

Em que diferem os  
sistemas de  
refrigeração de  
missão crítica  
dos condicionadores  
de ar comuns  
e por quê

White Paper N° 56

**APC**<sup>®</sup>  
Legendary Reliability<sup>®</sup>

## Resumo executivo

As salas de TI de hoje requerem ambientes estáveis e precisos para que os componentes eletrônicos sensíveis funcionem de maneira ótima. De fato, os sistemas padrão de ar condicionado de conforto resultam inadequados para as salas de TI, e provocam o shutdown dos sistemas e falhas nos componentes. Como os sistemas de ar condicionado de precisão mantêm a temperatura e a umidade dentro de uma faixa muito limitada, oferecem a estabilidade ambiental de que precisam os equipamentos eletrônicos sensíveis, evitando assim que seu negócio sofra tempos de inatividade onerosos.

## Definição das salas de TI atuais: já não são apenas salas de computação

Na atualidade, os requisitos de controle ambiental de precisão transpõem os confins do data center ou da sala de computação tradicional para abranger uma ampla série de aplicações, as quais, em conjunto, são chamadas de “salas de TI”. Entre as aplicações típicas das salas de TI, se encontram:

1. Séries de equipamentos médicos (unidades de imagens por ressonância magnética, tomógrafos computadorizados)
2. Salas brancas
3. Laboratórios
4. Centros de impressão/ cópia / desenho assistido por computador
5. Salas de servidores
6. Instalações clínicas (salas de isolamento, quirófanos)
7. Telecomunicações (salas de comutadores, estações base)

## Por que necessito de ar condicionado de precisão

O processamento da informação é a alma de toda operação chave. Por isso, a saúde de sua empresa depende da confiabilidade da sala de TI. O hardware de TI produz uma carga de calor concentrado pouco habitual e, por sua vez, é muito sensível às mudanças de temperatura ou umidade. Uma mudança de temperatura ou umidade pode provocar diversos problemas, desde uma espécie de “geringonça” processada até o shutdown total dos sistemas. Estas situações podem criar enormes custos para a empresa, conforme a duração da interrupção e o valor do tempo e os dados que se perderam. Os sistemas padrão de ar condicionado de conforto não foram projetados para fazer frente à concentração de cargas de calor e ao perfil das cargas de calor que é registrado nas salas de TI, nem para proporcionar os pontos de referência precisos em matéria de temperatura e umidade que são requeridos para estas aplicações. Os sistemas de ar condicionado de precisão estão projetados para possibilitar um controle rigoroso da temperatura e da umidade. Estes sistemas oferecem altos níveis de confiabilidade funcionando todo o ano, e oferecem a facilidade de manutenção, a redundância e a flexibilidade necessárias para que a sala de TI se encontre em atividade 24 horas por dia.

## Condições de temperatura e umidade projetadas

Manter as condições de temperatura e umidade projetadas resulta fundamental para que uma sala de TI funcione sem problemas. As condições projetadas deveriam ser de 72-75°F (22-24°C) e 35-50% de umidade relativa (R.H.). As mudanças repentinas de temperatura podem ser tão prejudiciais quanto a existência de condições ambientais inadequadas; tais mudanças podem provocar um efeito negativo no funcionamento do

hardware. Esta é uma das razões pelas quais o hardware permanece conectado, até quando não se encontra processando dados. Os sistemas de ar condicionado de precisão são projetados para manter a temperatura em  $\pm 1^\circ\text{F}$  ( $0,56^\circ\text{C}$ ) e a umidade em  $\pm 3\text{-}5\%$  R.H. 24 horas por dia, 8760 horas por ano. Diferentemente destes, os sistemas de conforto estão pensados para manter uma temperatura de  $80^\circ\text{F}$  ( $27^\circ\text{C}$ ) e 50% R.H. somente durante épocas estivais de  $95^\circ\text{F}$  ( $35^\circ\text{C}$ ) e quando no exterior se registra um nível de 48% R.H. Em geral, estes sistemas não incluem um controle dedicado da umidade e os controladores simples não podem respeitar a tolerância do ponto de referência requerida para a temperatura, razão pela qual permitem que se produzam mudanças de temperatura e umidade que podem resultar prejudiciais.

## Problemas ocasionados por condições ambientais inadequadas

Se as condições ambientais da sala de TI não se mantêm adequadamente, as operações de processamento e armazenamento de dados sofrerão os afeitos. As conseqüências podem variar desde dados danificados até shutdowns de sistemas inteiros e falhas.

### 1- Temperaturas altas e baixas

Uma alta ou baixa temperatura ambiental ou as mudanças repentinas de temperatura podem danificar os dados que estejam sendo processados e fechar todo um sistema. As variações de temperatura podem alterar as características físicas e elétricas dos chips eletrônicos e outros componentes das placas, o que ocasiona um funcionamento anômalo ou falhas. Estes problemas podem ser transitórios ou continuar por vários dias. Mesmo no caso de problemas transitórios, pode ser muito difícil diagnosticá-los e corrigi-los.

### 2- Umidade alta

Uma alta percentagem de umidade pode derivar no prejuízo de fitas e superfícies, contatos de cabeçotes, condensação, corrosão, problemas no manuseio de papel, e a migração do ouro e da prata que traz consigo falhas de placas e componentes.

### 3- Umidade baixa

Uma baixa percentagem de umidade leva consigo um importante aumento das possibilidades de descargas eletrostáticas. Estas descargas podem danificar os dados e o hardware.

# Diferenças entre sistemas de ar condicionado de precisão e de conforto

## 1- Fator de calor sensível (SHR)

Uma carga térmica consta de dois componentes independentes: calor sensível e calor latente. A incorporação ou a extração de calor sensível provocam mudanças na temperatura do bulbo seco. O calor latente se relaciona com o aumento ou a diminuição da umidade contida no ar. A capacidade total de refrigeração de um condicionador de ar é a soma do calor sensível extraído e o calor latente extraído.

$$\text{Capacidade total de refrigeração} = \text{refrigeração sensível} + \text{refrigeração latente}$$

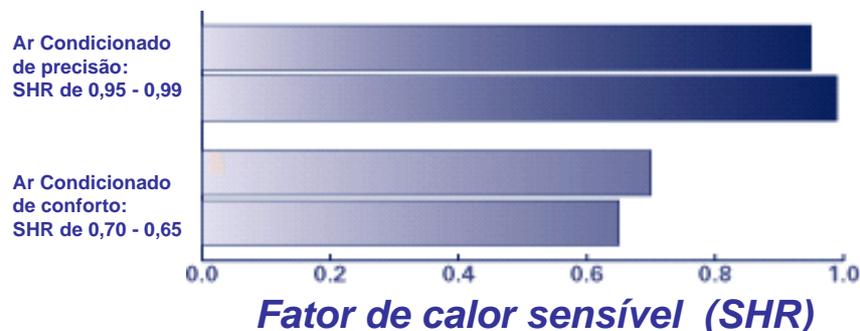
O Fator de calor sensível é a fração sensível da refrigeração total.

$$\text{Fator de calor sensível (SHR)} = \frac{\text{Refrigeração sensível}}{\text{Refrigeração total}}$$

Numa sala de TI, a carga de refrigeração está praticamente composta pelo calor sensível gerado pelas luminárias, o hardware de TI, os equipamentos de reserva e os motores. A carga latente é ínfima, já que há pouca gente, o ingresso de ar exterior é limitado e costuma haver uma barreira contra o vapor. O SHR requerido para que um condicionador de ar alcance este perfil de carga de calor é muito alto: entre 0,95 e 0,99. Os sistemas de ar condicionado de precisão estão projetados para alcançar estes altíssimos fatores de calor sensível.

Pelo contrário, o SHR de um ar condicionado de conforto está geralmente entre 0,65 e 0,70; por isso, oferece escassa refrigeração sensível e excessiva refrigeração latente. O excesso de refrigeração latente implica a excessiva extração de umidade do ar de maneira constante. Para poder manter a umidade relativa dentro dos valores desejados, entre 35 e 50%, seria necessária uma umidificação contínua que, por definição, consome grandes quantidades de energia.

*Figura 1 – Fator de calor sensível (SHR)*



## 2- Temperatura e umidade precisas

Os sistemas de ar condicionado de precisão contam com controles sofisticados, velozes, equipados com microprocessadores necessários para reagir com rapidez diante das mudanças nas condições ambientais e respeitar as tolerâncias rigorosas que exige um ambiente estável. Os sistemas de precisão costumam incluir diversas etapas de refrigeração e aquecimento, um umidificador e um ciclo de desumidificação dedicado; por isso, podem cumprir qualquer requisito de controle de temperatura e umidade.

Em geral, o ar condicionado de conforto tem controles básicos e limitados que não podem reagir com a rapidez indispensável para respeitar a tolerância necessária. Estes sistemas não costumam incluir aquecimento nem os ciclos de umidificação/ desumidificação necessários para ambientes de TI estáveis. Os componentes, no caso de serem vendidos, costumam ser “acessórios” e não parte integral do sistema.

## 3- Qualidade do ar

Os sistemas de ar condicionado de precisão funcionam a uma alta taxa de circulação de ar por unidade de calor extraída, em geral, 160 pés cúbicos por minuto (271 m<sup>3</sup>/h) ou 76 litros por segundo, por cada kW ou valor superior. Esta alta taxa volumétrica movimenta maior quantidade de ar pelo local, e assim melhora a distribuição do ar e reduz a possibilidade de geração de pontos de calor localizados. Como os equipamentos com tecnologia de última geração costumam processar cerca de 160 pés cúbicos por minuto por cada kW de consumo elétrico, é importante que disponham desta quantidade de fornecimento de ar frio na tomada do sistema. De forma contrária, o equipamento tomará parte do ar de outras áreas da sala, o que com freqüência deriva em temperaturas de entrada perigosamente altas. Devido à alta taxa de circulação de ar por kW que os equipamentos de ar condicionado de precisão têm, também é possível fazer circular mais ar pelos filtros para assim obter um ambiente mais limpo. Estes equipamentos costumam usar uma bateria de filtros com pregas de alta e média eficiência para reduzir ao mínimo a presença de partículas suspensas no ar.

O ar condicionado de conforto funciona com uma circulação muito inferior, entre 85 e 115 pés cúbicos por minuto (144-195 m<sup>3</sup>/h) por cada kW ou 40-54 litros por segundo / kW. Uma baixa taxa de circulação pode se traduzir numa distribuição de ar deficiente e maior quantidade de contaminantes suspensos no ar. Os filtros dos equipamentos de conforto costumam ser meios lisos de baixa eficiência que não extraem a percentagem necessária de partículas suspensas no ar.

## 4- Horas de funcionamento

Os sistemas de ar condicionado de precisão são projetados e construídos para funcionarem 8760 horas por ano, sem descanso. Estão pensados para assegurar um tempo de inatividade mínimo, graças a componentes selecionados e a um sistema de redundância incorporado. Os controles dos sistemas mantêm constante o ambiente da sala independentemente das condições ambientais exteriores, quer sejam inverniais ou estivais.

O ar condicionado de conforto é pensado para funcionar em épocas estivais, até um máximo de 1200 horas por ano. Os sistemas não estão projetados para um funcionamento contínuo durante todo o ano, nem é esperável que assim seja. Nem os controles nem os sistemas estão projetados para oferecerem um tempo de inatividade 0 ou funcionamento em inverno.

## Critérios de projeto

### 1- Densidade de carga

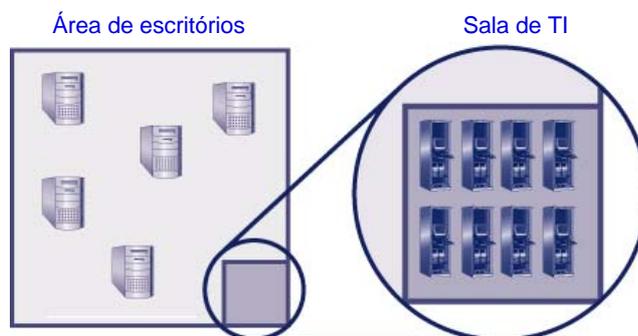
Devido à alta concentração de equipamentos, a densidade de carga numa sala de TI pode alcançar níveis até cinco vezes superiores aos de um escritório típico. Os sistemas devem ser projetados para gerenciar esta densidade de carga extrema. A capacidade sensível e a distribuição de ar são de grande importância.

Densidade de carga

Escritórios: 5 – 15 watts/pé quadrado (54 – 161 watts/m<sup>2</sup>)

Sala de TI: 50 – 200 watts/pé quadrado (538 – 2153 watts/m<sup>2</sup>)

*Figura 2 – Densidade de carga*



### 2- Temperatura e umidade

As condições alvo de projeto deveriam ser de 72-75°F (22-24°C) e 35-50% de umidade relativa (R.H.).

### 3- Quantidade de ar

A alta taxa de fluxo de ar que caracteriza os sistemas de precisão contribui para oferecer um alto fator de calor sensível, melhorar a distribuição de ar e aumentar as taxas de filtração. O alto nível de fluxo de ar não provoca desconforto ao pessoal, já que é distribuído por debaixo do piso elevado e sobe através dos equipamentos e para toda a sala.

#### 4- Pureza do ar

Sem a presença de filtros, a poeira suspensa no ar pode danificar os equipamentos. Para conseguir um nível de eficiência entre médio e alto, os filtros devem ser do tipo com pregas. Também é importante o tamanho dos filtros; para que o filtro seja eficaz, deve operar a baixas velocidades medidas na boca do filtro. Os filtros devem ser trocados periodicamente.

#### 5- Barreira contra o vapor

Como praticamente todos os materiais de construção são permeáveis à umidade, uma sala de TI bem projetada deve incluir uma barreira contra o vapor. Sem ela, a sala de TI perderá umidade no inverno e a absorverá no verão. Isto dificulta o controle do ponto de referência da umidade e aumenta o tempo de funcionamento dos compressores e umidificadores que consomem muita energia.

Para criar uma barreira eficaz contra o vapor, deve o teto ser selado com um filme de polietileno, as paredes de alvenaria devem estar cobertas com uma tinta de base plástica ou borracha, as portas devem fechar hermeticamente, e todas as entradas de cabos e tubulações devem estar seladas.

#### 6- Requisitos de ar proveniente do exterior

As salas de TI tendem a estar escassamente povoadas e não requerem muito ar fresco para o pessoal. A entrada de ar do exterior deve ser reduzida ao mínimo para limitar a entrada de carga latente à sala. Na atualidade, uma circulação de 20 pés cúbicos por minuto (9,4 litros por segundo) por pessoa é suficiente para cumprir com os critérios estadunidenses sobre qualidade de ar em espaços fechados (IAQ).

#### 7- Redundância

A redundância se consegue mediante o funcionamento de equipamentos adicionais que forneçam 100% da capacidade de refrigeração requerida, mesmo depois do shutdown de uma unidade ou falha de uma ou mais unidades. O custo da redundância deve ser sopesado em comparação com os custos projetados provocados pelo tempo de inatividade da sala de TI.

Figura 3 – Redundância



É necessário considerar a diferença entre redundância e excesso de capacidade. Uma carga de 70 kW com 3 sistemas de 52 kW ou 4 sistemas de 35 kW fornece redundância. Para que os equipamentos de reserva sejam considerados redundantes, devem funcionar de maneira alternada e contar com uma interface de controles que ofereça um início de atividade automático.

## 9- Segurança

A segurança dos sistemas de refrigeração é tão importante quanto a do hardware da sala de TI, já que o hardware não pode funcionar sem refrigeração. As unidades interiores devem ser colocadas dentro da sala de TI e devem ser aplicadas as mesmas restrições de acesso que ao hardware. Os equipamentos de rejeição de calor do exterior devem estar localizados sobre um teto ou outra área segura dentro da instalação.

# Fatores para a seleção de sistemas

## 1- Cálculo da carga

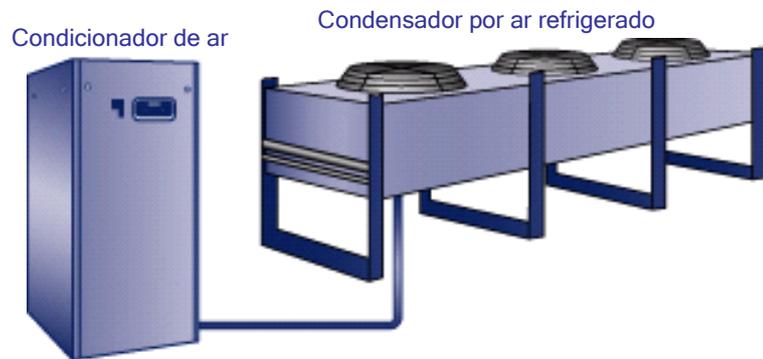
Nas salas de TI, as luminárias, o hardware, as pessoas, o ar exterior, as cargas de transmissão, o sol e os equipamentos de suporte (PDU, no-break, etc.) produzem calor.

- Como regra geral, calcule as cargas à razão de 15 pés quadrados/kW (1,39 m<sup>2</sup>/kW). Se quiser obter mais detalhes sobre o cálculo das cargas, consulte o White Paper N° 25 da APC, "Cálculo dos requisitos de refrigeração total para data centers".

## 2- Sistemas unitários

### a- Refrigeração por ar

*Figura 5 – Sistema de refrigeração por ar*



**Configuração do sistema**

- O sistema de refrigeração se “divide” num ar condicionado interior e uma unidade exterior que elimina o calor mediante ar frio.
- Os compressores podem ser colocados nos equipamentos interiores ou exteriores. Por razões de segurança e manutenção, costumam estar na unidade interior.
- As tubulações para refrigeração (duas por compressor) interconectam as duas metades do sistema.
- O projeto das tubulações para refrigeração é vital. Devem ser contempladas as perdas de pressão, as velocidades do refrigerador, o retorno de óleo e os alçapões.
- A instalação da unidade deve estar a cargo de um empreiteiro idôneo autorizado.
- Excelente para instalações de várias unidades e em expansão. Cada sistema é um módulo independente e autônomo.

**b- Refrigeração por água**

*Figura 6 – Sistema de refrigeração por água*



#### Configuração do sistema

- A unidade interior é um sistema de refrigeração completo e autônomo.
- O calor é rejeitado em direção a um fornecimento de água para refrigerar mediante um intercambiador de calor que se encontra na unidade interior. A água para refrigerar costuma ser bombeada para uma torre de resfriamento e volta a circular. Também podem utilizar-se outras fontes de água, por exemplo, poços.
- Em climas frios e temperados, a torre de resfriamento deve ser preparada para resistir as condições inverniais.
- A torre deve estar projetada com redundância ou é necessário dispor de um fornecimento de água de reserva, para casos de emergência.
- Ao utilizar torres de refrigeração, é preciso o tratamento da água.
- O projeto das tubulações de água é muito menos crítico e mais fácil de instalar que as tubulações para refrigeração.
- O sistema de refrigeração sai de fábrica carregado e provado.

#### c- Refrigeração com glicol

*Figura 7 – Sistema de refrigeração com glicol*



#### Configuração do sistema

- A unidade interior é similar à do sistema de refrigeração por água.
- Em lugar de água, se faz circular uma solução de glicol, e a rejeição do calor se produz num líquido exterior em direção ao intercambiador de calor de ar ou "torre seca".
- As torres secas precisam de menos manutenção que as torres de refrigeração.
- Oferece excelentes oportunidades para aplicações com recuperação de calor.
- Os sistemas com um alto fator de eficiência energética (EER) são os menos onerosos com relação aos três tipos de unidades.
- É possível vincular várias unidades a um único grande conjunto de torres secas e bombas. Nesse caso, devem ser considerados os requisitos de redundância.

#### **d- Glicol e aproveitamento da temperatura exterior (*free cooling*)**

Configuração do sistema

- O produto é idêntico ao de refrigeração por glicol, mas também conta com uma serpentina adicional que aproveita a temperatura exterior, com a conseguinte economia de energia.
- Ao diminuir a temperatura exterior, a solução de glicol fria circula através da serpentina complementar de aproveitamento e é possível refrigerar sem que funcionem os compressores.
- Quando as condições climáticas são as adequadas, oferece uma excelente diminuição dos custos operacionais.
- A serpentina adicional implica mais cavalos de força no motor dos impelentes.
- Para uma maior economia de custos, procure sistemas com serpentinas de aproveitamento mais extensas. As serpentinas de aproveitamento da temperatura exterior devem ser instaladas antes que a serpentina de expansão direta (DX) e assim será possível obter uma capacidade assistida quando a temperatura ambiente for temperada.

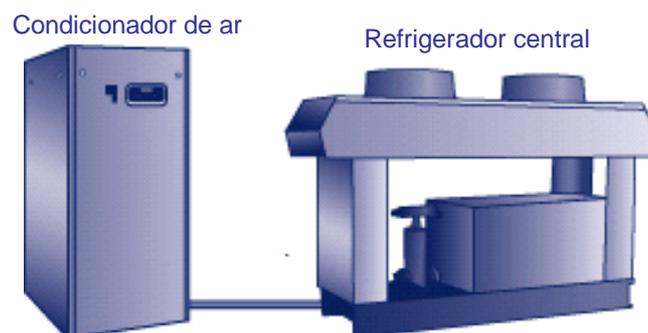
#### **e- Serpentina complementar de água refrigerada**

Configuração do sistema

- Num sistema DX, é possível incluir uma serpentina de água refrigerada que proporcione redundância total a uma única unidade.
- A unidade pode funcionar como sistema de refrigeração por água refrigerada com apoio de um sistema de DX modular total para casos de emergência.
- Também pode atuar como sistema DX com apoio de uma unidade central de água refrigerada, se for preciso numa emergência.
- A unidade pode utilizar água refrigerada quando contar com este fornecimento. Por exemplo, se a função principal do refrigerador é oferecer apoio a um processo de manufatura numa fábrica ou assistir a sistemas de conforto no verão, é possível mudar para o sistema DX quando a água refrigerada estiver sendo utilizada com essa finalidade.

#### **f- Refrigeração por água refrigerada**

*Figura 8 – Sistema de refrigeração por água refrigerada*



### Configuração do sistema

A água refrigerada é fornecida a partir de um refrigerador central a unidades integrais na sala de TI. O sistema de refrigeração se encontra no refrigerador unitário.

- As unidades interiores possuem os controles, a serpentina de água refrigerada, a válvula de controle para a água refrigerada, os impelentes, os filtros, os umidificadores e os recuperadores de calor.
- A temperatura da água refrigerada deve ser o mais alta possível para manter um alto fator de calor sensível (47°F / 8,33°C ou superior).
- A redundância deve se estender aos conjuntos de bombas e à unidade central de refrigeração.
- Para que a unidade central funcione todo o ano, deve ser preparada para a atividade invernal.
- Em algumas cidades, operários podem ser necessários.
- Não combine com refrigeradores de conforto, já que as temperaturas de fornecimento de água refrigerada deveriam ser diferentes (42°F / 5,6°C para os sistemas de conforto e 47°F+ / 8,3°C+ para a sala de TI).

## Custo de propriedade

### 1- Custos operacionais

Nas salas de TI, os custos de refrigeração por pé quadrado costumam ser dez vezes superiores aos de escritórios ou de conforto. Isto se deve à necessidade de atividade anual em lugar de sazonal e ao forte aumento da densidade de carga térmica. Contudo, os custos operacionais do ar condicionado de precisão são muito inferiores aos do ar condicionado de conforto se ambos os sistemas são aplicados às salas de TI.

Ao comparar níveis de uso equivalentes, os custos do ar condicionado de precisão são inferiores devido às seguintes causas:

- a- Sistema sob piso: Um alto fator de calor sensível elimina o excesso de desumidificação e subsequente processo de umidificação.
- b- Alto fator de eficiência energética (EER): Com as serpentinas superdimensionadas, uma grande circulação de ar e compressores para a bomba de calor calibrados para o trabalho, os sistemas aptos para oferecer suporte a computadores obtêm fatores de eficiência energética superiores aos do ar condicionado convencional de conforto.
- c- Os equipamentos de ar condicionado de precisão estão projetados com componentes de alta eficiência para funcionarem durante todo o ano.

Veja as seguintes características:

- Serpentinas superdimensionadas com refrigeração superficial
- Motores impelentes de grande eficiência
- Umidificadores com caixa para vapor
- Compressor para a bomba de calor calibrado para o trabalho

- Um fator SHR alto
- Ciclo de desumidificação dedicado
- Baixo FLA
- Rolamentos de 100.000 h. tipo L
- Garantias estendidas

## 2- Custos de manutenção

Os custos mais elevados provocados pela manutenção ou reparo com frequência se produzem pelo tempo de inatividade da sala de TI. Por isso, a incorporação da redundância desde o projeto deve ser sempre prioritária. Entretanto, para reduzir ainda mais este risco, podem ser selecionados equipamentos com características que diminuirão drasticamente o tempo de manutenção e reparo. Veja as seguintes características:

- a- Componentes de refrigeração presos através de pernos. O compressor e o secador de filtros devem poder ser extraídos sem maçarico.
- b- Concepção de depósitos de drenagem principal e secundária.
- c- Rapidez para a troca da caixa do umidificador.
- d- Os componentes devem estar fora da corrente de ar, numa seção mecânica independente.
- e- Plataforma extraível para o ventilador.
- f- Cabeamento elétrico numerado e com codificação de cor.
- g- Protetores de start-up do motor, em lugar de fusíveis.
- h- Painéis de acesso de fácil extração ou com dobradiças.
- i- Visitas de manutenção conforme o tempo de funcionamento.

## Conclusões

As salas de TI hospedam equipamentos eletrônicos sensíveis que, para um funcionamento ótimo, necessitam de condições ambientais precisas. Ao oferecer a estabilidade ambiental requerida por este tipo de dispositivos eletrônicos, a refrigeração de precisão ajuda sua empresa a evitar onerosos shutdowns de sistemas e falhas de componentes.