

RESFRIAMENTO LÍQUIDO PARA IA E DATA CENTERS DE ALTA DENSIDADE

Entenda liquid cooling em Data Centers: direct-to-chip, CDU, FWS, TCS, imersão, classes W, redundância, vazamentos, retrofit e comissionamento.

SUMÁRIO

1. POR QUE A IA AUMENTA A DENSIDADE TÉRMICA DO DATA CENTER?	3
2. QUANDO O RESFRIAMENTO LÍQUIDO SE TORNA NECESSÁRIO?	4
3. O QUE É LIQUID COOLING EM DATA CENTERS?	5
4. REAR DOOR HEAT EXCHANGER: LÍQUIDO PRÓXIMO AO RACK	5
5. DIRECT-TO-CHIP: PLACAS FRIAS NOS COMPONENTES	6
6. FWS, CDU E TCS: COMO A ARQUITETURA SE ORGANIZA	6
7. CLASSES W17, W27, W32, W40, W45 E W+	7
8. EXEMPLO CONCEITUAL DE BALANÇO TÉRMICO HÍBRIDO	8
9. VAZÃO, ΔT E PERDA DE CARGA	8
10. QUALIDADE DO FLUIDO E COMPATIBILIDADE DE MATERIAIS	9
11. CONDENSAÇÃO E CONTROLE DO PONTO DE ORVALHO	9
12. DETECÇÃO, CONTENÇÃO E ISOLAMENTO DE VAZAMENTOS	10
13. REDUNDÂNCIA E DISPONIBILIDADE DO LIQUID COOLING	10
14. RESFRIAMENTO POR IMERSÃO	11
15. RETROFIT DE DATA CENTER PARA LIQUID COOLING	11
16. MONITORAMENTO E INTEGRAÇÃO COM BMS, EPMS E DCIM	12
17. COMISSIONAMENTO E ACEITE DO SISTEMA	12
18. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESPOSTA A INCIDENTES	13
19. ERROS COMUNS EM PROJETOS DE LIQUID COOLING	13
19.1. ADOTAR UMA DENSIDADE GENÉRICA COMO ÚNICO CRITÉRIO	13
19.2. CONSIDERAR QUE DIRECT-TO-CHIP ELIMINA O AR-CONDICIONADO	14
19.3. DIMENSIONAR APENAS A CDU	14
19.4. IGNORAR QUALIDADE DO FLUIDO	14
19.5. NÃO CONTROLAR O PONTO DE ORVALHO	14
19.6. DECLARAR REDUNDÂNCIA APENAS PELA QUANTIDADE DE CDUS	14
19.7. SUBESTIMAR MANUTENÇÃO E LOGÍSTICA	14
19.8. TESTAR SOMENTE SEM CARGA	14
20. MATRIZ DE DECISÃO PARA O PROJETO	15
21. NORMAS E REFERÊNCIAS APLICÁVEIS	15
22. RESUMO TÉCNICO	16

O crescimento de cargas de inteligência artificial, computação de alto desempenho e plataformas aceleradas por GPU está alterando a relação entre potência elétrica, densidade por rack e remoção de calor nos Data Centers. O problema não é apenas que os servidores consomem mais energia. A concentração dessa energia em processadores, aceleradores e racks compactos reduz a área disponível para troca térmica e aumenta a dificuldade de transportar o calor exclusivamente pelo ar.

Nesse contexto, o **resfriamento líquido em Data Centers**, também chamado de *liquid cooling*, passa a integrar o projeto da infraestrutura crítica. A solução pode utilizar trocadores traseiros de rack, placas frias instaladas diretamente nos componentes, unidades de distribuição de refrigerante, circuitos tecnológicos independentes ou sistemas de imersão. Cada arquitetura modifica as interfaces entre equipamentos de TIC, climatização, hidráulica, elétrica, automação, operação e manutenção.

A adoção não deve ser decidida por uma densidade genérica em quilowatts por rack. O ponto de partida é a especificação térmica do equipamento de TIC, a parcela de calor que será removida pelo líquido, a carga residual lançada no ar, as temperaturas exigidas, a capacidade da central térmica e os estados de falha que o empreendimento precisa suportar.

A **ABNT NBR 17207:2025** já incorpora classes de temperatura para equipamentos resfriados por líquido e apresenta configurações com CDU, resfriamento direto no componente e imersão. Este artigo organiza esses conceitos e os transforma em critérios de projeto, retrofit, redundância, comissionamento e operação.

1. POR QUE A IA AUMENTA A DENSIDADE TÉRMICA DO DATA CENTER?

Servidores tradicionais distribuem sua carga entre processadores, memória, armazenamento, fontes e interfaces de rede. Plataformas de IA concentram uma parcela elevada da potência em aceleradores e interconexões de alto desempenho, normalmente agrupados em sistemas ou pods que precisam operar de forma coordenada.

Essa concentração cria três desafios simultâneos. O primeiro é a potência por componente: o fluxo de calor precisa atravessar uma área física limitada. O segundo é a potência por rack: mesmo quando o ambiente possui capacidade térmica total, pode não conseguir entregar vazão suficiente a uma fileira específica. O terceiro é a potência por cluster: a infraestrutura elétrica e mecânica precisa suportar degraus de carga, expansão e falhas sem reduzir o desempenho computacional.

O resfriamento pelo ar continua tecnicamente válido em muitas aplicações. Entretanto, o ar possui capacidade de transporte térmico menor do que a água e outros fluidos.

Aumentar a remoção de calor por ar exige elevar vazão, pressão, dimensões de dutos, área de passagem, potência de ventiladores e controle da recirculação. Em determinado projeto, essas exigências podem ocupar mais espaço, consumir mais energia ou simplesmente não atender às condições declaradas pelo fabricante do equipamento de TIC.

O artigo [Climatização de Data Center: precisão, InRow, contenção e água gelada](#) trata da arquitetura geral de CRAC, CRAH, InRow e central térmica. Aqui, o foco é a etapa adicional que leva o fluido até o rack, o servidor ou o próprio componente eletrônico.

2. QUANDO O RESFRIAMENTO LÍQUIDO SE TORNA NECESSÁRIO?

Não existe um limite universal de potência por rack que determine automaticamente a adoção de liquid cooling. Racks com a mesma potência podem exigir soluções diferentes conforme a temperatura de entrada permitida, o fluxo de ar do equipamento, a distribuição interna da carga, o espaço disponível e a arquitetura do Data Center.

A análise deve considerar pelo menos:

O liquid cooling tende a ser considerado quando o ar não consegue remover o calor de forma confiável, quando a densidade exige vazões impraticáveis, quando o fabricante condiciona o desempenho ao circuito líquido ou quando a eficiência e a recuperação de calor justificam a mudança de arquitetura.

Em ambientes existentes, a decisão também pode ser localizada. Uma sala predominantemente resfriada a ar pode receber uma zona líquida para racks de IA, mantendo os demais equipamentos na arquitetura convencional. Essa solução híbrida reduz o impacto do retrofit, mas cria novas interfaces que precisam ser projetadas e comissionadas.

Estudo e projeto de infraestrutura crítica

A adoção de liquid cooling precisa começar pela carga real, requisitos do equipamento, capacidade elétrica e térmica, arquitetura de redundância e implantação por fases.

[Conheça o serviço de Projeto de Data Center](#)

3. O QUE É LIQUID COOLING EM DATA CENTERS?

Liquid cooling é o uso de um fluido para captar e transportar parte ou a totalidade do calor produzido pelos equipamentos de TIC. O líquido pode permanecer fora do servidor, aproximar-se do rack, circular por placas frias instaladas nos componentes ou envolver diretamente o equipamento em um tanque de imersão.

A expressão não descreve uma única tecnologia. Ela abrange arquiteturas com diferentes níveis de proximidade da fonte de calor:

Arquitetura	Onde o líquido atua	O equipamento de TIC permanece resfriado a ar?	Aplicação típica
Trocador traseiro de rack	Na porta traseira, recebendo o ar quente do rack	Sim	Retrofit e redução da carga térmica lançada na sala
Direct-to-chip de fase única	Em placas frias sobre CPU, GPU ou outros componentes	Parcialmente	IA, HPC e racks de alta densidade
Direct-to-chip de duas fases	Em placas frias com evaporação e condensação do fluido	Parcialmente	Cargas de alta concentração térmica e soluções específicas
Imersão de fase única	Equipamentos submersos em fluido dielétrico circulante	Não da forma convencional	Alta densidade, ambientes agressivos e plataformas compatíveis
Imersão de duas fases	Equipamentos imersos em fluido dielétrico que evapora e condensa	Não	Aplicações especializadas de alta densidade

A comparação deve incluir não apenas capacidade térmica, mas compatibilidade do hardware, manutenção, disponibilidade da cadeia de suprimentos, qualidade do fluido, garantia, ergonomia, segurança, monitoramento e custo do ciclo de vida.

4. REAR DOOR HEAT EXCHANGER: LÍQUIDO PRÓXIMO AO RACK

O trocador de calor instalado na porta traseira recebe o ar aquecido que sai dos servidores e transfere parte ou quase toda essa carga para um circuito líquido. O equipamento de TIC continua utilizando seus próprios ventiladores e dissipadores; portanto, não há conexão de fluido com os componentes eletrônicos.

Essa arquitetura pode ser útil em retrofits, porque preserva servidores convencionais e reduz a carga lançada no ambiente. O desempenho depende da vazão de ar do rack, da temperatura do fluido, da perda de carga da porta, da vedação e da capacidade de remover o calor antes que ele se misture à sala.

O peso da porta, a flexibilidade das mangueiras, o raio de abertura, a drenagem, a detecção de vazamentos e o acesso para manutenção precisam ser compatibilizados com o layout. Também deve ser verificado o comportamento com a porta aberta ou com perda de vazão líquida.

5. DIRECT-TO-CHIP: PLACAS FRIAS NOS COMPONENTES

No resfriamento direto no componente, placas frias são instaladas sobre processadores, GPUs, memória de alta potência ou outros dispositivos. O calor atravessa a interface térmica e é transferido ao fluido que circula internamente.

A principal vantagem é retirar o calor próximo à fonte, reduzindo a dependência de grandes vazões de ar. Entretanto, o servidor normalmente não se torna integralmente líquido. Fontes, placas de rede, unidades de armazenamento, conversores e outros componentes continuam dissipando calor para o ar.

Por isso, o projeto deve informar a **fração de captura térmica pelo líquido**. Se uma plataforma transfere 80% da carga ao circuito líquido, os 20% restantes ainda precisam ser removidos pela climatização da sala. O valor deve vir da documentação do fabricante ou de ensaios; não pode ser presumido para equipamentos diferentes.

O circuito direct-to-chip envolve placas frias, mangueiras internas, conexões rápidas, manifolds de rack, tubulação de distribuição e CDU. Cada conexão acrescenta perda de carga e um ponto potencial de vazamento. A engenharia precisa controlar vazão mínima, pressão diferencial, temperatura, qualidade do fluido e compatibilidade de materiais em toda a cadeia.

6. FWS, CDU E TCS: COMO A ARQUITETURA SE ORGANIZA

Uma arquitetura típica de liquid cooling pode ser dividida em dois circuitos principais.

O **Facility Water System – FWS** pertence à infraestrutura predial. Ele conecta chillers, dry coolers, torres, trocadores, bombas e a entrada primária da CDU. Suas temperaturas, pressões, tratamento e redundância seguem a estratégia térmica do empreendimento.

O **Technology Cooling System – TCS** pertence ao lado tecnológico. Ele transporta o fluido entre a CDU e os racks, manifolds, mangueiras e placas frias. Esse circuito precisa atender às exigências de limpeza, materiais, pressão e temperatura dos fabricantes de TIC.

Entre os dois circuitos, a **Coolant Distribution Unit – CDU** pode realizar a separação hidráulica e térmica. Uma CDU líquido-líquido normalmente contém trocador de calor,

bombas, válvulas, filtros, sensores, tanque ou vaso de expansão, controles e recursos de enchimento, drenagem e purga.

A separação protege o circuito tecnológico contra variações e contaminantes do sistema predial. Também permite controlar a temperatura do TCS acima do ponto de orvalho, evitando condensação nas placas, tubulações e conexões próximas aos equipamentos eletrônicos.

A CDU pode ser instalada dentro do rack, entre racks, na fileira, na sala ou em área técnica adjacente. A localização altera capacidade, distância hidráulica, ocupação, ruído, manutenção, contenção de vazamentos e dependência de cada grupo de racks.

Climatização para Data Centers de alta densidade

Central térmica, CDU, TCS, carga residual no ar, automação e energia devem ser especificados como um único sistema, com interfaces e responsabilidades claramente definidas.

[Conheça a solução de Climatização de Data Centers](#)

7. CLASSES W17, W27, W32, W40, W45 E W+

A ABNT NBR 17207 classifica instalações para equipamentos de TIC resfriados por líquido conforme a temperatura de saída da água gerada na central térmica. As classes são W17, W27, W32, W40, W45 e W+, esta última para temperaturas superiores a 45 °C.

Essas classes não significam que qualquer servidor possa receber qualquer temperatura de fluido. O equipamento precisa ser declarado e capaz de operar em toda a faixa aplicável. O projeto deve compatibilizar a classe do equipamento de TIC, as condições da CDU, o approach do trocador e a temperatura disponível no FWS.

Temperaturas mais elevadas podem ampliar as horas de economização, reduzir o uso de compressores e facilitar o reaproveitamento de calor. Porém, a viabilidade depende da temperatura máxima dos componentes, da vazão necessária, da capacidade das placas frias e das condições ambientais do local.

Uma central projetada para água gelada convencional não deve ser conectada automaticamente ao TCS. Além de temperatura e pressão, precisam ser avaliados qualidade do fluido, regime de controle, risco de condensação e comportamento em carga parcial.

8. EXEMPLO CONCEITUAL DE BALANÇO TÉRMICO HÍBRIDO

Considere um pod com oito racks de 120 kW, totalizando 960 kW de carga de TIC. Suponha, apenas para o exemplo, que a plataforma declare captura de 80% pelo circuito direct-to-chip.

A carga transferida ao TCS seria:

$$960 \text{ kW} \times 0,80 = 768 \text{ kW}$$

A carga residual lançada no ar seria:

$$960 \text{ kW} \times 0,20 = 192 \text{ kW}$$

A central térmica e a CDU precisam ser dimensionadas para os 768 kW nas condições reais de temperatura, vazão, perda de carga e redundância. Ao mesmo tempo, CRACs, CRAHs ou unidades InRow continuam necessários para remover os 192 kW residuais, controlar as condições ambientais e atender equipamentos auxiliares.

Se uma CDU estiver indisponível, o projeto precisa determinar se os servidores reduzem potência, se outra CDU assume a carga, se existe inércia térmica suficiente ou se haverá desligamento controlado. A simples soma da capacidade nominal não demonstra disponibilidade.

9. VAZÃO, ΔT E PERDA DE CARGA

O transporte de calor pelo líquido depende da vazão, do calor específico do fluido e da diferença de temperatura entre ida e retorno. Conceitualmente:

$$\text{Carga térmica} = \text{vazão mássica} \times \text{calor específico} \times \Delta T$$

Para a mesma carga, um ΔT maior reduz a vazão necessária. Entretanto, o ΔT não pode ser escolhido isoladamente. Ele depende das temperaturas admissíveis nas placas frias, da curva das bombas, do desempenho do trocador, da distribuição entre racks e do controle do sistema.

A perda de carga inclui tubulações, curvas, válvulas, filtros, mangueiras, conexões rápidas, manifolds e placas frias. O caminho crítico pode estar em um rack distante ou em um conjunto de componentes com canais estreitos. O balanceamento precisa assegurar vazão mínima em todos os equipamentos e evitar vazões excessivas que aumentem erosão, ruído e consumo de bombeamento.

Bombas com velocidade variável podem controlar pressão diferencial ou vazão conforme a demanda. A lógica deve considerar abertura de válvulas, quantidade de racks conectados, condição de filtros e perda de uma bomba.

10. QUALIDADE DO FLUIDO E COMPATIBILIDADE DE MATERIAIS

A água ou fluido do TCS não é apenas um meio de transporte térmico. Sua composição afeta corrosão, incrustação, crescimento microbológico, condutividade, estabilidade química e vida útil das placas frias.

O circuito pode combinar cobre, alumínio, aço inoxidável, elastômeros, polímeros, soldas e revestimentos. Materiais incompatíveis podem criar corrosão galvânica ou degradação de vedações. Por isso, a seleção do fluido deve seguir as especificações dos fabricantes do equipamento de TIC, da CDU e dos componentes hidráulicos.

O plano de qualidade deve definir água de reposição, concentração de glicol ou aditivos, faixa de pH, condutividade, partículas, inibidores, biocidas quando aplicáveis, frequência de amostragem e critérios de intervenção.

Filtros protegem os canais estreitos das placas frias, mas criam perda de carga crescente. A instrumentação deve monitorar pressão diferencial e indicar condição de troca. Filtragem lateral, separação de gases e pontos adequados de purga podem aumentar a estabilidade do circuito.

Antes da conexão aos servidores, a tubulação precisa ser limpa, lavada e testada. Resíduos de fabricação, soldagem ou montagem podem obstruir placas frias e comprometer equipamentos de alto valor.

11. CONDENSAÇÃO E CONTROLE DO PONTO DE ORVALHO

Uma das funções centrais da CDU é impedir que o fluido fornecido ao TCS opere abaixo do ponto de orvalho do ambiente. Se a superfície de uma tubulação, conexão ou placa ficar suficientemente fria, a umidade do ar pode condensar sobre componentes elétricos.

O controle deve comparar temperatura do fluido, temperatura ambiente e ponto de orvalho, mantendo margem operacional. Sensores precisam ser confiáveis, redundantes quando o risco justificar e posicionados nos pontos representativos.

A reação a uma aproximação do ponto de orvalho pode incluir elevar o setpoint do TCS, reduzir capacidade, limitar carga ou acionar alarme. O procedimento precisa ser definido na Basis of Design e testado durante o comissionamento.

12. DETECÇÃO, CONTENÇÃO E ISOLAMENTO DE VAZAMENTOS

A presença de líquido próximo a servidores exige uma abordagem de risco, mas não torna a tecnologia inviável. Sistemas convencionais também possuem água gelada, drenos e redes de combate a incêndio. A diferença é a quantidade de conexões e a proximidade com os ativos.

O projeto deve reduzir conexões desnecessárias, utilizar componentes qualificados, permitir inspeção e prever detecção localizada. Cabos sensores, bandejas, sensores pontuais e monitoramento de pressão podem identificar vazamentos em CDUs, manifolds, tubulações e racks.

Válvulas de isolamento precisam limitar a área afetada sem interromper toda a sala. Uma malha em anel ou circuitos seccionáveis pode facilitar expansão e manutenção, desde que o controle hidráulico seja compatível.

Conexões rápidas devem ser selecionadas para o fluido, pressão, temperatura, vazão, número de ciclos e orientação de montagem. Recursos *dry-break* ou *dripless* reduzem perda de fluido durante intervenções, mas não eliminam a necessidade de procedimentos e contenção.

Alarmes devem indicar localização, severidade e ação esperada. Em alguns cenários, o sistema pode isolar automaticamente um ramal; em outros, o fechamento imediato pode causar perda térmica mais grave do que o vazamento detectado. A lógica precisa considerar o risco total.

13. REDUNDÂNCIA E DISPONIBILIDADE DO LIQUID COOLING

A redundância deve abranger toda a cadeia: central térmica, FWS, trocadores, CDUs, bombas, alimentação elétrica, controladores, TCS, manifolds e distribuição até o rack.

Em uma arquitetura N+1, a perda do maior componente precisa manter a capacidade N requerida. Se duas CDUs compartilham o mesmo trocador, quadro, controlador ou tubulação sem isolamento, a redundância pode ser apenas aparente.

O projeto deve analisar falha de bomba, perda de alimentação, bloqueio de filtro, falha de sensor, perda de comunicação, vazamento, fechamento indevido de válvula e indisponibilidade da central térmica. Também precisa definir a resposta do equipamento de TIC: operação plena, redução de potência, *thermal throttling*, migração de carga ou desligamento.

A inércia térmica do líquido pode oferecer alguns segundos ou minutos de tolerância, mas esse tempo deve ser calculado ou ensaiado. Não se pode presumir que o volume do circuito sustente a carga até a entrada dos grupos geradores.

O artigo [Arquitetura elétrica de Data Center: N, N+1, 2N e distribuição A/B](#) explica como dependências comuns também afetam UPS, quadros e distribuição. No liquid cooling, bombas, CDUs e controles precisam ser incluídos na mesma matriz de estados.

14. RESFRIAMENTO POR IMERSÃO

Na imersão, os equipamentos de TIC ficam total ou parcialmente submersos em fluido dielétrico. O calor é transferido diretamente dos componentes para o líquido, eliminando grande parte da infraestrutura de movimentação de ar associada aos servidores convencionais.

Na imersão de fase única, o fluido permanece líquido e é circulado até um trocador de calor. Na imersão de duas fases, o fluido evapora ao absorver calor e condensa em uma superfície de troca, retornando ao tanque.

A imersão exige hardware, materiais e procedimentos compatíveis. Cabos, conectores, placas, adesivos, elastômeros, componentes ópticos e mídias podem reagir de forma diferente ao fluido. Garantias e certificações precisam ser verificadas para a solução completa, não apenas para o processador.

A manutenção também muda. A retirada de equipamentos requer drenagem, escorrimento, limpeza, equipamentos de elevação e controle de contaminação. O fluido precisa de gestão de qualidade, inventário, reposição, descarte ou recuperação ao longo do ciclo de vida.

Em contrapartida, a imersão pode concentrar grande capacidade em menor volume e reduzir a dependência da qualidade do ar ambiente. A escolha é especialmente sensível à maturidade da cadeia de suporte, interoperabilidade, segurança ocupacional e disponibilidade de peças compatíveis.

15. RETROFIT DE DATA CENTER PARA LIQUID COOLING

Um retrofit começa pelo levantamento da carga elétrica e térmica disponível. Racks líquidos de alta densidade podem exigir mudanças em subestações, barramentos, UPS, PDUs, aterramento, piso, estrutura, distribuição hidráulica e rede de dados.

A avaliação deve verificar espaço para CDUs, rotas de tubulação, drenagem, áreas de manutenção, capacidade da central térmica e possibilidade de seccionamento sem interromper a operação. O artigo [Modernização de Data Center sem interromper a operação](#) detalha a lógica de implantação por fases, janelas e estados transitórios.

Em salas convencionais, uma zona líquida pode coexistir com corredores quente e frio. A carga residual do rack precisa ser compatibilizada com contenção, insuflação e retorno. O artigo [Corredor quente e corredor frio em Data Centers](#) ajuda a avaliar essa interface.

O retrofit também deve incluir condição provisória. Durante a migração, podem existir racks antigos resfriados a ar, novos racks líquidos, CDUs temporárias e caminhos hidráulicos ainda não redundantes. Cada fase precisa possuir capacidade, alarmes e procedimentos próprios.

16. MONITORAMENTO E INTEGRAÇÃO COM BMS, EPMS E DCIM

O sistema deve monitorar temperaturas de ida e retorno, vazão, pressão, pressão diferencial, estado de bombas, posição de válvulas, condição de filtros, qualidade do fluido, nível de reservatório, ponto de orvalho e detecção de vazamentos.

A camada local da CDU precisa manter controle seguro mesmo com perda da supervisão. BMS e DCIM recebem estados, tendências e alarmes, enquanto o EPMS permite correlacionar potência elétrica do rack com carga térmica removida.

A integração não deve se limitar a muitos pontos sem contexto. É necessário calcular capacidade disponível, margem de bombeamento, carga por CDU e condição degradada. O artigo específico sobre **DCIM, BMS e EPMS** aprofundará a arquitetura de integração; neste conteúdo, o foco permanece nas variáveis necessárias ao liquid cooling.

17. COMISSIONAMENTO E ACEITE DO SISTEMA

O comissionamento deve começar antes da conexão aos equipamentos de TIC. Tubulações, suportes, válvulas, CDUs e manifolds precisam ser inspecionados e testados de forma independente.

O plano pode incluir:

A entrada dos servidores deve seguir procedimento de limpeza e conexão. Mangueiras e quick disconnects precisam ser verificados antes da abertura das válvulas. O sistema deve permitir purga de ar sem introduzir contaminantes.

No teste integrado, a equipe deve comprovar a capacidade em operação normal, carga parcial, manutenção e falha. O artigo [Comissionamento de Data Center: testes, níveis e critérios de aceite](#) apresenta a progressão entre inspeção, testes funcionais e IST.

Comissionamento de liquid cooling

Estanqueidade e partida não são suficientes. O aceite deve comprovar limpeza, qualidade do fluido, capacidade térmica, redundância, alarmes e resposta a falhas com carga representativa.

[Conheça o serviço de Comissionamento e Aceite de Data Centers](#)

18. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESPOSTA A INCIDENTES

A operação precisa definir SOPs para partida, parada, enchimento, drenagem, conexão de racks e troca de filtros. MOPs devem controlar intervenções planejadas, e EOPs precisam tratar vazamento, perda de bomba, alta temperatura, baixa vazão e falha de energia.

Peças críticas podem incluir bombas, sensores, placas eletrônicas da CDU, elementos filtrantes, válvulas, mangueiras, conexões rápidas e fluido qualificado. A disponibilidade real depende do tempo de reposição e da capacidade da equipe executar a intervenção.

Tendências permitem identificar degradação. Aumento gradual da pressão diferencial pode indicar filtro saturado ou obstrução. Redução do ΔT pode revelar distribuição inadequada, mudança de carga ou vazão excessiva. Variações na química do fluido podem antecipar corrosão ou contaminação.

O plano de manutenção deve preservar a limpeza do TCS. Ferramentas, mangueiras de serviço e recipientes precisam ser dedicados ou controlados para não introduzir partículas e substâncias incompatíveis.

19. ERROS COMUNS EM PROJETOS DE LIQUID COOLING

19.1. ADOTAR UMA DENSIDADE GENÉRICA COMO ÚNICO CRITÉRIO

Potência por rack não substitui requisitos do fabricante, parcela de captura, temperatura, vazão e perda de carga.

19.2. CONSIDERAR QUE DIRECT-TO-CHIP ELIMINA O AR-CONDICIONADO

Muitos servidores continuam lançando calor residual no ambiente. Essa carga precisa ser calculada e removida.

19.3. DIMENSIONAR APENAS A CDU

A capacidade depende de FWS, TCS, bombas, trocadores, manifolds, tubulações e condições reais de operação.

19.4. IGNORAR QUALIDADE DO FLUIDO

Partículas, corrosão e incompatibilidade de materiais podem bloquear placas frias ou reduzir a vida do sistema.

19.5. NÃO CONTROLAR O PONTO DE ORVALHO

Fluido excessivamente frio pode causar condensação próxima aos componentes eletrônicos.

19.6. DECLARAR REDUNDÂNCIA APENAS PELA QUANTIDADE DE CDUS

Tubulações, energia, controles, central térmica e manifolds compartilhados podem criar falhas comuns.

19.7. SUBESTIMAR MANUTENÇÃO E LOGÍSTICA

A solução precisa prever drenagem, reposição de fluido, ferramentas, peças, treinamento e procedimentos.

19.8. TESTAR SOMENTE SEM CARGA

Estanqueidade não comprova capacidade térmica, estabilidade hidráulica nem resposta a falhas.

20. MATRIZ DE DECISÃO PARA O PROJETO

Critério	Pergunta de engenharia
Equipamento de TIC	O fabricante exige ou suporta qual arquitetura e qual classe de fluido?
Densidade	Qual é a potência real por componente, servidor, rack, fileira e pod?
Captura térmica	Quanto calor vai para o líquido e quanto permanece no ar?
Temperaturas	Qual classe W e qual margem sobre o ponto de orvalho serão adotadas?
Arquitetura	Rear door, direct-to-chip, imersão ou solução híbrida?
Hidráulica	Vazão, ΔT , pressão e perda de carga foram calculados até o rack crítico?
Fluido	Materiais, tratamento, filtragem e amostragem são compatíveis?
Disponibilidade	A perda de uma CDU, bomba ou circuito mantém a carga requerida?
Retrofit	Elétrica, estrutura, espaço, drenagem e central térmica suportam a mudança?
Operação	Existem procedimentos, peças, treinamento e suporte do fabricante?
Aceite	Os testes comprovam capacidade, limpeza, estanqueidade e modos de falha?

21. NORMAS E REFERÊNCIAS APLICÁVEIS

A ABNT NBR 17207:2025 é a principal referência brasileira para ventilação e climatização de ambientes de TIC e Data Centers. Ela define classes de resfriamento líquido, configurações de CDU, resfriamento direto no componente, imersão, distribuição e cuidados com vazamentos.

A ISO/IEC 22237-4 complementa os critérios de controle ambiental. A ASHRAE TC 9.9 mantém orientações sobre liquid cooling, placas frias, temperaturas e integração entre equipamentos de TIC e infraestrutura. O Open Compute Project desenvolve especificações e boas práticas abertas para cold plates, CDUs, fluidos, conexões e imersão.

Essas referências precisam ser aplicadas com a documentação específica do fabricante. Interfaces, vazões, pressões, fluidos e limites térmicos variam entre plataformas e gerações.

22. RESUMO TÉCNICO

O resfriamento líquido permite transportar grandes cargas térmicas diretamente dos racks ou componentes, tornando-se uma arquitetura relevante para IA, HPC e Data Centers de alta densidade. A solução pode utilizar rear door heat exchangers, direct-to-chip ou imersão, com diferentes impactos sobre hardware, sala, operação e manutenção.

Uma arquitetura direct-to-chip normalmente conecta o FWS ao TCS por meio de uma CDU. A CDU controla temperatura, vazão, pressão, filtragem e separação entre os circuitos. A climatização pelo ar permanece necessária para a carga residual e para o controle ambiental.

O desempenho depende de hidráulica, qualidade do fluido, materiais, controle do ponto de orvalho, detecção de vazamentos e redundância de toda a cadeia. O comissionamento precisa comprovar limpeza, estanqueidade, capacidade térmica, integração elétrica e resposta a falhas.

A A3A Engenharia atua em estudos de viabilidade, projeto, especificação, compatibilização, Owner's Engineering, diagnóstico, modernização, comissionamento e aceite de infraestrutura crítica e sistemas térmicos para Data Centers.

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 17207:2025 – Sistemas de ventilação e climatização em ambientes de tecnologia da informação, de comunicação e de Data Center. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

[2] ISO; IEC. ISO/IEC 22237-4:2021 – Information technology – Data centre facilities and infrastructures – Part 4: Environmental control.

[3] ASHRAE. Liquid Cooling Cold Plates. ASHRAE Journal, v. 67, n. 9, setembro de 2025.

[4] OPEN COMPUTE PROJECT. Cold Plate Sub-Project – escopo, interfaces e desenvolvimento de boas práticas para direct liquid cooling.

[5] OPEN COMPUTE PROJECT. Coolant Distribution Unit Sub-Project – integração de soluções avançadas de resfriamento à infraestrutura de Data Centers.

[6] OPEN COMPUTE PROJECT. Immersion Project – requisitos, especificações e práticas para resfriamento por imersão.

[7] NVIDIA. Hotter Than a Hot Tub: The 45°C Breakthrough to Cool AI's Biggest Machines. 2026.

O que é liquid cooling em Data Centers? É o uso de um líquido para captar e transportar parte ou toda a carga térmica dos equipamentos de TIC. A solução pode atuar na porta traseira do rack, diretamente nos componentes por placas frias ou por imersão do equipamento em fluido dielétrico.

Quando um Data Center precisa de resfriamento líquido? Quando os requisitos do equipamento, a concentração térmica, a potência por rack ou as limitações de fluxo de ar tornam o resfriamento convencional insuficiente ou pouco eficiente. Não existe um limite universal de kW por rack; a decisão depende da plataforma e da infraestrutura.

Qual é a diferença entre direct-to-chip e imersão? No direct-to-chip, o fluido circula por placas frias instaladas em componentes como CPU e GPU, enquanto parte do servidor pode continuar resfriada a ar. Na imersão, o equipamento fica submerso em fluido dielétrico de fase única ou duas fases.

O que é uma CDU em liquid cooling? A Coolant Distribution Unit conecta e normalmente separa o circuito de água da instalação do circuito tecnológico. Ela pode conter trocador de calor, bombas, filtros, válvulas, sensores, controles e recursos de enchimento, purga e expansão.

O que significam FWS e TCS? FWS é o Facility Water System, circuito pertencente à infraestrutura predial. TCS é o Technology Cooling System, circuito que leva o fluido da CDU aos racks, manifolds e placas frias dos equipamentos de TIC.

Liquid cooling elimina a climatização pelo ar? Não necessariamente. Em sistemas direct-to-chip, fontes, memória, rede e outros componentes podem continuar lançando calor no ambiente. A carga residual precisa ser informada pelo fabricante e removida por CRAC, CRAH, InRow ou outra solução de ar.

Quais são os principais riscos de vazamento? Conexões, mangueiras, válvulas, manifolds e CDUs aumentam os pontos potenciais de vazamento. O risco é controlado por componentes qualificados, detecção localizada, contenção, válvulas de isolamento, procedimentos e testes de estanqueidade.

O que são as classes W17, W27, W32, W40, W45 e W+? São classes da ABNT NBR 17207 relacionadas à temperatura de saída da água gerada na central térmica para instalações que atendem equipamentos de TIC resfriados por líquido. A classe precisa ser compatível com o equipamento e com a CDU.

É possível instalar liquid cooling em um Data Center existente? Sim, mas o retrofit deve verificar capacidade elétrica e térmica, estrutura, espaço para CDUs, tubulações, drenagem, detecção de vazamentos, redundância e a coexistência com racks resfriados a ar.

O que deve ser testado no comissionamento? Estanqueidade, limpeza e flushing, qualidade do fluido, vazão, pressão, temperaturas, ponto de orvalho, bombas, válvulas, filtros, detecção de vazamento, perda de CDU, transferência de energia, capacidade térmica e carga residual no ar.

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.