMBRO

**Projeto para sistema de bomba de calor ar-água.** Com base nos dois ENLs de descarbonização de sistemas HVAC anteriores, este programa abrangerá sistemas de aquecimento de edifícios eletrificados utilizando bombas de calor ar-água. Os tópicos abordados incluirão características operacionais de equipamentos de bomba de calor ar-água, considerações de dimensionamento de carga e unidade do sistema, considerações de temperatura do projeto de água quente do sistema, configurações e opções do sistema, incluindo recuperação de calor, armazenamento e aquecimento auxiliar, bem como considerações de controle do sistema.

### NOVEMBRO

#### **Chillers e bombas de calor com armazenamento de energia.**

Adicionar armazenamento de energia a edifícios ajuda não somente a economizar energia, custos elétricos e de água, mas também economiza carbono. Neste programa, revisitaremos os benefícios e as técnicas para integrar o armazenamento de energia térmica para resfriamento. Além disso, exploraremos maneiras de usar o armazenamento para minimizar o impacto que a descarbonização dos edifícios e a eletrificação do aquecimento devem ter nos custos de energia.

Entre em contato com o escritório local da Trane para obter mais informações ou acesse [www.Trane.com/ENL](http://www.Trane.com/ENL).



Trane — por Trane Technologies (NYSE: TT), uma empresa de climatização global e inovadora — cria ambientes internos confortáveis que economizam energia por meio de um amplo portfólio de sistemas, controles, serviços, peças e suprimentos para aquecimento, ventilação e condicionamento de ar. Para obter mais informações, consulte [trane.com](http://trane.com) ou [tranetechnologies.com](http://tranetechnologies.com).

A Trane acredita que os fatos e as sugestões apresentados aqui são precisos. No entanto, as decisões finais de projeto e aplicação são de sua responsabilidade. A Trane se isenta de qualquer responsabilidade por ações tomadas com relação ao material apresentado.

Todas as marcas registradas mencionadas neste documento são marcas registradas de seus respectivos proprietários.