

fornecendo informações para o projetista do sistema HVAC atual

# Boletim Informativo dos Engenheiros

volume 43 –2

## Problemas de projeto dos sistemas de água gelada

### Aprendendo com os erros do passado

Como acontece com qualquer coisa na vida, você pode aprender a projetar o HVAC da forma mais difícil a partir de erros dolorosos e dispendiosos, ou da forma fácil a partir do conhecimento dos engenheiros veteranos que podem ajudar você a evitar esses erros. O objetivo desse EN é ajudar os novos engenheiros a evitar esses erros.

### Histórico

Seguem-se três casos de cenários compostos com vários problemas no projeto dos sistemas de água gelada que temos presenciado ao longo dos anos. Em cada cenário, os problemas de projeto são destacados e seguidos por possíveis soluções.

Compartilhando a sabedoria do projeto de HVAC, que vem de tentativa e erro, esperamos encurtar a curva de aprendizagem dos novos engenheiros.

### Caso 1: Nova vazão primário variável

Um novo sistema foi projetado utilizando um sistema com diferencial de temperatura da água gelada elevado, tal como recomendado no ASHRAE GreenGuide<sup>1</sup> e por Taylor<sup>2</sup>. Os chillers são selecionados a baixas quedas de pressão do evaporador (5 pés de diferencial [15 kPa]) por chiller para minimizar o consumo e potência da bomba. Para reduzir o custo instalado e os custos operacionais, o sistema é projetado como vazão primário variável (VPF). A

linha de bypass (com o mesmo tamanho do coletor de consumo) e a válvula que permite a vazão mínima do chiller estão localizadas na sala mecânica, assim como os controladores de ar. Um sensor de pressão diferencial do evaporador é utilizado para determinar a vazão e para controlar a válvula de bypass (Figura 1). Vê algum sinal de alerta? Vamos examinar os problemas que ocorreram no trabalho e como evitar cometer os mesmos erros.

#### Questão 1: O dispositivo de detecção de vazão não é suficientemente preciso para a vazão mínima.

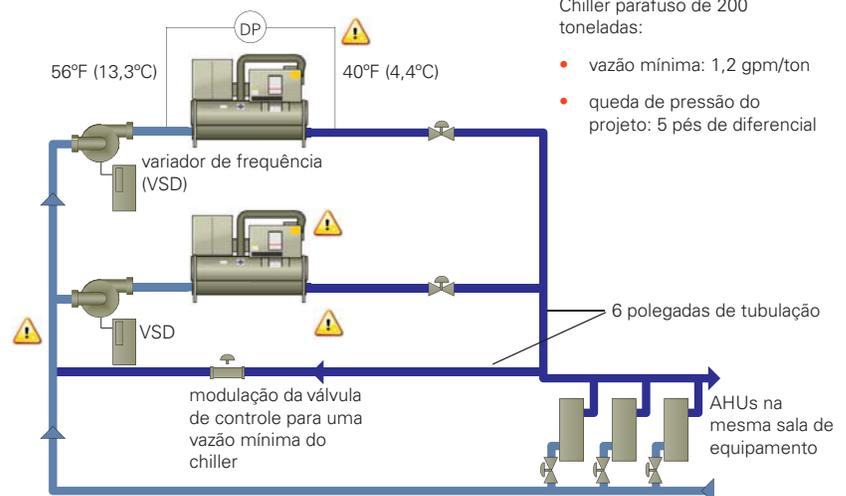
Como mencionado, a queda de pressão do evaporador do projeto é de 5 pés de diferencial [15 kPa]. Com a vazão mínima de 1,2 gpm por tonelada [0,022 L/s por kWt], a queda de pressão será em torno de 3 pés de diferencial.

[9.0 kPa]. Mesmo que o sensor de pressão diferencial seja de alta qualidade, será difícil selecionar um que tenha a precisão necessária para medir com exatidão uma diferença tão pequena entre a vazão de projeto e as quedas de pressão na vazão mínima.

**Solução 1: Seleccione a tecnologia de detecção adequada vazão.** Os medidores de vazão são geralmente mais caros, requerem mais calibração e devem ser instalados de acordo com os requisitos do fabricante com uma quantidade específica de tubulação reta para cima e para baixo. Apesar dessas limitações, eles são mais adequados para monitorar a vazão desse sistema.

**Questão 2: O volume do loop não satisfaz os requisitos de controle do chiller.** Os controles da unidade chillera requerem frequentemente um certo volume de loop para manter uma refrigeração de controle da temperatura da água e assegurar que os compressores não são

Figura 1. Caso 1: Nova vazão primário variável (VPF)



usados ciclicamente sem necessidade. O volume do loop inclui o fluido no evaporador, tubulação e serpentinas. Em muitos sistemas menores- por exemplo, onde os fancoils e os chillers estão na mesma sala de equipamento- o volume do loop não será adequado. O volume necessário do loop varia de acordo com o fabricante do chiller, tipo de chiller e capacidades de controle da unidade. Verifique com o fabricante para cada chiller especificado. Nesse caso, o tempo exigido para o loop foi de dois minutos. Assim, o volume de água necessário para o sistema é o tempo do loop multiplicado pela vazão de água.

2 min. x 300 gpm = 600 gal  
 [2 min x 60 seg por min x 18,9 L/s = 2270 litros]

**Solução 2: Aumente o volume do loop até ao nível requerido.** Se o volume do loop estiver próximo do necessário, pode ser adequado aumentar o barrilete da tubulação. Caso contrário, adicione um tanque de reserva, de preferência no lado do retorno do sistema e no lado do chiller da linha de bypass. Assegure que o volume do sistema com o tanque satisfaz o volume necessário do loop. Para conseguir um controle mais suave do sistema, considere aumentar a capacidade do tanque mais do que o requisito mínimo absoluto. O custo e espaço adicionais serão provavelmente pequenos.

**Questão 3: Linha de bypass superdimensionada e as válvulas não proporcionam um controle adequado.** A linha de bypass tem o mesmo tamanho que o barrilete de tubulação. Baseado nisso, se uma válvula grande for instalada nessa linha, o controle na vazão mínima pode ser um desafio, uma vez que abrir inicialmente a válvula um pouco permite que uma vazão significativa passe pelo by-pass.

**Solução 3: Dimensione corretamente a linha de bypass e a válvula.** Em um sistema de vazão primário variável, dimensione a linha de bypass para a maior vazão. Neste caso:

200 ton x 1,2 gpm por ton = 240 gpm [15 L/s]

Muitos projetistas usarão linha de 4 pol. [10 cm] para essa vazão. Em seguida, selecione uma válvula para dar um controle de bypass adequado. Embora não seja necessário, alguns engenheiros consultores especificam uma válvula independente de pressão para o bypass.

**Questão 4: A vazão não pode ser reduzido significativamente.** A vazão do chiller é de 1,5 gpm por tonelada [0,027 L/s por kW<sub>r</sub>] e o mínimo é de 1,2 gpm por tonelada [0,022 L/s por kW<sub>r</sub>]. Isso significa que a vazão só pode ser reduzida 20 por cento antes de atingir o valor mínimo. Isso não é muito para um sistema que supõem ser de vazão primário variável.

**Solução 4: Coloque os chillers em série!**

Com os chillers em série (Figura 2), a vazão por chiller é de cerca de 3,0 gpm por tonelada [0,054 L/s por kW<sub>r</sub>], permitindo uma redução significativa. A queda de pressão do evaporador aumenta, uma vez que a água tem que fluir através de ambos os evaporadores. Isso aumenta a potência de bombeamento requerida. Entretanto, em muitos sistemas, a vazão é inferior a vazão de projeto durante grande parte do ano, de modo que o aumento do consumo de energia da bomba pode ser pequeno.

Para permitir a manutenção, os engenheiros projetam frequentemente linhas de bypass manuais para o sistema.

O layout do chiller da série tem dois benefícios significativos:

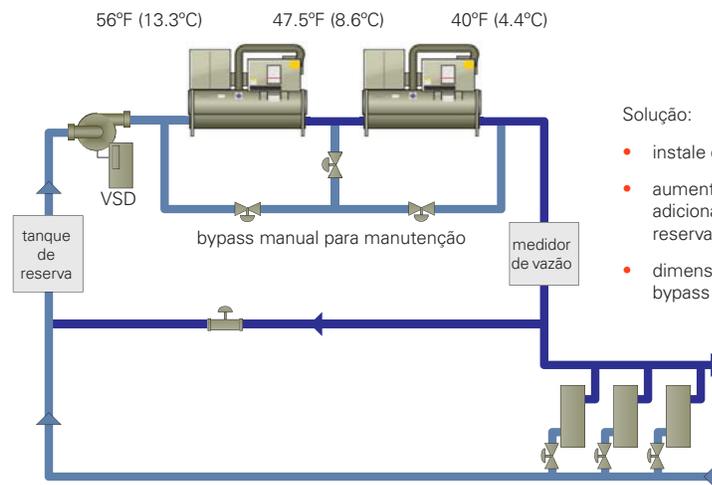
- O chiller a montante funciona a uma temperatura elevada e com maior eficiência. Muito frequentemente, isso compensa qualquer aumento no consumo da bomba.
- Quando os chillers são conectados em paralelo em um sistema VPF, há uma alteração significativa da vazão do chiller em funcionamento quando o segundo chiller for adicionado. Quando os chillers são conectados em série, não há transição da vazão quando o segundo chiller for ativado. Isso pode simplificar muito o controle do sistema.

Pode ser benéfico conectar os chillers em série se o sistema

- for projetado para vazão primário variável,
- tem uma diferença de temperatura de 14°F [7,8°C] ou maior,
- tem dois chillers, e
- não é provável que exija uma expansão futura.

Se o sistema ΔT for 10°F [5,6°C], considere aumentá-lo para 14°F [7,8°C] ou maior.

**Figura 2. Novos chillers da série da vazão primária variável (VPF)**



Solução:

- instale o medidor de vazão
- aumente o volume do loop, adicionando um tanque de reserva
- dimensione a linha de bypass para a maior vazão

## Caso 2: Conversão do Primário Secundário para Vazão primário variável

O sistema inclui dois chillers de 500 toneladas em uma configuração primária-secundária. O proprietário quer converter o sistema em vazão primário variável (VPF) e adicionar um pequeno chiller de recuperação de calor (30 toneladas).

Esse serviço é “re-engenheirado” para:

- utilizar as bombas secundárias existentes (que podem atender os requisitos de vazão e queda de pressão),
- mudar o sensor de pressão diferencial de alta qualidade, que custa 1500 dólares, para um sensor de 100 dólares,
- conectar o chiller de recuperação de calor em paralelo com os chillers existentes (Figura 3).

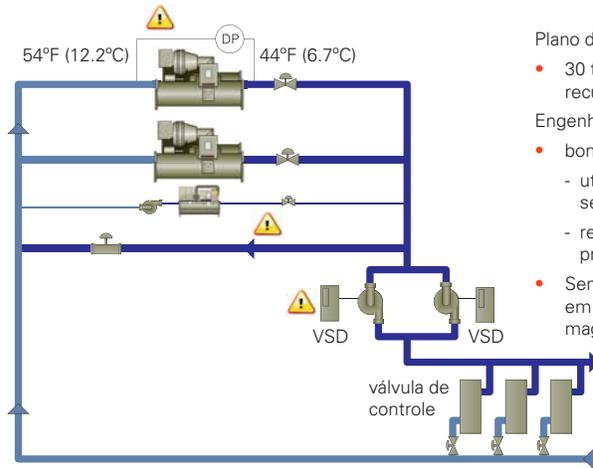
**Questão 1: As bombas são posicionadas incorretamente para permitir o bypass para uma vazão mínima.** A água não pode fluir da direita para a esquerda na linha de bypass, assim a vazão mínima não poderá ser mantido.

**Solução 1: Em vez de converter para uma vazão primário variável total, considere converter para a vazão variável primário/variável secundário.** Como o nome indica, um sistema variável primário/variável secundário (Figura 4) emprega uma vazão variável primário (chiller) bem como uma vazão variável secundário (serpentina). Na adaptação de um sistema, a utilização das bombas existentes já instaladas é geralmente simples. Em contraste, a conversão para primário secundário requer alterações significativas na tubulação, e as bombas secundárias devem ser deslocadas e possivelmente aumentadas em tamanho.

Para converter para variável primária/variável secundária:

- Entre em contato com o fornecedor do chiller para assegurar que os controles da unidade de refrigeração podem tolerar uma vazão de água variável do evaporador. Caso contrário, atualize os controles da unidade.
- Adicione variadores de frequência (VSDs) às bombas primárias (verifique se os motores das bombas são compatíveis).
- Acrescente um sensor de pressão diferencial de alta qualidade em cada evaporador.

Figura 3. Caso 2: Após a conversão de valor em VPF



Plano de conversão VPF:

- 30 toneladas adicionais de recuperação de calor
- Engenharia de valores:
- bombas
    - utilize as bombas secundárias, não as mova
    - remova as bombas primárias
  - Sensor DP de 100 dólares em vez de fluxímetro magnético

- Adicione um par combinado de sensores de temperatura para monitorar o retorno do sistema- temperatura da água e a temperatura da água de retorno do chiller.
- Controle os VSDs da bomba primária para manter a temperatura da água de retorno do chiller um ou dois graus mais baixa do que a temperatura da água de retorno do sistema. Isso assegura que há sempre um pouco mais de água gelada a ser produzida do que a exigida.
- Se o controle da temperatura resultar na queda da vazão do chiller abaixo da vazão mínima, aumente a velocidade da bomba para manter a vazão mínima exigido.

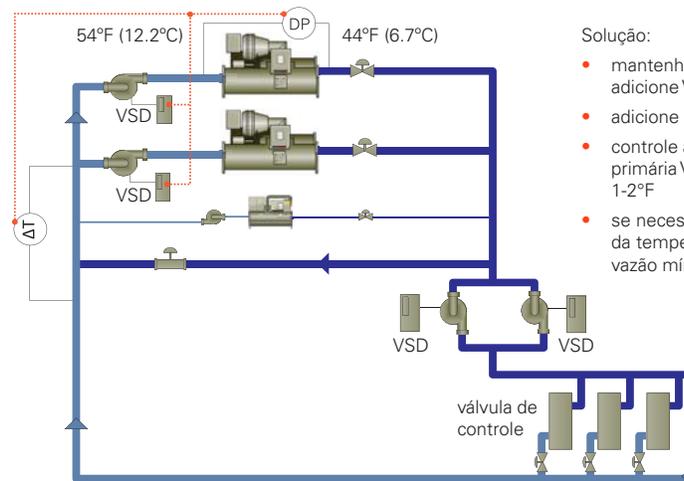
repetibilidade necessárias para operar um sistema de vazão primário variável. Infelizmente, isso parece ocorrer com frequência. Sugerimos que resista à tentação de reduzir custos quando o valor será perdido. Um sistema VPF funciona com base na vazão, assim a precisão é crítica.

**Solução 2: Especifique e instale um dispositivo de detecção de vazão preciso, confiável e consistente.** É muito importante que o dispositivo sensor de vazão seja preciso, confiável e consistente. Outro benefício de um sensor de maior qualidade é que, em geral, requer menos calibração. O custo de um dispositivo de sensor de vazão adequado estará muitas vezes mais próximo de 1000 dólares do que 100 dólares.

O Apêndice E informativo da Diretriz ASHRAE 22-20083 fornece um exemplo de precisão de medição de vazão e linguagem de especificação da precisão.

**Questão 2: É provável que o dispositivo sensor de vazão não seja suficientemente preciso.** É muito pouco provável que um sensor de pressão diferencial de 100 dólares forneça a precisão, confiabilidade e

Figura 4. Conversão para variável primária-variável secundária



Solução:

- mantenha as bombas primárias e adicione VSDs
- adicione sensores DP e  $\Delta T$
- controle a velocidade da bomba primária VSD para manter  $\Delta T$  de 1-2°F
- se necessário, cancele o controle da temperatura para manter uma vazão mínima

**Problema 3: Chiller com recuperação de calor mal localizado.** Problemas de vazão e controle podem resultar quando um chiller menor for conectado em paralelo com chillers maiores. Quando os evaporadores são conectados em paralelo, os chillers são carregados em percentagens iguais. Isso não permite que o chiller de recuperação de calor seja carregado preferencialmente ou que forneça a temperatura e quantidade de água quente desejada.

**Solução 3: Faça a tubulação do chiller de recuperação de calor na posição sidestream (lateral).** A configuração sidestream (Figura 5) - permite que o chiller de recuperação de calor:

- Seja preferencialmente carregado, uma vez que recebe a temperatura de retorno da água mais quente.
- Opere como um "aquecedor" para fazer a temperatura desejada da água do condensador de saída. A água gelada produzida reduz a carga sobre os chillers centrais.
- Satisfaz os requisitos necessários de vazão de evaporador, independentemente da operação de outros chillers.

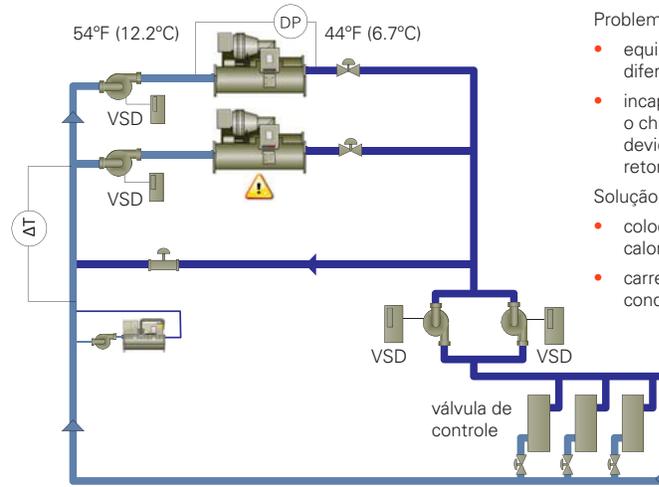
### Caso 3: Conversão de um sistema de conexão em paralelo para um sistema em série, e de $\Delta T$ "Convencional" para aumentado. .

Esse sistema de 400 toneladas inclui dois chillers arrefecido com água conectados em paralelo. Os chillers e as serpentinas de tratamento de ar foram selecionadas com temperaturas de água de 54°-44°F. O sistema serve uma escola, que não tem um operador de planta treinado no local - a simplicidade é benéfica.

Os funcionários da escola prefeririam chillers arrefecidos a ar para eliminar os requisitos de manutenção das torres de arrefecimento. Eles decidiram utilizar 50% de glicol para evitar que o fluido congele no inverno. Não devem ser feitas quaisquer alterações no lado ar do sistema. Além disso, são desejadas reduções do consumo de energia.

Para esse cenário, vamos examinar alguns equívocos comuns que podem confundir um novo engenheiro.

**Figura 1. Caso 1: Nova vazão primário variável (VPF)**



Problemas:

- equilíbrio de vazão entre chillers diferentes
- incapacidade de carregar totalmente o chiller de recuperação de calor devido à temperatura da água de retorno misturada

Solução:

- coloque o chiller de recuperação de calor na posição "sidestream"
- carregue usando temperaturas do condensador-saída ou água gelada

**Equívoco 1: As serpentinas existentes não podem ser re-selecionadas com diferenças de temperatura mais elevadas.**

**Solução 1: As serpentinas são meios de transferência de calor que podem ser selecionadas em muitas condições.** A tabela 1 mostra uma serpentina originalmente selecionada para uma temperatura  $\Delta T$  de 10°F [5,6°C] de água gelada resselecionada para produzir a mesma capacidade de refrigeração. Isto pode ser feito se a temperatura de entrada da água for mais baixa e resultar em uma vazão mais baixa e em uma temperatura  $\Delta T$  de água gelada mais elevada. Essa alteração não tem qualquer efeito sobre o lado do ar do sistema, mas tem um impacto substancial sobre o lado da água.

As vantagens dos chillers em série (Figura 6) para produzir maior  $\Delta T$  da água gelada foram discutidas anteriormente no Caso 1.

Ao fazer alterações da temperatura e da vazão de abastecimento de água nos sistemas existentes, considere os seguintes fatores:

- Muitas serpentinas nas unidades de tratamento de ar têm uma área de transferência de calor adequada para funcionar de forma semelhante aos dados da Tabela 1. Por outro lado, se uma serpentina tem uma capacidade limitada de transferência de calor (por exemplo, pequenas serpentinas de duas filas), é pouco provável que funcione bem no

caso de resselecionar uma  $\Delta T$  maior.

- Qual é a temperatura mais fria (ou mais baixa) de fornecimento de água gelada possível antes de se formar a condensação dentro do isolamento da tubulação? Muitas vezes com o isolamento da tubulação existente, a temperatura da água de abastecimento reduzida a 40°F [4,4°C] pode ser bem sucedida, mas talvez não a 36°F [2,2°C].
- Se as válvulas de controle da serpentina fossem superdimensionadas a  $\Delta T$  10°F [5,6°C], elas são ainda mais superdimensionadas a uma  $\Delta T$  maior e a uma vazão menor. As válvulas podem precisar de ser mudadas para permitir um bom controle.

**Equívoco 2: Utilização de válvulas de três vias como método de bypass pode utilizar mais energia na bomba.**

**Solução 2: Sim, mas isso é atenuado por uma série de fatores.**

- Primeiro, a vazão do sistema caiu quase 38% devido ao  $\Delta T$  maior pelas serpentinas e à redução da vazão de água. Essa vazão menor resulta em uma menor queda de pressão do sistema e na potência da bomba.

**Tabela 1. Resseleção da serpentina do condutor de ar utilizando baixa temperatura da água de entrada**

	seleção original	resseleção
capacidade (MBh) [kW]	504 [148]	504 [148]
temperatura da água de entrada (°F) [°C]	44 [6,7]	41 [5,8]
vazão (gpm) [L/s]	101 [6.37]	63 [4.0]
temperatura da água de saída (°F) [°C]	54 [12.2]	57 [13.9]
$\Delta T$ da água (°F) [°C]	10 [5.5]	16 [8.0]

- Em muitos sistemas de vazão constante, é difícil adaptar um bypass, válvula de controle e controlador para o sistema. Deixando válvulas de três vias para permitir a vazão mínima requerido do chiller pode ser uma forma simples e rentável de converter um sistema de vazão constante para variável.
- A velocidade mínima da bomba pode ser definida para atingir a vazão mínima com todas as válvulas bidirecionais convertidas fechadas.

A utilização de válvulas de três vias como método de derivação é um bom compromisso entre simplicidade e desempenho.

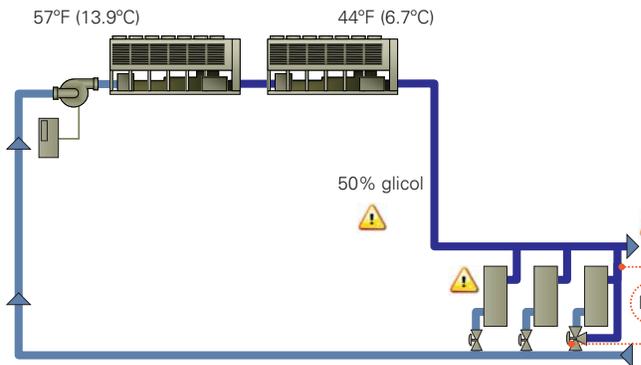
### Equívoco 3: Mais glicol é melhor.

Quando se adiciona anticongelante a um sistema, a viscosidade do fluido e a potência da bomba são frequentemente consideradas. Contudo, esses impactos podem ser pequenos em comparação com o efeito sobre a capacidade de transferência de calor do chiller e da serpentina - que pode ser degradada em 30 por cento ou mais.

### Solução 3: Acrescente apenas o nível de anticongelante necessário.

Em geral, utilize a menor quantidade de anticongelante para proteger adequadamente o sistema. Isso minimiza o primeiro custo do próprio anticongelante, além de minimizar o primeiro custo e o impacto do custo operacional nas superfícies e bombas de transferência de calor. Ao adicionar um anticongelante a um sistema existente, assegure que as capacidades do chiller e da serpentina são adequadas dado o nível de anticongelante.

Figura 6. Modernização de chillers da série VPF



- Mudanças de modernização:
- novos chillers em série
  - envie água a 41°F para as serpentinas existentes para aumentar a  $\Delta T$
  - nova bomba com VFD
  - deixe as válvulas de 3 vias iguais a vazão mínima do chiller
  - Adicione o sensor de pressão diferencial na AHU remota para controlar a velocidade da bomba
  - adicione 50% de glicol ao sistema para proteção contra o congelamento

### Congelamento vs. proteção contra ruptura

À medida que a temperatura desce abaixo do ponto de congelamento da solução de glicol, os cristais de gelo começam a formar-se. Como a água congela primeiro, a solução de glicol restante é ainda mais concentrada e permanece um fluido. Os cristais de gelo resultantes e a combinação de fluidos formam um lodo. O volume do fluido aumenta à medida que esse resíduo se forma e flui para o volume de expansão disponível.

A proteção contra o congelamento indica a concentração de anticongelante necessária para evitar a formação de cristais de gelo à temperatura indicada. A proteção contra ruptura indica a concentração necessária para evitar danos no equipamento (por exemplo, ruptura dos tubos da serpentina). A proteção contra ruptura requer uma concentração mais baixa de glicol, o que resulta numa menor degradação da transferência de calor.

Para um sistema VAV de água resfriada, uma vez que a serpentina de resfriamento é normalmente desligada durante o período de clima congelante, a proteção contra ruptura é normalmente suficiente. A proteção contra o congelamento é obrigatória nos casos em que não é permitida a formação de cristais de gelo (tal como um loop de serpentina que funciona durante o tempo muito frio).

Quando é utilizado um chiller refrigerado a ar, uma abordagem alternativa é utilizar uma unidade de condensação (condensador e compressor) localizada no exterior, com um evaporador remoto localizado em uma casa de máquinas interna. Os dois componentes são ligados com uma tubulação de refrigerante instalada no campo. Essa configuração localiza a parte do sistema que é susceptível ao congelamento (evaporador) interno e ainda utiliza um condensador arrefecido a ar externo.

#### Concentração necessária para proteção contra congelamento vs. proteção contra ruptura

temperatura °F (°C)	etileno glicol		propileno glicol	
	concentração volumétrica (% volume)		concentração volumétrica (% volume)	
	proteção contra o congelamento	proteção contra ruptura	proteção contra o congelamento	proteção contra ruptura
20 (-7)	16	11	18	12
10 (12)	25	17	29	20
0 (-18)	33	22	36	24
-10 (-23)	39	26	42	28
-20 (-29)	44	30	46	30
-30 (-34)	48	30	50	33
-40 (-40)	52	30	54	35
-50 (-46)	56	30	57	35
-60 (-51)	60	30	60	35

Origem: Dow Chemical Company. 2008. HVAC Application Guide: Heat Transfer Fluids for HVAC and Refrigeration Systems [www.dow.com/heattrans](http://www.dow.com/heattrans)

## Últimas reflexões

Embora seja muitas vezes mais marcante experimentar problemas nessa área, é mais barato e muito menos doloroso aprender com os outros!

Todos nós podemos ouvir os que têm experiência, fazer perguntas para sondagem, e tentar aprender. Assim, a indústria pode ser promovida, fornecer sistemas de maior desempenho que resultam em proprietários e ocupantes de edifícios mais satisfeitos.

Esse artigo baseia-se em um seminário apresentado por Mick Schwedler, Trane e Jason Atkisson, Engenheiros Afiliados, durante a ASHRAE 2013, reuniões anuais em Denver. O reconhecimento do Sr. Atkisson nesse boletim não implica de forma alguma o aprovação de um fornecedor ou fabricante de sistemas específico por parte de engenheiros afiliados ou do Sr. Atkisson. Pode encontrar essa edição ou anteriores no boletim informativo dos Engenheiros em [www.trane.com/engineersnewsletter](http://www.trane.com/engineersnewsletter). Para fazer comentários, entre em contato pelo e-mail [ENL@trane.com](mailto:ENL@trane.com).

## Referências

- [1] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2010. *ASHRAE Green Guide: The Project, Construction, and Operation of Sustainable Buildings*, 3rd ed. Atlanta, GA: ASHRAE.
- [2] Taylor, S. 2011. "Optimizing Projeto & Control of Chilled Water Plants; Part 3: Pipe Sizing and Optimizing  $\Delta T$ " *ASHRAE Journal*. 53(12):22-34.
- [3] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2008. *ASHRAE Guideline 22: Instrumentation for Monitoring Central Chilled Water Plant Efficiency*, Appendix E. Atlanta, GA: ASHRAE.

# 2014 Engenheiros Boletim informativo AO VIVO!

Para detalhes sobre o evento e registro,  
entre em contato com o seu escritório  
local da Trane.

## Maio Aplicação da vazão variável do refrigerante (VRF)

## Outubro Sistemas de terminais de água resfriada

[www.Trane.com/bookstore](http://www.Trane.com/bookstore)

**Saiba sobre as estratégias do projeto HVAC e ganhe créditos**



**Clínica do ar condicionado.** Uma série de apresentações educacionais que ensinam os fundamentos HVAC, equipamentos e sistemas. As séries incluem livros coloridos para estudantes, que podem ser adquiridos individualmente. Aprovado pelo Instituto Americano de Arquitetos para unidades de ensino 1.5 (saúde, segurança e bem-estar). Entre em contato com seu escritório local da Trane para inscrever-se para o treinamento em sua área.

**Boletim Informativo dos Engenheiros ao vivo.** Uma série de programas de 90 minutos que fornecem informações técnicas e educativas sobre aspectos específicos do projeto e controle do HVAC. Os tópicos vão desde estratégias de sistemas do lado da água e do lado do ar até normas ASHRAE e códigos da indústria. Entre em contato com seu escritório local Trane para agendar um horário ou visualizar programas passados, visitando [www.trane.com/ENL](http://www.trane.com/ENL).

**Crédito de educação continuada sob demanda para LEED® e AIA.** Estes programas de 90 minutos sob demanda estão disponíveis gratuitamente. A lista de tópicos de HVAC inclui muitos cursos específicos do LEED. Consulte os cursos mais recentes: Instalações de água gelada com velocidade variadas e VAV de zona simples. Todos os cursos disponíveis em [www.trane.com/continuingeducation](http://www.trane.com/continuingeducation).

**Boletim Informativo dos Engenheiros.** Esses artigos trimestrais cobrem tópicos adequados relacionados com ao projeto, aplicação e/ou operação de sistemas HVAC comerciais e aplicados. Subscriba-se em [www.trane.com/EN](http://www.trane.com/EN).

**Manuais de aplicação.** Guias de referência abrangentes que podem aumentar os seus conhecimentos de trabalho em sistemas comerciais de HVAC. Os tópicos abrangem desde combinações de componentes e conceitos de projeto inovadores até estratégias de controle de sistemas, questões industriais e fundamentos. Os seguintes são apenas alguns exemplos. Por favor, consulte [www.trane.com/bookstore](http://www.trane.com/bookstore) para obter uma lista completa de manuais disponíveis para pedido.

Os **Sistemas Geotérmicos Centrais** discutem sobre o projeto e controle adequados de sistemas centrais geotérmicos bidirecionais em cascata que utilizam rendimentos de perfuração. Esse manual abrange a tubulação do sistema geotérmico central, considerações do projeto do sistema e sobre o lado do ar. (SYS-APM009-EN, fevereiro de 2011)

Os **Sistemas VAV de água resfriada** discute as vantagens e desvantagens do sistema, revisa os vários componentes que compõem o sistema, propõe soluções para desafios de equipamentos comuns, explora várias variações do sistema e discute o controle ao nível do sistema. (SYS-APM008-EN, atualizado em maio de 2012)

Os **Sistemas de bombas de calor de fonte de água e de fonte terrestre** examinam componentes, configurações, opções e estratégias de controle de sistemas de água gelada. O objetivo é fornecer aos projetistas de sistemas opções que possam utilizar para satisfazer os desejos dos proprietários dos edifícios. (SYS-APM010-EN, atualizado em novembro de 2013)



Trane,  
Um negócio da Ingersoll Rand

Para obter mais informações, entre em contato  
com seu escritório Trane local ou envie-nos um  
e-mail [comfort@trane.com](mailto:comfort@trane.com)

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