Estratégias de refrigeração para racks e servidores blade de alta densidade

White Paper 46

Revisão 7

Por Neil Rasmussen

> Sumário Executivo

A implantação de equipamentos de TI de alta densidade, como servidores blade, pode resultar em um consumo de 10 kW de potência ou mais por rack. Isso cria difíceis desafios em matéria de refrigeração para ambientes de data center, devido ao fato de o consumo médio de potência no setor ser inferior a 2 kW por rack. Este relatório descreve cinco estratégias para implantar racks com níveis de potência elevado, que incluem soluções práticas tanto para novos data centers como para aqueles já existentes.

Conteúdo

clique em uma seção para ter acesso a ela

Introdução	2
Definição clara de densidade de potência no data center	2
Requisitos de potência e refrigeração para racks de alta densidade	6
Cinco estratégias para a implantação de racks e servidores blade de alta densidade	11
Valor de compactação	16
Conclusão	20
Recursos	21

APC by Schneider Electric White Papers são parte da livraria de White papers Schneider Electric, produzidos pelo centro científico de data centers Schneider Electric
DCSC@Schneider-Electric.com

Schneider Electric

Introdução

A potência consumida por equipamentos instalados em um rack pode variar enormemente. A potência média consumida por um gabinete em um data center é aproximadamente 1,7 kW, mas a potência máxima que se pode obter ao ocupar totalmente um rack com os servidores de alta densidade atualmente disponíveis no mercado, como os servidores blade, é de mais de 20 kW. Tais cargas excedem em muito a potência e capacidade do design de refrigeração do data center típico.

Operadores de data centers têm pouca experiência com gabinetes que consomem mais de 10 kW, mas as tendências recentes sugerem que muitos terão que enfrentar a necessidade de instalar e fornecer energia e refrigeração para racks de alta densidade separadamente ou em grupos.

À simples vista, pareceria que a solução para este problema seria projetar o data center de tal modo que ele fosse capaz de fornecer 20 kW de potência e refrigeração com redundância para cada gabinete. *Infelizmente, isso não é possível em termos técnicos nem é prático em termos econômicos na maioria dos casos*. Tomar decisões erradas na hora de projetar um data center de alta densidade pode multiplicar o custo da infraestrutura física durante a sua vida útil sem necessidade. Este relatório visa delinear estratégias práticas e efetivas para a implantação de gabinetes e servidores blade de alta densidade.

Em primeiro lugar, inclui-se uma revisão do conceito de densidade de potência. Em segundo lugar, examinam-se valores de densidade de potência reais tanto em novos data centers como em outros já existentes. São apresentados enfoques práticos para obtenção de altas densidades, juntamente com as suas limitações e benefícios. Por último, estratégias lógicas e práticas são apresentadas para implantação de equipamentos de computação de alta densidade.

Definição clara de densidade de potência no data center

Sérios mal-entendidos podem acontecer quando se fala de densidade de potência porque o significado do termo “densidade de potência” é ambíguo. Muitas vezes, a densidade de potência é expressa em Watts por metro quadrado ou Watts Watts por gabinete. Esta simples descrição é suficiente quando todos os gabinetes consomem a mesma potência. No entanto, em um data center real, a potência por gabinete varia enormemente. Na prática, os valores de densidade de potência medida por rack, por fila e por sala podem variar muito. A variação dos valores de densidade de potência por gabinete, por fila e por sala tem um impacto considerável no desenho do sistema de suporte da infraestrutura de energia e um impacto ainda maior no desenho do sistema de refrigeração.

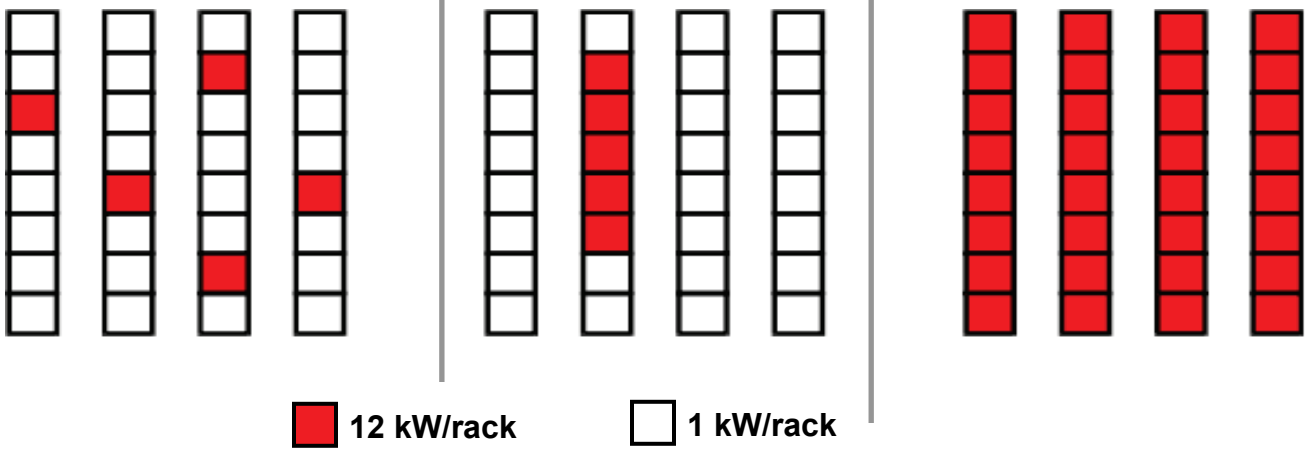
Os diferentes valores de densidade de potência medida por rack, por fila e por sala estão indicados na **Figura 1**[1]. Na figura abaixo, gabinetes de 12 kW são instalados em uma sala típica. Neste caso, 15% dos gabinetes na sala consomem 12 kW e o restante consome 1 kW. No segundo caso, a mesma percentagem de gabinetes consomem 12 kW, mas estão agrupados em uma única linha. No terceiro caso, todos os gabinetes na sala consomem 12 kW. Em cada um desses casos, a densidade de potência de pico é a mesma em 12 kW por rack, o que é convertido em 480 W/pé^2 (5,2 kW/m^2). No entanto, as densidades de potência por fila e por sala variam enormemente de um caso para outro.

[1] As densidades de rack e fila na **Figura 1** usam um valor de equivalência para o espaço que os racks ocupam no piso de 25 pés quadrados. Os valores de equivalência comuns para o espaço que os racks ocupam no piso oscilam entre 25 a 30 pés quadrados (2,3 e 2,8m2). Para obter mais informação sobre como representar a densidade de potência, consulte o White Paper 120, intitulado *Diretrizes para a especificação da densidade de potência de um data center*.

Figura 1

Densidade de potência em Watts por unidade de área, por rack, por fila e por sala para três configurações.

Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Máx. por Rack:	480 W/pé^2 (5,2 kW/m^2)	Máx. por Rack:	480 W/pé^2 (5,2 kW/m^2)	Máx. por Rack:	480 W/pé^2 (5,2 kW/m^2)
Máx. por fila:	150 W/pé^2 (1,6 kW/m^2)	Máx. por fila:	315 W/pé^2 (3,4 kW/m^2)	Máx. por fila:	480 W/pé^2 (5,2 kW/m^2)
Sala:	109 W/pé^2 (1,2 kW/m^2)	Sala:	109 W/pé^2 (1,2 kW/m^2)	Sala:	480 W/pé^2 (5,2 kW/m^2)



As diferenças entre as densidades de potência por rack, por fila e por sala indicada na **Figura 1** são representativas de diferentes instalações alternativas reais. Essas diferenças afetam muito o desenho da infraestrutura de energia e de refrigeração. O valor total do sistema de energia e do sistema de refrigeração é obtido simplesmente ao somar os valores das potências que são consumidas pelas cargas. Isso permite determinar sem dificuldade o tamanho total do UPS e dos equipamentos de ar condicionado nas salas de computação (CRACS). O principal problema no tocante à variação e aos valores máximos de densidade de potência está relacionado com a distribuição de potência e ar no data center.

Cabe notar que as descrições de densidade anteriores expressam o espaço total ocupado. Esse valor inclui espaços como corredores que, embora necessários, não fazem parte do espaço que cada gabinete ocupa no piso. Este é o método mais utilizado para descrever densidade e a terminologia empregada até aqui será utilizada em todo o relatório. No entanto, alguns materiais de leitura, principalmente no caso de material preparado pelos fabricantes OEM, descrevem densidade Watts por unidade de área, em que a área se restringe à área ocupada pelo rack. Quando valores de densidade são utilizados somente em relação ao espaço ocupado pelos equipamentos, é necessário fazer um ajuste para baixo em cerca de 75%.

Capacidade real em termos de densidade de potência dos data centers existentes

A Schneider Electric e outras organizações realizaram estudos com projetistas e operadores de data centers para determinar as densidades de potência com as quais os data centers funcionam na atualidade e os limites projetados para data centers e grandes salas de rede

novos e já existentes. Os dados na **Tabela 1** refletem um resumo dos dados de 2002-2003 de diversas fontes que incluem clientes corporativos, pessoal técnico e consultores de engenharia. O valor real de densidade de potência total por gabinete achado está de acordo com os valores achados em estudos recentes da Universidade da Califórnia em Berkeley.

Tabela1

Dados de estudos relativos a densidade de potência projetada e real em data centers

Característica	Média entre data centers	90% dos data centers registram um valor inferior a	Exemplo do valor mais alto encontrado
Densidade de potência projetada	35 W/pé^2 (0,38 kW/m^2)	60 W/pé^2 (0,65 kW/m^2)	200 W/pé^2 (2,15 kW/m^2)
Densidade de potência operacional real	25 W/pé^2 (0,27 kW/m^2)	40 W/pé^2 (0,43 kW/m^2)	150 W/pé^2 (1,61 kW/m^2)
Densidade de potência projetada por gabinete	1,1 kW/gabinete	1,8 kW/gabinete	6 kW/gabinete
Densidade de potência total real por gabinete	1,7 kW/gabinete	2 kW/gabinete	4 kW/gabinete
Média real de potência por gabinete no data center – por fila de racks com maior densidade	2 kW/gabinete	3 kW/gabinete	7 kW/gabinete
Gabinete com maior densidade de potência real no data center	3 kW	6 kW	12 kW

Nota: os gabinetes incluem racks e equipamentos como DASD e grandes computadores. Equipamentos maiores que um rack são considerados como vários racks com uma área total equivalente à área desses equipamentos.

Os dados indicam que a média da densidade de potência projetada nos data centers é de 35 W/pé quadrado^2 (0,377 kW/m^2) que corresponde a 1,1 kW por gabinete no caso de 30 pé^2 (2,79 m^2) por gabinete. O resultado pelo qual a potência média real por gabinete é maior que a potência média projetada é possível porque em média não se atinge a densidade projetada de 35 W/pé quadrado (0,38 kW/m^2) por gabinete. Isso acontece principalmente porque os gabinetes não ocupam toda a área dos data centers. Por exemplo, um data center cuja densidade de potência projetada é de 1,1 kW/gabinete com 30 pé^2 (2,79 m^2)^2 por gabinete talvez possa suprir uma densidade de potência por rack de 2,2 kW/gabinete se os gabinetes só ocuparem a metade da área disponível no piso.

Cabe notar que estes dados se referem somente a ambientes de produção. Em ambientes de desenvolvimento e teste, foram encontradas densidades de potência médias e máximas mais altas.

[2] Mitchell-Jackson, J.D., Koomey, J.G., Nordman, B., Blazek, M., *Data Center Requisitos de Energia: Avaliações do Vale do Silício*, 16 de maio de 2001. Tese de Mestrado, Grupo de Energia e Recursos, Universidade da Califórnia. Berkeley, Califórnia.

A **Figura 2** demonstra, a distribuição da frequência do consumo de energia por rack baseada em dados dos estudos.[3] Isto fornece esclarecimentos adicionais sobre os drivers de densidade de potência. Cada barra ou intervalo representa o percentual de racks que tem um consumo de energia na faixa de 500 W e o valor de kW indicado abaixo da barra. Por exemplo, a barra de 1,5 kW inclui gabinetes que têm um consumo de energia entre 1 kW eź1,5 kW.

Na **Figura 2**, vê-se que há um considerável número de gabinetes em um data center típico que consomem menos de 500 W. Esses gabinetes incluem painéis de conexão (patch panels) e racks com switches de baixa densidade e servidores de baixa densidade. Além disso, muitos destes racks têm um considerável espaço vertical aberto sem ser utilizado.

Observa-se ainda na **Figura 2** que o número de gabinetes que consomem mais de 2 kW de potência é muito menor que o número anterior e que o número de gabinetes que consomem mais de 8 kW é insignificante.

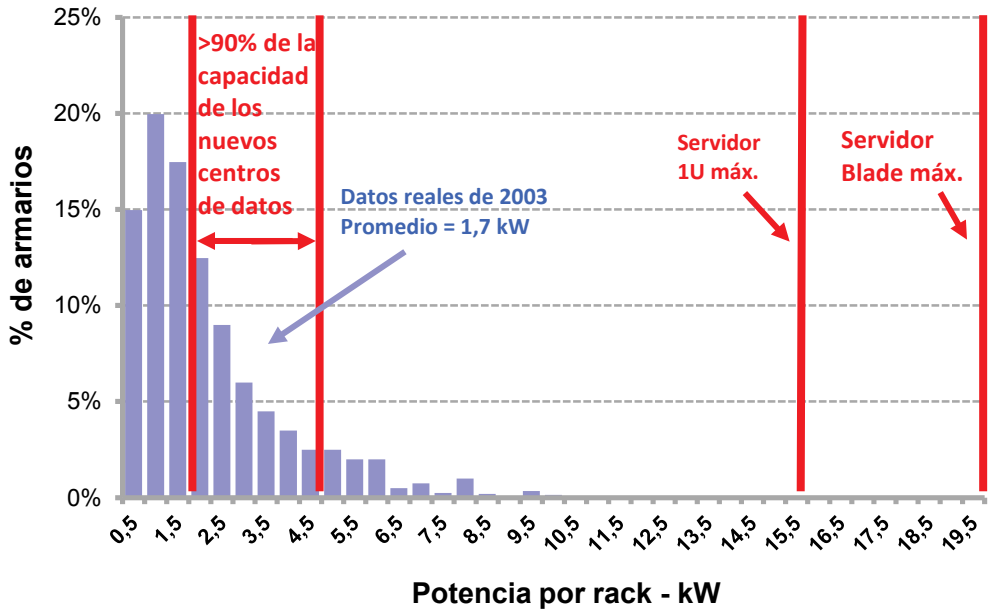


Figura 2

A distribuição de frequência de consumo de energia real de um rack, que reflete a relação com a configuração de rack de maior densidade possível

Sobre os valores reais de consumo de energia por gabinete na **Figura 2**, encontra-se uma série de linhas de referência. O primeiro par de linhas de referência indica a faixa de densidades de potência médias projetadas nos novos data centers, que está baseada em um estudo realizado com consultores de engenharia.

As duas linhas seguintes representam as densidades de potência que podem ser obtidas se todo o espaço dos racks for ocupado com servidores de mais alta densidade existentes atualmente no mercado, que são os servidores 1U e servidores blade. Esses valores superam em muito os valores projetados para os novos data centers e valores reais dos data centers existentes. Embora os servidores blade possam registrar densidades de potência por rack mais altas que os servidores 1U, cabe lembrar que com estas densidades de potência os servidores blade oferecem cerca do dobro de capacidade a mais que os servidores 1U e isto faz pensar que os servidores blade consomem aproximadamente 40% menos potência individualmente que os servidores 1U convencionais.

[3] É mais difícil obter estes dados que aqueles que aparecem na **Tabela 1** porque na maioria dos data centers não há instrumentos para medir a potência por rack. Em muitos casos, os dados precisam ser calculados com base nos dados relativos à potência real em um grupo de racks. Faz-se um rateio da potência entre os gabinetes usando os dados relativos ao consumo de energia de diversos fornecedores que a Schneider Electric guarda para utilizar em ferramentas de dimensionamento de sistemas UPS.

Com base nos dados mencionados, é possível fazer as seguintes observações:

- A maioria dos gabinetes nos data centers funcionam com uma potência mais baixa que o valor projetado para o data center
- Na prática, os equipamentos de computação de alta densidade não são instalados com a densidade máxima que eles podem atingir
- Os valores de densidade de potência que são mencionados habitualmente na imprensa não são obtidos por um número significativo de data centers atuais ou iminentes.

Para os fins deste relatório, a expressão “alta densidade” se refere a gabinetes que consomem mais de 3 kW, em que o valor de 3 kW corresponde ao limite superior da faixa de capacidade de refrigeração média nos data centers existentes.

Requisitos de potência e refrigeração para racks de alta densidade

Um exemplo de um gabinete de densidade muito alta seria uma instalação de servidores blade com seis chassis de servidores blade 7U montados em um rack 42U, cada chassis consumiria 3 kW e o requisito total de potência seria 18 kW. Isso significa que deve ser fornecido 18 kW de potência para o rack, e a refrigeração de 18 kW deve ser fornecida ao rack. Um sistema deste tipo seria considerado normalmente um sistema de missão crítica e o seu desenho deveria consistir em um esquema redundante tanto em termos de potência como de refrigeração.

Requisito de potência

Em termos de potência, é provável que este sistema blade de seis chassis precise de **(24)** de 20 A, tanto com 208 V como 230 V, em uma suposta configuração típica de quatro condutores para cada chassis de circuito duplo. O cabeamento para estes circuitos é volumoso e normalmente teria que ser instalado por cima dos equipamentos para evitar eventuais bloqueios da circulação do ar embaixo do piso elevado (no caso de se utilizar um piso elevado). Esta situação seria ainda mais certa se vários destes gabinetes estivessem situados perto um do outro. Por outro lado, se um piso elevado for utilizado, pode-se tornar o piso mais profundo e instalar o cabeamento nesse espaço. Em ambos os casos, é necessário instalar uma quantidade de fios adicionais e isso poderá ser difícil e custoso se o data center estiver em funcionamento. Com estes métodos, é possível oferecer potência redundante a um rack de alta densidade.

Requisito de refrigeração

A refrigeração de um rack de alta densidade acarreta um problema muito mais difícil que o suprimento de energia. O sistema de servidores blade, conforme descrito acima, precisaria de cerca de 2.500 cfm (pés cúbicos por minuto) ou (1.180 litros por segundo) de ar refrigerado na entrada (baseado em um valor comum de um aumento da temperatura do ar extraído de 20°F [11°C]) e a mesma quantidade de ar quente extraído da parte traseira do gabinete. Os equipamentos consumirão o volume de ar mencionado mesmo se o sistema de refrigeração não possa fornecê-lo. Se a sala não for capaz de fornecer esta quantidade de ar refrigerado, utilizará o seu gabinete utilizará o seu próprio ar quente que foi extraído (ou o ar extraído dos equipamentos adjacentes) e acabará superaquecendo. Quatro elementos são essenciais para atingir o nível de refrigeração necessário:

- Fornecer 2.500 cfm (1.180 litros por segundo) de ar refrigerado ao rack
- Eliminar 2.500 cfm (1.180 litros por segundo) de ar quente extraído do rack
- Manter o ar quente extraído longe do ar de entrada do equipamento
- Fornecer todas estas funções de modo redundante e ininterrupto

Cada uma destas funções é muito difícil de realizar. As dificuldades de cada uma das funções serão tratadas nas próximas seções.

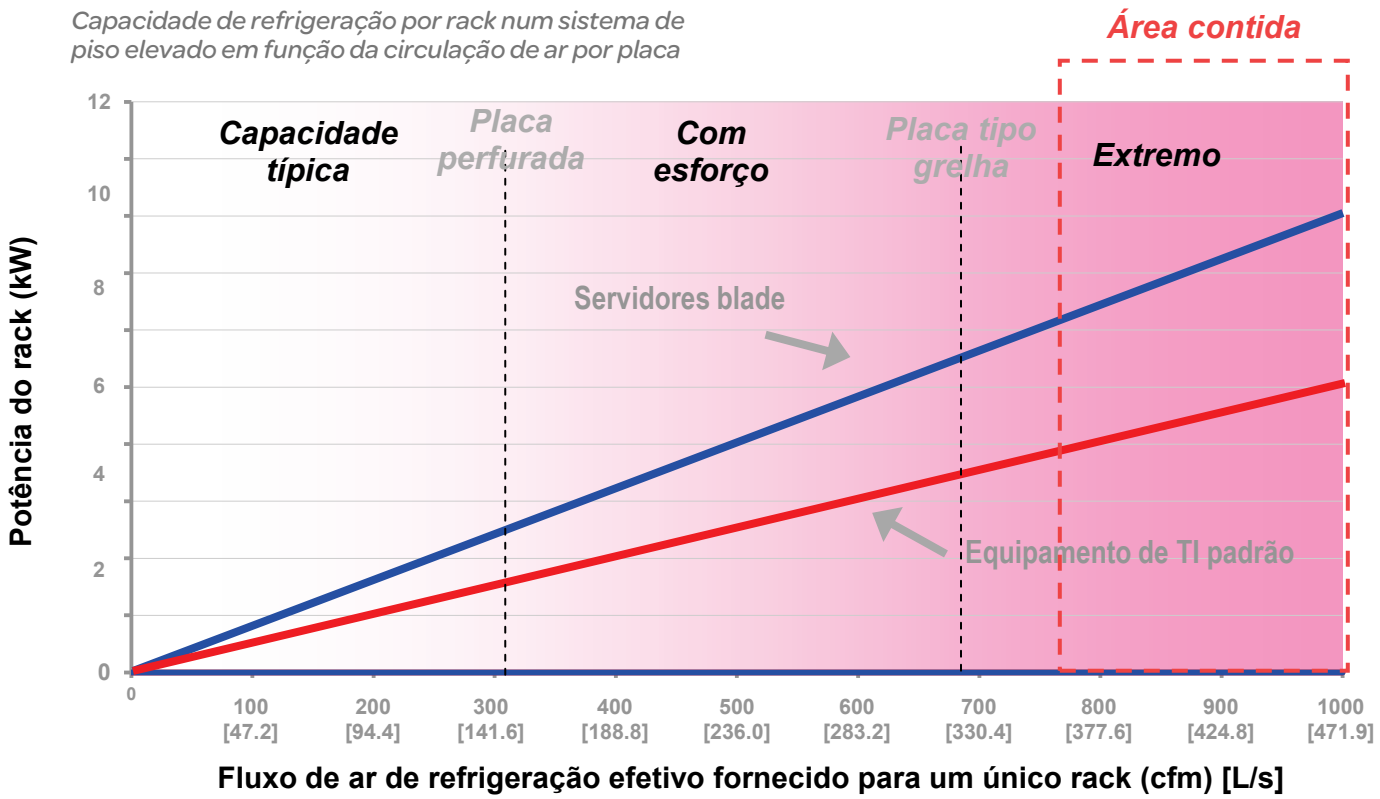
Fornecer 2.500 cfm (1.180 litros por segundo) de ar refrigerado ao rack

Um data center típico com piso elevado tem uma placa de piso ventilada para cada rack. As placas ventiladas em geral podem permitir a entrada de aproximadamente 300 cfm (142 litros por segundo) de ar refrigerado. Isto significa que o gabinete de 18 kW precisa de 8 placas de piso falso, ou seja, 8 vezes mais do que seria fornecido normalmente. As larguras dos corredores teriam que ser aumentadas e os espaços entre os racks também deveriam ser aumentados para permitir a colocação de 8 placas de piso falso por rack. Isto não é viável em um data center típico.

A **Figura 3** mostra a capacidade de refrigeração disponível de racks em função da circulação de ar por placa. Centros de fluxo de ar para o vazamento do ar frio ocorrem através da planta baixa que está aproximadamente em 25% do total de ar fornecido pelas unidades de resfriamento. Enquanto a capacidade de refrigeração aumenta com a circulação do ar da placa, a figura mostra que não faz sentido tentar obter uma maior capacidade de circulação do ar. A contenção de ar frio pode aumentar a capacidade derefrigeração do gabinete até aproximadamente 10 kW/rack. Cabe notar que a capacidade de refrigeração do piso elevado é maior no caso dos servidores blade que com os típicos equipamentos de TI. Isto se deve ao fato de os servidores blade precisarem, em média, de 40% menos circulação de ar com a mesma potência em comparação com equipamentos de TI típicos.

Figura 3

Capacidade de refrigeração por rack num sistema de piso elevado em função da circulação de ar por placa



A **Figura 3** indica que, para obter uma circulação de ar por placa de mais de 300 cfm (142 litros por segundo), precisa-se de uma infraestrutura especial, que inclui um projeto de piso elevado cuidadoso, a colocação de unidades CRAC e o controle de objetos que poderiam impedir a circulação de ar embaixo do piso, como tubulações, dutos e cabeamento.

Para obter uma circulação de ar por placa de mais de 500 cfm (236 litros por segundo), é necessário colocar placas de piso especiais, que são projetadas como grelhas metálicas abertas. Isso pode fornecer até 700 cfm (330 litros por segundo) por placa de piso em um data center típico. No entanto, o uso dessas grelhas altera radicalmente os gradientes de pressão embaixo do piso e tem um impacto sob a circulação de ar em áreas circundantes. A uniformidade e a previsibilidade da capacidade de refrigeração podem ser afetadas por esses efeitos, criando limitações indesejáveis e imprevisíveis quanto a capacidade de refrigeração.

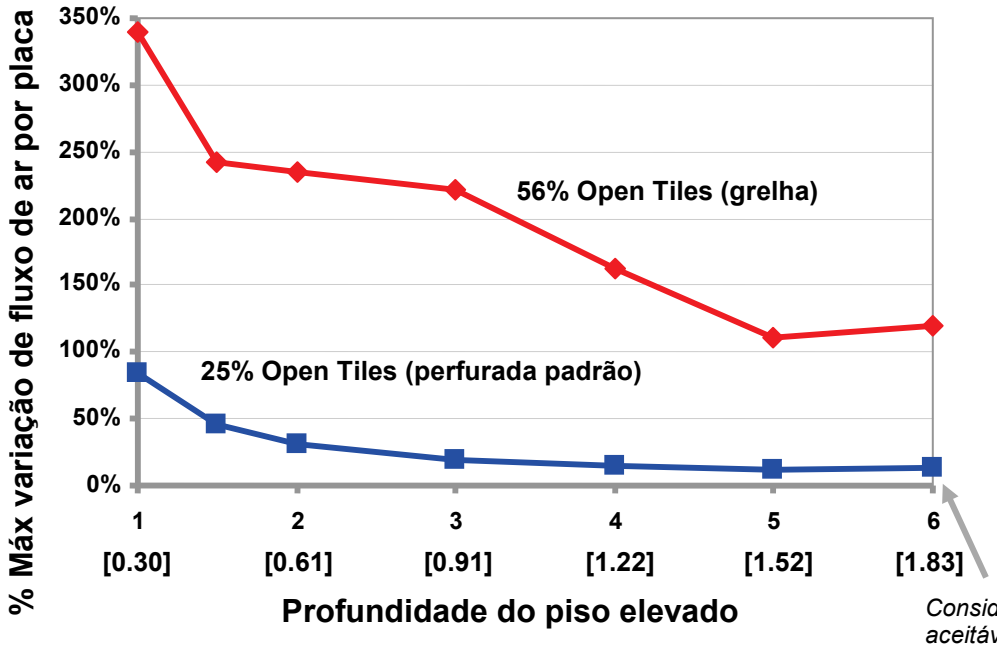
Frequentemente sugere-se que, ao aumentar a profundidade de um piso elevado, é possível corrigir vários problemas, que incluem a uniformidade da capacidade de refrigeração. Com o intuito de estudar este problema, a Schneider Electric utilizou a dinâmica de fluidos computacional (CFD) para simular os efeitos obtidos quando se muda a profundidade de um piso elevado nos projetos convencionais. Alguns resultados importantes desta pesquisa são mostrados na **Figura 4**. Os dados na figura mostram que a capacidade de refrigeração tem uma variação que está relacionada com a profundidade do piso elevado. Conforme esperado, a variação de capacidade de refrigeração por placa diminui à medida que aumenta a profundidade do piso elevado.

Contudo, há duas conclusões surpreendentes. Em primeiro lugar, estes dados são relativamente pouco afetados pela quantidade de ar que circula. Em outras palavras, a variação da capacidade de refrigeração por placa depende da geometria do piso projetado e é pouco afetada relativamente pela circulação de ar. A segunda conclusão surpreendente é que a variação da circulação de ar aumenta muito quando se utilizam placas de piso do tipo grelha aberta. Por exemplo, no caso de um piso elevado de dois pés (0,61 m), a variação pode ser em torno de 30% para uma placa perfurada padrão, mas 230% para uma placa do tipo grelha aberta. Na verdade, no caso da placa do tipo grelha aberta, às vezes a circulação de ar se reverte e as placas levam o ar para baixo em vez de levá-lo para o equipamento de TI.

Variações na circulação de ar nas placas são indesejáveis, mas há sempre uma certa compensação e certo compartilhamento da circulação de ar em um data center; portanto, uma variação na circulação de ar de 30% em placas individuais deve ser considerada aceitável. No entanto, as enormes variações indicadas para placas do tipo grelha na **Figura 4** não seriam aceitáveis porque uma parte dos racks não receberia suficiente capacidade de refrigeração. Ainda cabe notar que, embora seja útil aumentar a profundidade do piso elevado, isso não resolve o problema no sentido de oferecer uma profundidade de piso viável. Portanto, embora o uso ocasional de uma placa tipo grelha possa ajudar, estes dados sugerem que a utilização de tais placas não é um modo efetivo de aumentar a capacidade de densidade de potência total de um data center.

Figura 4

A variação da circulação de ar em função da profundidade do piso elevado com dois tipos de placa



Mesmo no caso da implementação de um desenho de refrigeração "extremo", a **Figura 3** indica que seriam necessárias 3 a 4 placas tipo grelha para refrigerar um hipotético rack que consome 18 kW. No entanto, o layout de um data center típico tem apenas 1 placa de piso por gabinete de rack. Estes dados em combinação com os dados relativos à variação da circulação de ar na **Figura 4** fazem pensar que **o desenho de um data center convencional, com uma placa ventilada por rack, simplesmente não permite refrigerar racks que consomem mais de aproximadamente 6 kW por rack em uma área extensa**. Este valor pode aumentar até 10 kW por rack sobre uma área extensa quando utilizado com um sistema de confinamento de corredor quente ou frio. Para saber mais sobre a confinamento, consulte o White Paper 143, *Contenção com corredor quente x contenção com corredor frio*.

Link para a fonte
White Paper 135
Contenção com corredor quente x contenção com corredor frio

Rejeitar 2.500 cfm (1.180 litros por segundo) de ar quente extraído do gabinete

Há três maneiras de devolver o ar para o sistema de refrigeração: pela sala, por um duto ou pela câmara no teto. Em condições ideais o ar quente extraído do equipamento seria levado diretamente de volta para o sistema de refrigeração sem se misturar com o ar ambiente ou sem se misturar com o ar de entrada do equipamento. Isto requer um caminho de retorno direto e livre. Como referência, para levar 2.500 cfm (1,.180 litros por segundo) em um duto redondo de 12 polegadas (30 cm) é necessária uma velocidade de ar de 35 milhas por hora (56 km/h). Um modo de resolver isto seria com um teto elevado e aberto com um retorno de ar global situado centralmente em um ponto alto. Contudo, em muitos data centers, o retorno de ar precisa ser levado por dutos de retorno ou uma câmara em um teto suspenso e em muitos outros o retorno de ar total deve ser feito dentro da sala, por debaixo de um teto que está poucos pés acima dos gabinetes. Estes casos apresentam desafios técnicos de layout.

Quanto à disponibilidade, a capacidade de ar de retorno em um rack específico está sujeita às mesmas limitações que a capacidade de suprimento de energia. Como no caso do fornecimento, para ter uma capacidade de ar de retorno por rack de mais de aproximadamente 400 cfm (189 litros por segundo) em uma área extensa é preciso um layout especial para garantir níveis de desempenho e redundância necessários do sistema.

Manter o ar quente extraído longe do ar frio de entrada no rack

O caminho mais curto para o ar chegar até a entrada de ar do equipamento de TI é o caminho de recirculação do ar extraído do próprio equipamento. Uma parte essencial do layout de um data center visa que os caminhos de fornecimento do ar refrigerado e de retorno do ar quente extraído prevaleçam sobre o caminho de recirculação, que é tão prejudicial. Isso se traduz em um grande desafio no caso dos ambientes de alta densidade porque as altas velocidades da circulação do ar precisam superar as resistências dos sistemas de distribuição e retorno de ar. Os painéis de isolamento, descritos mais adiante neste relatório, representam uma solução efetiva para evitar a recirculação dentro do rack. Este e outros tipos de recirculação são tratados em maior detalhe no White Paper 49, intitulado *Como evitar erros que colocam em risco o desempenho do sistema de refrigeração em data centers e salas de rede*.

Link para a fonte
White Paper 49

Como evitar erros que colocam em risco o desempenho do sistema de refrigeração em data centers e salas de rede

Fornecer todas estas funções de modo redundante e ininterrupto

Em um data center de alta disponibilidade, as cargas devem continuar funcionando durante o tempo de inatividade programado das unidades CRAC - ou mesmo durante o tempo de inatividade que não estava programado. Isso significa que a refrigeração precisa ser redundante, ou seja, deve estar disponível mesmo quando alguma unidade CRAC individual não estiver funcionando. No data center convencional, múltiplas unidades CRAC são utilizadas para abastecer um piso elevado compartilhado ou uma câmara de distribuição no alto, que supostamente soma as saídas de todas as unidades CRAC e fornece pressão uniforme em toda a câmara de distribuição de ar. O sistema é projetado para atender os requisitos da circulação de ar e refrigeração quando alguma unidade de CRAC não estiver funcionando.

Quando aumenta a densidade de potência operacional de um data center convencional, aumenta a circulação de ar nas áreas da câmara de distribuição e as hipóteses fundamentais acerca do funcionamento do sistema compartilhado da câmara de distribuição começam a perder força. O desligamento de uma unidade CRAC individual pode alterar radicalmente as velocidades da circulação de ar locais dentro da câmara de distribuição. A circulação de ar em uma placa de piso individual pode inclusive se reverter e levar ar para o piso como resultado do efeito venturi. A operação do sistema de refrigeração sob condições com falhas se torna menos previsível à medida que a densidade de potência vai aumentando. Por esta razão, instalações de alta densidade são simuladas frequentemente utilizando métodos de simulação numéricos (dinâmica de fluidos computacional – CFD) para determinar se há redundância.

Em um ambiente de alta densidade, também surgem desafios quanto ao conceito de refrigeração ininterrupta. Um sistema de refrigeração de um data center convencional recebe energia de standby de um gerador auxiliar e não do sistema de energia ininterrupta (UPS). O período de demora até a entrada em funcionamento do gerador é aceitável nos data centers típicos porque a perda de refrigeração e fornecimento de ar durante aqueles 5 a 20 segundos, em que o gerador começa a funcionar, causa um aumento da temperatura de apenas 1°C (1,8°F) aproximadamente. No entanto, no caso da instalação de cargas de alta densidade na ordem de 18 kW por rack, seria inaceitável que houvesse um aumento da temperatura do ar de 8 a 30°C (14 a 54°F) durante o período de demora até a entrada em funcionamento do gerador. Portanto, em uma instalação de alta densidade, é necessário que os ventiladores e as bombas CRAC funcionem sem parar – em alguns casos mesmo as unidades CRAC em si – para assegurar refrigeração contínua e sem interrupções. A necessidade de ter um sistema de refrigeração no UPS é um dos fatores principais que aumenta o custo e um grande obstáculo na hora de implantar soluções de computação de alta densidade.

Cinco estratégias para a implantação de gabinetes e servidores blade de alta densidade

Existem cinco estratégias básicas para implantação de gabinetes e servidores blade de alta densidade:

1. Distribuição da carga. Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor abaixo do valor máximo por gabinete e distribua a carga de todos os gabinetes a serem instalados, que tenham uma carga superior ao valor médio no projeto, dividindo o equipamento entre vários gabinetes de rack.
2. "Empréstimo da capacidade de refrigeração" baseado em regras. Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor médio abaixo do valor máximo por gabinete e implemente regras para permitir que os racks de alta densidade tomem emprestada a capacidade de refrigeração não utilizada por racks adjacentes.
3. Refrigeração adicional. Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor médio abaixo do valor máximo por gabinete e utilize equipamentos de refrigeração adicional, conforme necessário, para refrigerar os racks que tenham maior densidade que o valor médio projetado.
4. Áreas de alta densidade dedicadas. Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor médio abaixo do valor máximo por gabinete, prepare uma área restrita especial dentro da sala que tenha alta capacidade de refrigeração e coloque os gabinetes de alta densidade somente nessa área.
5. Refrigeração da sala inteira. Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração para cada rack ao valor de densidade máxima prevista por gabinete.

Cada uma destas abordagens será tratada juntamente com as suas vantagens e desvantagens.

Método 1: distribuição da carga

Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor abaixo do valor máximo por gabinete e distribua a carga de todos os gabinetes a serem instalados, que tenham uma carga superior ao valor médio no projeto, dividindo o equipamento entre vários gabinetes de rack..

Esta é a solução mais escolhida atualmente para instalação de equipamentos de alta densidade nos data centers. Felizmente, os servidores 1U e servidores blade não precisam ser instalados muito perto uns dos outros no mesmo gabinete e podem ser distribuídos em diversos racks. Ao dividir o equipamento entre os racks, nenhum rack precisa superar a densidade de potência projetada e consequentemente o desempenho de refrigeração é previsível.

Link para a fonte
White Paper 44
Como melhorar o desempenho do sistema de refrigeração dos racks com painéis de isolamento

Cabe notar que a distribuição do equipamento em diversos racks deixa uma boa quantidade de espaço vertical sem ser utilizado dentro dos diferentes racks. Este espaço precisa ser ocupado por painéis de isolamento para evitar uma redução do desempenho de refrigeração conforme descrito no White Paper 44, intitulado *Como melhorar o desempenho do sistema de refrigeração dos racks com painéis de isolamento*. Na **Figura 5** encontra-se um exemplo de um painel de isolamento modular encaixável e projetado para selar racks.

Figura 5

Exemplo de um painel de isolamento de rack modular encaixável, projetado para implantação em massa em data centers para controle da circulação de ar (APC Nº AR8136BLK)

Detalhe do dispositivo de encaixe

A necessidade de distribuir os equipamentos de alta densidade em vários racks está baseada frequentemente em outros fatores além da refrigeração. Pode não ser viável ou prático levar uma quantidade de cabos de alimentação ou dados ao rack e, no caso de servidores 1U, a quantidade de cabos na parte traseira do gabinete pode bloquear muito o ar ou inclusive impedir que as portas traseiras se fechem.

Método 2: "empréstimo da capacidade de refrigeração" baseado em regras

Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor médio abaixo do valor máximo por gabinete e implemente regras para permitir que os racks de alta densidade tomem emprestada a capacidade de refrigeração não utilizada por racks adjacentes..

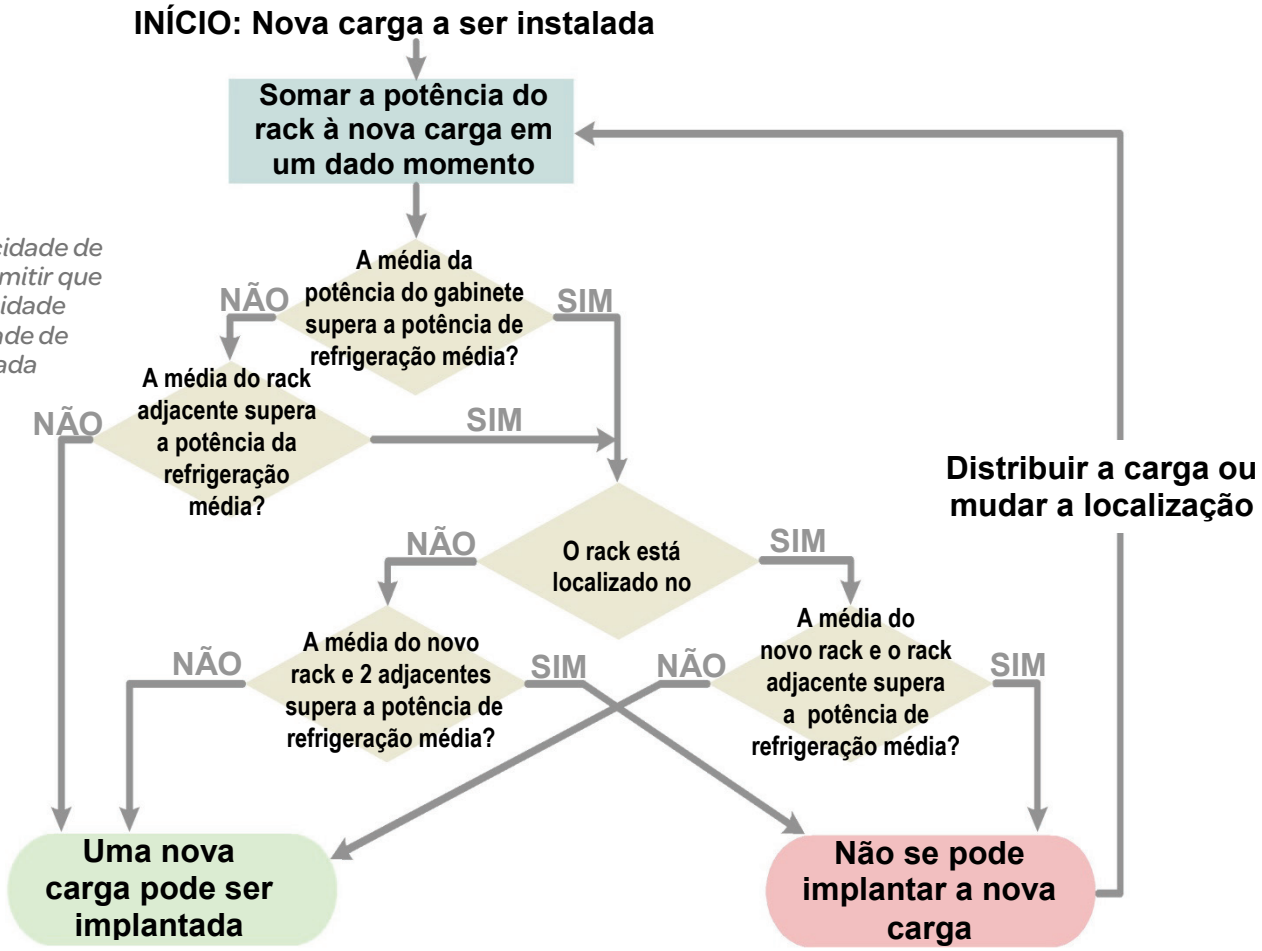
Esta solução gratuita é utilizada com frequência na prática, mas ela é raramente documentada. Esta abordagem aproveita o fato de alguns racks consumirem menos energia que o valor médio projetado. A capacidade de fornecimento de refrigeração e ar de retorno não utilizada por alguns gabinetes também pode ser aproveitada por outros gabinetes na mesma área. Uma regra simples como a de "não colocar racks de alta densidade perto uns dos outros" tem certos benefícios, mas também é possível implementar regras mais complexas para permitir refrigerar os gabinetes, de modo confiável e previsível, até duas vezes mais que o valor médio projetado. Essas regras podem ser estabelecidas como política geral e seu cumprimento pode ser verificado por meio do monitoramento do consumo de energia por rack. Esta função pode ser automatizada por um sistema de gestão, como o Gerenciador de ISX da Schneider Electric. A automação desta função se tornará essencial durante a introdução de novos equipamentos de TI, cujo consumo de energia varia com o tempo.

Um exemplo de uma regra efetiva, que poderia ser implementada por este método, pode ser consultado na **Figura 6**. A próxima etapa seria estabelecer os locais reais dos equipamentos de refrigeração e energia com base na natureza dos equipamentos e no projeto do sistema. Segundo essa regra, a capacidade de refrigeração que não for utilizada pelos gabinetes imediatamente adjacentes está disponível para refrigerar um rack de equipamentos, e isso permite que a densidade de potência máxima do gabinete supere a potência média para refrigeração da sala em um fator máximo de três se a capacidade de refrigeração dos gabinetes adjacentes não for utilizada. Em data centers típicos, o modo descrito pode ser muito efetivo

no caso dos gabinetes de alta densidade porque eles são instalados frequentemente ao lado de gabinetes que não utilizam a capacidade de refrigeração disponível.

Figura 6

Exemplo de regras de "empréstimo da capacidade de refrigeração" para permitir que gabinetes de alta densidade aproveitem a capacidade de refrigeração não utilizada



Método 3: refrigeração adicional

Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor médio abaixo do valor máximo por gabinete e utilize equipamentos de refrigeração adicional, conforme necessário, para refrigerar os racks que tenham maior densidade que o valor médio projetado.

Em geral, essa solução requer que o planejamento da instalação seja realizado com antecedência para permitir o uso de equipamento de refrigeração adicional quando e onde necessário. Quando uma sala já foi projetada visando a essa possibilidade, uma variedade de técnicas pode ser utilizada para complementar a refrigeração dos racks. Essas técnicas incluem:

- Instalação de placas de piso especiais (tipo grelha) ou ventiladores para complementar o fornecimento de ar refrigerado da unidade CRAC para um gabinete
- Instalação de dutos de retorno especiais ou ventiladores para retirar o ar quente extraído de um gabinete e devolvê-lo à unidade CRAC
- Instalação de racks especiais ou dispositivos de refrigeração para montagem em racks que sejam capazes de fornecer a refrigeração necessária diretamente no rack

Link para a fonte
White Paper 55

Opções em arquitetura de distribuição de ar para instalações de missão crítica

Esses métodos são tratados no White Paper 55, intitulado *Opções em arquitetura de distribuição de ar para instalações de missão crítica*. Estes métodos estão disponíveis há pouco tempo e não foram implantados em muitos data centers até o momento. Contudo, eles oferecem

flexibilidade e, com um bom planejamento, não precisam ser comprados nem instalados antes que seja necessário utilizá-los.

Método 4: áreas de alta densidade dedicadas

Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração a um valor médio abaixo do valor máximo por gabinete, prepare uma área restrita especial dentro da sala que tenha alta capacidade de refrigeração e coloque os gabinetes de alta densidade somente nessa área.

Essa abordagem requer conhecimento prévio sobre o percentual de gabinetes de alta densidade e a capacidade de segregar esses gabinetes em uma área especial, levando em conta estas restrições é possível obter a melhor utilização do espaço. Infelizmente, em geral não se tem conhecimento prévio sobre o percentual de gabinetes de alta densidade. Portanto, essa não é uma opção válida para muitos usuários.

Em circunstâncias em que é possível identificar uma área específica de alta densidade, componentes tecnológicos especiais para alta densidade podem ser instalados para fornecer densidade de potência e refrigeração previsível a essa área. Quando a densidade de potência supera 10 kW por rack, o principal problema é a imprevisibilidade da circulação de ar. As tecnologias que oferecem uma resposta a este problema estão baseadas no princípio de encurtar o caminho da circulação de ar entre o sistema de refrigeração e o rack.

Um exemplo de sistema modular de energia e refrigeração de alta densidade para um cluster de rack de alta densidade é a Infraestrutura HD mostrada na **Figura 7**. Esse sistema integra um cluster de racks de TI com um sistema de ar condicionado de alta densidade e sistema de distribuição de energia de alta densidade em uma unidade pré-fabricada e pré-testada.

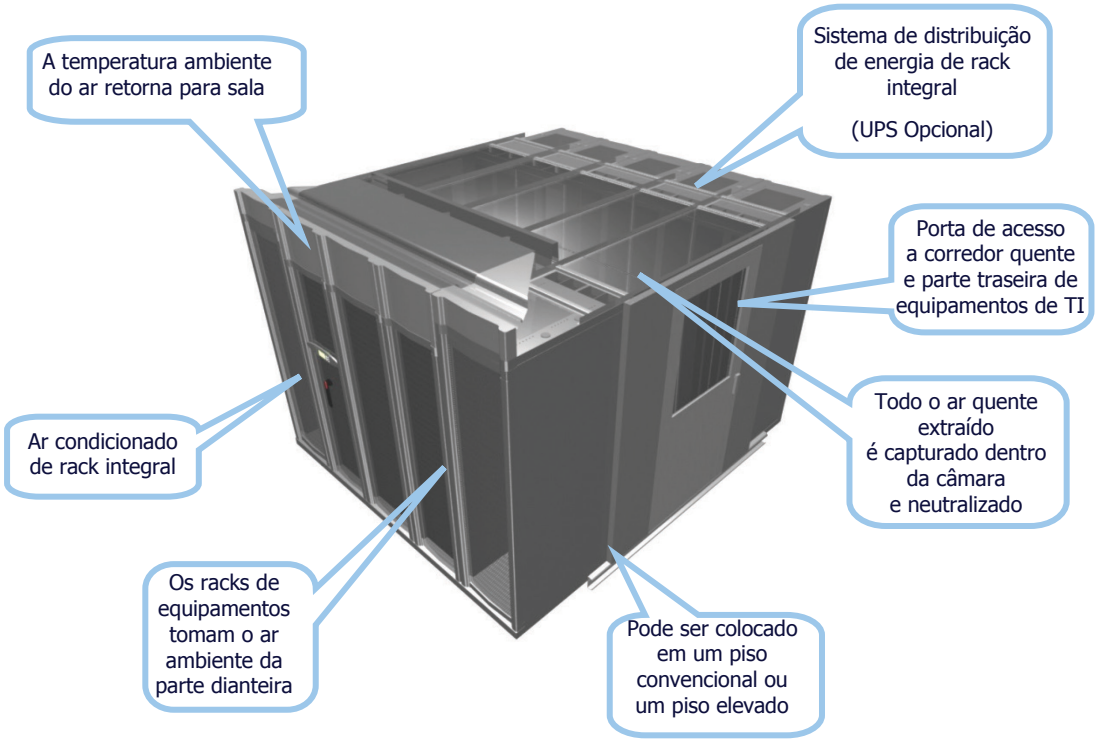


Figura 7

Exemplo de um sistema modular de energia e refrigeração para uma área de alta densidade dedicada em um data center. Módulos de 2-12 racks de TI, a 20 kW por rack.

O sistema mostrado na **Figura 7** consiste em racks de TI em um layout de corredor quente/corredor frio. O princípio operacional chave neste sistema é a captura de todo o ar quente extraído do equipamento de TI, através de um corredor quente e, imediatamente depois, a refrigeração deste ar utilizando um ar condicionado com montagem em rack.

A combinação da captura do ar quente e o caminho curto de circulação do ar possibilitam a implementação de soluções de refrigeração para densidades muito altas e também permite que o sistema tenha um desempenho altamente eficiente. O desempenho deste sistema é totalmente independente da instalação (inclusive em lugares onde só há ar de conforto disponível) e pode ser implementado sem necessidade de um piso elevado.

Quando é necessário manter juntos os racks de alta densidade, são preferíveis soluções que utilizam a hospedagem de racks de alta densidade ou que usam componentes tecnológicos especiais para alta densidade. ***Para quaisquer outras soluções possíveis, é necessário distribuir os equipamentos de alta densidade em certa medida***.

Método 5: refrigeração da sala inteira

Projete a sala com capacidade de suprimento de energia e refrigeração para cada rack ao valor de densidade máxima prevista por gabinete.

Conceitualmente esta é a solução mais simples, embora nunca seja implementada porque sempre há grandes variações nos níveis de potência por rack nos data centers e, portanto, projetá-los para o pior dos casos seria um desperdício e teria custos inaceitáveis. Além disso, o desenho de um data center que visa a uma densidade de potência total por rack de mais de 6 kW requer de um trabalho de engenharia e análise muito complexo. Esta abordagem faria sentido somente em uma situação extrema.

Resumo

As vantagens e desvantagens das cinco abordagens para refrigeração de gabinetes de alta densidade estão resumidas na **Mesa 2**.

Mesa 2

Aplicação das cinco abordagens para refrigeração de gabinetes de alta densidade

Abordagem	Vantagens	Desvantagens	Aplicação
1 Distribuição da carga **Distribua os equipamentos entre gabinetes para manter a carga máxima reduzida**	Possível em qualquer tipo de instalação, sem necessidade de planejamento Basicamente gratuita em muitos casos	Os equipamentos de alta densidade precisam ser muito espalhados – mais ainda do que na abordagem 2 Utiliza mais espaço no piso Pode acarretar problemas no cabeamento	Em data centers existentes, quando os equipamentos de alta densidade representam apenas uma pequena parte da carga total
2 Empréstimo da capacidade de refrigeração **Forneça capacidade de refrigeração média com regras para possibilitar o aproveitamento da capacidade não utilizada**	Não é necessário adquirir novos equipamentos Basicamente gratuita em muitos casos	Permite no máximo aproximadamente 2 vezes a densidade de potência projetado Utiliza mais espaço no piso É preciso implementar regras complexas	Em data centers existentes, quando os equipamentos de alta densidade representam apenas uma pequena parte da carga total
3 Refrigeração adicional **Forneça capacidade de refrigeração média com equipamentos de refrigeração adicionais**	Alta densidade onde e quando necessário Programar o investimento de custo de capital Alto nível de eficiência Bom aproveitamento do espaço no piso	Permite no máximo aproximadamente 10 kW por gabinete Os racks e a sala devem ser projetados com antecedência obrigatoriamente	Em uma nova construção ou reforma Ambiente misto Não se sabe a localização dos equipamentos de alta densidade com antecedência
4 Área de alta densidade **Crie uma fila ou área de alta densidade especial dentro do data center**	Densidade máxima Ótimo aproveitamento do espaço no piso O equipamento de alta densidade não precisa ser espalhado Alto nível de eficiência	Necessidade de projetar uma área de alta densidade com antecedência ou reservar um espaço determinado É preciso segregar os equipamentos de alta densidade	Densidades de 10 a 25 kW por rack Quando é necessário colocar juntos dispositivos de alta densidade Em uma nova construção ou reforma
5 Sala inteira **Forneça capacidade de refrigeração de alta densidade para todos os racks**	Abarca futuras situações	Altos custos de capital e operacionais que são até 4 vezes mais custosos que os dos métodos alternativos Pode resultar em um grande superdimensionamento de infra-estrutura custosa	Em casos raros e extremos de grandes torres de equipamento de alta densidade com pouco espaço físico

Valor de compactação

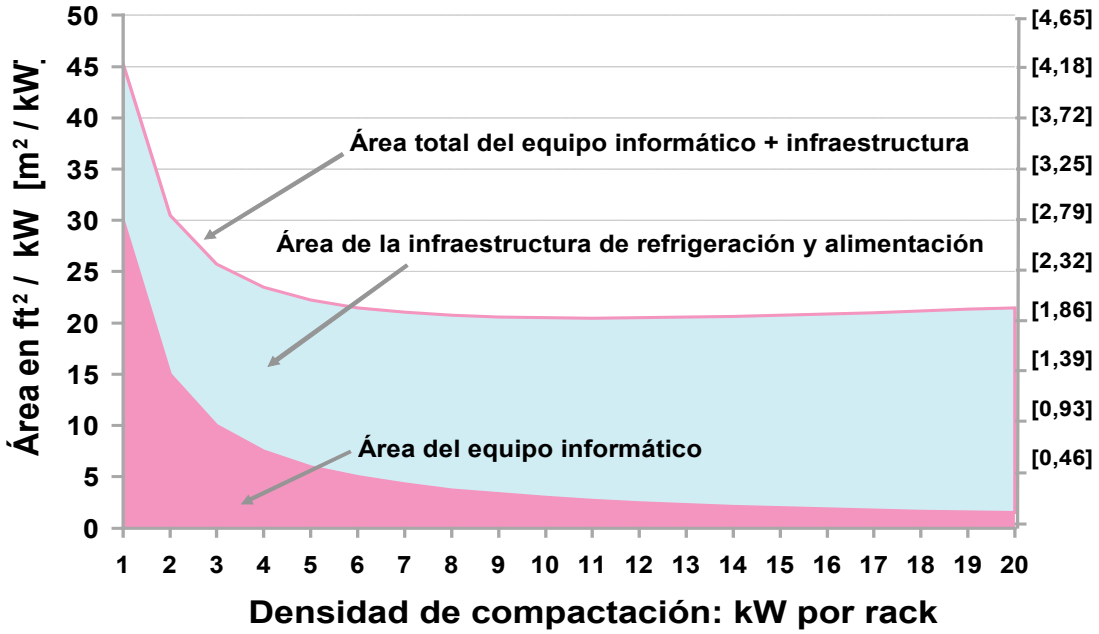
As seções anteriores identificam um número de difíceis barreiras quanto a custos, complexidade e confiabilidade para instalações com alta densidade de potência. Estes problemas precisam ser superados para implantar equipamentos de alta densidade em data centers. No entanto, as predições predominantes nas publicações especializadas do setor afirmam que a compactação dos data centers é inevitável e já está em curso, devido aos seus benefícios em termos de economias de custo e espaço. Contudo, os dados não sustentam estas noções e sugerem que não é custo efetivo aumentar a compactação através de um aumento da densidade, se não houver uma grande redução do consumo de energia.

A **Figura 8** mostra a área de um data center por kW em função da densidade de potência dos equipamentos de TI. Quando aumenta a densidade do equipamento de TI, há uma diminuição da área do edifício reservada para este equipamento, conforme se vê na curva

inferior. No entanto, não há uma redução correspondente da área do edifício reservada para a infra-estrutura de fornecimento de energia e refrigeração. Depois de a densidade de potência superar cerca de 2,5 kW por rack, de fato a área ocupada pelos equipamentos de energia e refrigeração supera a área dos equipamentos de TI. ***Consequentemente, a compactação além de aproximadamente 4 a 5 kW por rack não resulta em uma maior redução da área total necessária***.

Figura 8

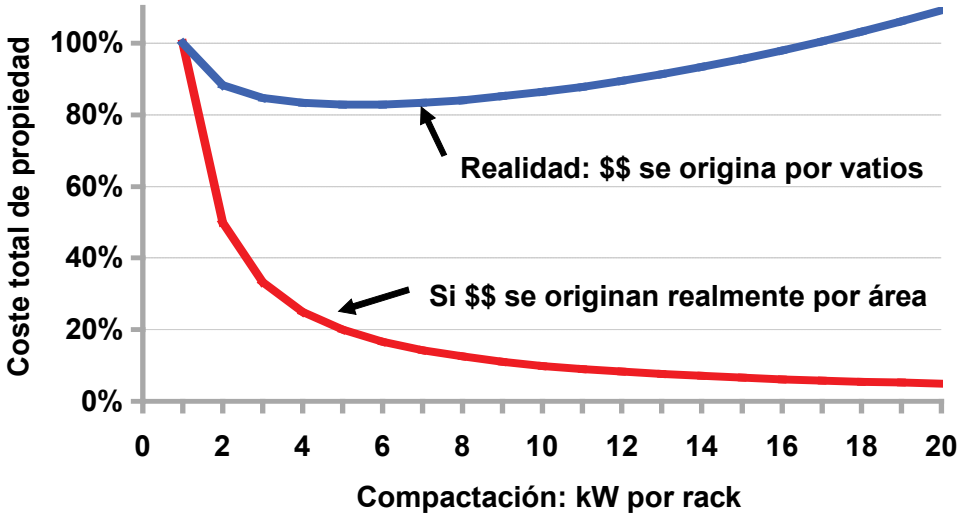
Área de um data center por kW de capacidade em função da densidade de potência por rack



Acredita-se de modo generalizado, embora sem afirmá-lo, na premissa básica sobre compactação de que os custos dos data centers aumentam em função da área ocupada e portanto que a redução dessa área através da compactação diminui os custos. A **Figura 9** mostra o custo total de propriedade (TCO - Total Cost of Ownership) durante a vida útil do data center em função da densidade de potência dos equipamentos de TI. Quando a densidade dos equipamentos de TI aumenta, há uma expectativa comum de que o TCO vai diminuir proporcionalmente, conforme indicado na curva inferior da figura. Contudo, a realidade é que 75% dos custos do TCO do data center aumentam em função da potência e apenas 25% dos custos variam em função da área. Além disso, os custos por Watt aumentam com o aumento da densidade de potência devido aos fatores já descritos neste relatório. ***A consequência é que não ocorre uma grande redução dos custos do TCO ao aumentar a densidade de potência, mas de fato eles aumentam quando se supera uma densidade de potência ideal, que está na ordem de 6 kW por rack***.

Figura 9

Variação do TCO durante a vida útil de um data center em função da densidade de potência por rack



Os benefícios de aumentar a densidade de potência dos equipamentos de TI são mínimos. No entanto, a redução do consumo de energia dos equipamentos de TI traz importantes benefícios porque, conforme já foi demonstrado nas seções anteriores, tanto a área do data center quanto o TCO são muito afetados pelo consumo de energia. A **Tabela 3** mostra como maiores reduções do consumo de energia e no tamanho dos equipamentos de TI afetam na área do data center e o TCO. Em comparação com o caso base típico, as reduções do consumo de energia têm um benefício muito maior que as reduções proporcionais do tamanho.

Tabela 3

Economia em termos de TCO e da área do data center resultante da redução do tamanho e do consumo dos equipamentos de TI

Melhorias no equipamento de TI	Economia em termos de área	Economia no TCO	Análise
50% de redução de tamanho, mesmo consumo de energia	14%	4%	A economia esperada em termos de área não se concretiza porque a área ocupada pelo sistema de energia e refrigeração determina a variação. A economia de TCO esperada não se concretiza porque o TCO varia essencialmente em função dos custos de energia.
50% de redução de consumo de energia, mesmo tamanho	26%	35%	Grande economia em termos de área como resultado do espaço não ocupado pelo sistema de fornecimento de energia e refrigeração Grande economia em termos do TCO porque o TCO varia essencialmente em função dos custos de energia

Quando se utilizam servidores blade, há reduções entre 20 e 40% no consumo de energia elétrica, em comparação com os servidores convencionais de equivalente capacidade computacional, devido ao fato de os servidores blade compartilharem a infra-estrutura de chassis para o fornecimento de energia e os ventiladores do sistema de refrigeração. Esta economia se traduz em uma considerável economia de TCO porque o TCO varia essencialmente em função dos custos de energia e não dos custos relativos à área ocupada pelos equipamentos de TI.

Ao contrário do que se acredita, o principal benefício do TCO relacionado à Infraestrutura Física do Data Center para servidores blade é proveniente do baixo consumo de energia e NÃO do fato de eles ocuparem menos espaço. ***Os servidores blade não precisam ser instalados em esquemas de alta densidade para que estes benefícios de TCO sejam alcançados***.

Estratégia de refrigeração ideal

A partir da informação apresentada neste relatório, é possível identificar uma estratégia coerente, que seja ideal para a maioria das instalações. Esta estratégia faz uso de uma combinação das abordagens descritas anteriormente neste documento e é resumida na **Tabela 4**.

Tabela 4

Estratégia prática para otimizar a refrigeração quando se implanta equipamentos de computação de alta densidade

Melhorias no equipamento de TI	Análise
1) Não considerar o tamanho físico dos equipamentos de TI e concentrar-se na funcionalidade por Watt consumido	Este é um modo efetivo de minimizar a área ocupada e o TCO.
2) Projetar o sistema para permitir a posterior instalação de dispositivos de refrigeração adicionais	Isto permite instalar equipamentos de refrigeração adicionais mais tarde, onde e quando necessário, em um data center em funcionamento para atender necessidades que, por enquanto, não foram confirmadas.
3) Escolher uma densidade de potência de base para novos layouts que esteja entre 40 e 100 W/pé^2 [0,4 – 1,1 kW/m^2], com 80 W/pé^2 [0,9 kW/m^2] (média de 2800 W/gabinete) é um valor prático para a maioria dos novos desenhos	Deve-se escolher uma densidade de potência de base que permita evitar grandes desperdícios causados pelo superdimensionamento e, ao manter este valor abaixo de 100 W/pé^2 (1,1 kW/m^2), o desempenho e a capacidade de redundância são previsíveis.
4) Quando a porção de cargas de alta densidade é grande e previsível, estabeleça áreas especiais de alta densidade de 100 a 400 W/pé^2 [1,1 a 4,3 kW/m^2] (3 a 12 kW por gabinete) dentro do data center	Quando se sabe com antecedência que é necessário ter uma área de alta densidade e não é possível distribuir a carga. Esta abordagem pode aumentar muito os custos, o tempo e a complexidade do desenho do data center. Estas áreas utilizarão equipamentos de refrigeração especiais e não terão o típico desenho de piso elevado.
5) Estabelecer políticas e regras para determinar a potência disponível para cada gabinete em função da sua localização e as cargas adjacentes	Quando se combina conhecimento das capacidades projetadas com um monitoramento da energia, a implementação de regras para instalação de novos equipamentos pode reduzir áreas de concentração de calor (hot spots), ajudar a garantir a redundância em termos de refrigeração, aumentar a eficiência da refrigeração do sistema e diminuir o consumo de energia elétrica. A aplicação de regras e esquemas de monitoramento mais complexos permitem trabalhar com maiores densidades de potência.
6) Utilizar dispositivos de refrigeração adicionais conforme necessário	A instalação de dispositivos de refrigeração adicionais onde e quando necessário pode triplicar a capacidade de refrigeração projetada em uma área do data center para permitir a integração de equipamentos de alta densidade.
7) Distribuir os equipamentos que não podem ser instalados conforme as regras	É a opção com menores custos e menor risco, embora possa ocupar muito espaço quando há um considerável número de cargas de alta densidade. Muitos usuários, que não têm grandes problemas de espaço, escolhem esta opção como estratégia principal.

Conclusão

A máxima densidade de potência por rack dos equipamentos de TI de alta densidade de última geração é aproximadamente 10 vezes maior que a densidade de potência do rack médio nos data centers existentes. Há um número insignificante de racks que funcionam nos data centers existentes inclusive com a metade desta densidade de potência máxima.

Os atuais métodos e layouts para o layouts de data center não podem fornecer, de um modo prático, a refrigeração necessária para este equipamento de alta densidade, devido às limitações dos sistemas de fornecimento e retorno de ar e a dificuldade de oferecer redundância e refrigeração de forma ininterrupta durante o tempo em que o gerador estiver sendo ligado.

Quando o objetivo é reduzir a área do data center e o TCO, os clientes devem se concentrar em adquirir equipamentos de TI de acordo com a funcionalidade por Watt e não levar em conta o tamanho físico dos equipamentos de TI. Esta conclusão inesperada se deve ao fato de, acima de 60 W/pé^2 (0,6 kW/m^2), a energia tem um efeito maior do que o tamanho dos equipamentos de TI, tanto no TCO como na área.

Há uma variedade de soluções que permitem a efetiva implantação de equipamentos de computação de alta densidade em ambientes convencionais. Embora o desenho de data centers inteiros para altas densidades ainda seja pouco prático, os data centers podem suportar a instalação reduzida de equipamentos de alta densidade utilizando sistemas de refrigeração adicionais, aplicando regras para permitir o empréstimo da capacidade não utilizada por racks adjacentes e por último distribuindo a carga entre diversos gabinetes.

Quando uma instalação é projetada com um alto percentual de racks de alta densidade e não é viável distribuir o equipamento, a única alternativa é criar um desenho que permita a capacidade máxima para todos os gabinetes. Os desenhos convencionais de piso elevado não oferecerão capacidade suficiente nem um desempenho previsível para tais sistemas. É necessário implementar sistemas de refrigeração especiais para refrigeração de racks / corredor / grupos específicos.

Apesar de publicações especializadas se referirem às densidades projetadas para data center de 300-600 Watts por pé quadrado (3,2 a 6,5 kW/m^2), continua sendo impraticável alcançar tais densidades, devido aos altos custos e a dificuldade de obter altos níveis de disponibilidade quando se trabalha com tais densidades. Os atuais designs de data centers de alto desempenho e alta disponibilidade são previsíveis e práticos na faixa de 40 a 100 W / pé quadrado [0,4-1,1 kW / m^2] (média de 1,2 kW a 3 kW por rack) e oferecem a possibilidade de incluir cargas esporádicas de até três vezes mais que o valor projetado, aproveitando a diversidade das cargas e o uso de dispositivos de refrigeração adicionais.

Sobre o Autor

Neil Rasmussen é vice-presidente sênior de Inovação da Schneider Electric. Ele estabelece os rumos de tecnologia do maior orçamento de P&D do mundo dedicado à alimentação, à refrigeração e à infraestrutura de racks para redes essenciais.

Neil detém 19 patentes relacionadas à infraestrutura de alimentação e refrigeração de alta eficiência e alta densidade para data centers, e já publicou mais de 50 white papers relacionados a sistemas de alimentação e refrigeração, muitos deles publicados em mais de 10 idiomas, mais recentemente com foco na melhoria da eficiência energética. Ele é um palestrante internacionalmente reconhecido em matéria de data centers de alta eficiência. Atualmente, Neil está trabalhando para promover a ciência das soluções de infraestrutura do data center de alta eficiência, alta densidade e dimensionáveis, além de ser arquiteto principal do sistema APC InfraStruXure.

Antes da fundação do APC em 1981, Neil recebeu seus diplomas de graduação e mestrado do MIT em engenharia elétrica, onde foi feita a sua tese na análise de uma fonte de alimentação de 200 MW para um reator de fusão Tokamak. De 1979 a 1981 ele trabalhou para a MIT Lincoln Laboratories em sistemas de armazenamento de energia flywheel e sistemas de energia elétrica solar.

Recursos

Clique no ícone para linkar a pesquisa

Contenção com corredor quente x contenção com corredor frio
White Paper 135

Como evitar erros que colocam em risco o desempenho do sistema de refrigeração em data centers e salas de rede
White Paper 49

Como melhorar o desempenho do sistema de refrigeração dos racks com painéis de isolamento
White Paper 44

Opções em arquitetura de distribuição de ar para instalações de missão crítica
White Paper 55

Explore todos os White Papers
whitepapers.apc.com

Explore todas as ferramentas TradeOff ™
tools.apc.com

Entre em contato

Para incluir comentários sobre o conteúdo deste White Paper:

Data Center Science Center
DCSC@Schneider-Electric.com

Se você é cliente e tem perguntas relacionadas especificamente com o data center que está projetando:

Entre em contato com seu representante de **Schneider Electric**
www.apc.com/support/contact/index.cfm

© 2012 Schneider Electric. Todos os direitos reservados.