

DATA CENTER MODULAR: O QUE É, TIPOS, PROJETO, RISCOS E QUANDO USAR

Data Center modular é uma infraestrutura implantada por blocos funcionais padronizados e integráveis. Entenda arquitetura, energia, climatização, telecomunicações, FAT, comissionamento, custos, riscos e critérios de decisão.

SUMÁRIO

1. SÍNTESE TÉCNICA	6
2. O QUE REALMENTE DEFINE UM DATA CENTER MODULAR?	6
3. DATA CENTER MODULAR, PRÉ-FABRICADO, EM CONTÊINER, MICRO DATA CENTER E EDGE	7
3.1. DATA CENTER PRÉ-FABRICADO	7
3.2. DATA CENTER EM CONTÊINER	7
3.3. MICRO DATA CENTER	7
3.4. EDGE DATA CENTER	7
3.5. BLOCO DE CAPACIDADE	8
4. NÍVEIS DE MODULARIZAÇÃO	8
4.1. COMPONENTE OU CONJUNTO MONTADO	8
4.2. SUBSISTEMA FUNCIONAL	8
4.3. MÓDULO DE WHITE SPACE	8
4.4. MÓDULO INTEGRADO	9
4.5. CAMPUS POR BLOCOS REPETÍVEIS	9
5. A UNIDADE DE PROJETO NÃO DEVE SER APENAS O MÓDULO	9
6. REQUISITOS DO PROPRIETÁRIO E ARQUITETURA DE REFERÊNCIA	9
6.1. CAPACIDADE DE TIC	9
6.2. DISPONIBILIDADE E IMPACTO NO NEGÓCIO	10
6.3. SEGURANÇA E PROTEÇÃO	10
6.4. EFICIÊNCIA E INDICADORES	10
6.5. MANTENABILIDADE E OPERAÇÃO	10
7. DESIGN FREEZE E CONTROLE DE MUDANÇAS	10
8. SITE, LOGÍSTICA E IMPLANTAÇÃO	11
8.1. ENERGIA DISPONÍVEL	11
8.2. CONECTIVIDADE	11
8.3. CONDIÇÕES AMBIENTAIS	11
8.4. TRANSPORTE E IÇAMENTO	11
8.5. FUNDAÇÃO, DRENAGEM E ENVELOPE	11
9. ENGENHARIA DE INTERFACES	12
10. DISPONIBILIDADE, REDUNDÂNCIA E MODOS COMUNS DE FALHA	12
10.1. CAPACIDADE E REDUNDÂNCIA NÃO SÃO SINÔNIMOS	12
10.2. CAMINHOS INDEPENDENTES PRECISAM SER FISICAMENTE INDEPENDENTES	13
10.3. CONTROLE PODE CRIAR FALHA COMUM	13

10.4. MANUTENÇÃO CONCORRENTE PRECISA SER DEMONSTRADA	13
10.5. A OPERAÇÃO FAZ PARTE DA DISPONIBILIDADE	13
11. ARQUITETURA ELÉTRICA MODULAR	13
11.1. POWER TRAIN E BLOCOS DE POTÊNCIA	13
11.2. CARGA PARCIAL E FASEAMENTO	14
11.3. UPS E BATERIAS	14
11.4. GERAÇÃO E COMBUSTÍVEL	14
11.5. DISTRIBUIÇÃO ATÉ OS RACKS	14
12. CLIMATIZAÇÃO, DENSIDADE E RESFRIAMENTO LÍQUIDO	14
12.1. PERFIL TÉRMICO DINÂMICO	14
12.2. CAPACIDADE SENSÍVEL E LATENTE	15
12.3. CONTENÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR	15
12.4. CFD E MODOS DE FALHA	15
12.5. RESFRIAMENTO LÍQUIDO	15
13. TELECOMUNICAÇÕES E CABEAMENTO	15
13.1. CABEAMENTO PERMANENTE E PONTO A PONTO	16
13.2. PRÉ-TERMINAÇÃO	16
13.3. DIVERSIDADE DE CAMINHOS	16
13.4. CERTIFICAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO	16
14. AUTOMAÇÃO, BMS, EPMS, DCIM E CIBERSEGURANÇA	16
14.1. MODELO DE DADOS E NOMENCLATURA	16
14.2. SEQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO	17
14.3. SINCRONISMO E EVIDÊNCIAS	17
14.4. CIBERSEGURANÇA	17
15. INCÊNDIO, SEGURANÇA FÍSICA E INTERFACES PREDIAIS	17
15.1. DETECÇÃO E SUPRESSÃO	17
15.2. COMPARTIMENTAÇÃO E SELAGEM	17
15.3. BATERIAS E RISCOS ESPECÍFICOS	17
15.4. CONTROLE DE ACESSO E EVIDÊNCIAS	18
16. FABRICAÇÃO, QA/QC E RASTREABILIDADE	18
16.1. SUBMITTALS E DOCUMENTOS DE FABRICAÇÃO	18
16.2. RASTREABILIDADE DE COMPONENTES	18
16.3. CONTROLE DE CONFIGURAÇÃO	18
17. FAT, TRANSPORTE, SAT, COMISSIONAMENTO E TESTES INTEGRADOS	18
17.1. FACTORY ACCEPTANCE TEST – FAT	18

17.2. INSPEÇÃO APÓS TRANSPORTE	19
17.3. SITE ACCEPTANCE TEST – SAT	19
17.4. PRÉ-FUNCIONAL E FUNCIONAL	19
17.5. INTEGRATED SYSTEMS TESTING – IST	19
18. CRONOGRAMA, SUPPLY CHAIN E IMPLANTAÇÃO PARALELA	20
18.1. CAMINHO CRÍTICO	20
18.2. EQUIPAMENTOS DE LONGO PRAZO	20
18.3. PADRONIZAÇÃO E REPETIÇÃO	20
19. CAPEX, OPEX E CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE	20
19.1. CAPEX COMPARÁVEL	20
19.2. OPEX E MANUTENÇÃO	20
19.3. CUSTO DA CAPACIDADE OCIOSA	21
19.4. VALOR DO PRAZO E DA FLEXIBILIDADE	21
19.5. DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA	21
20. CONTRATAÇÃO E ALOCAÇÃO DE RESPONSABILIDADES	21
20.1. ESCOPO FUNCIONAL	21
20.2. MATRIZ DE RESPONSABILIDADES	21
20.3. EQUALIZAÇÃO TÉCNICA	22
20.4. GARANTIAS	22
20.5. MUDANÇAS E CLAIMS	22
21. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E EXPANSÃO	22
21.1. BIBLIOTECA TÉCNICA	22
21.2. PROCEDIMENTOS	22
21.3. GESTÃO DE CAPACIDADE	22
21.4. PEÇAS E SUPORTE	22
21.5. EXPANSÃO EM AMBIENTE ATIVO	23
22. EXEMPLO DE FASEAMENTO	23
23. QUANDO O DATA CENTER MODULAR TENDE A SER ADEQUADO?	23
24. QUANDO UMA SOLUÇÃO CONVENCIONAL OU HÍBRIDA PODE SER MELHOR?	23
25. MATRIZ DE DECISÃO	24
26. ERROS COMUNS EM PROJETOS MODULARES	24
27. NORMAS, CLASSIFICAÇÕES E CERTIFICAÇÕES	24
28. COMO A A3A ENGENHARIA ATUA	24
29. CONCLUSÃO	24

Um **Data Center modular** é uma infraestrutura de missão crítica concebida para ser implantada, ampliada ou substituída por **blocos funcionais padronizados e integráveis**. Esses blocos podem reunir a sala de equipamentos de TIC, a distribuição elétrica, UPS e baterias, climatização, redes, automação, segurança e proteção contra incêndio, ou podem modularizar apenas uma dessas disciplinas. Parte relevante da montagem, integração e verificação ocorre em fábrica ou em ambiente controlado; no local definitivo permanecem a preparação do site, as utilidades, as interligações, os testes sistêmicos e o aceite.

O termo **modular** descreve uma estratégia de arquitetura, fabricação e implantação. Ele não significa, por si só, que o Data Center seja instalado em contêiner, tenha pequena capacidade, funcione como Edge, seja mais barato ou atenda a determinado Tier ou Classe de Disponibilidade. A disponibilidade resulta da arquitetura completa – fontes, caminhos, controles, interfaces, sistemas externos, operação e manutenção – e não do formato físico do módulo.

Na prática, a solução modular é mais indicada quando o empreendimento precisa de capacidade incremental, repetição entre sites, fabricação paralela às obras locais, expansão por fases ou redução do tempo de intervenção em ambiente operacional. Ela pode ser inadequada quando transporte e içamento são restritivos, quando o site exige customização intensa, quando a manutenção não dispõe de espaço suficiente ou quando as interfaces externas anulam os ganhos de padronização.

A decisão correta não é “modular ou convencional” de forma abstrata. É comparar alternativas equivalentes em capacidade útil, densidade, disponibilidade, segurança, prazo, CAPEX, OPEX, manutenção, expansão e risco. Em muitos projetos, a melhor resposta é híbrida: edificação convencional combinada com módulos de energia, climatização ou white space.

1. SÍNTESE TÉCNICA

Pergunta	Resposta técnica
O que define um Data Center modular?	Decomposição da infraestrutura em blocos funcionais padronizados, integráveis e repetíveis.
É sempre um contêiner?	Não. Pode usar contêiner, skid, sala pré-fabricada, módulo predial ou blocos de capacidade.
É sempre pequeno?	Não. Pode atender desde micro Data Centers até campi de grande capacidade.
É automaticamente resiliente?	Não. Redundância, diversidade de caminhos, manutenibilidade e tolerância a falhas precisam ser projetadas.
É sempre mais rápido?	Pode ser, quando projeto, aprovações, fábrica, site, logística e interfaces permitem execução paralela.
É sempre mais barato?	Não. A comparação precisa considerar o custo total do empreendimento e do ciclo de vida.
FAT substitui testes no site?	Não. Transporte, montagem, utilidades definitivas e comportamento integrado exigem SAT, comissionamento e testes sistêmicos.
Quando tende a gerar mais valor?	Crescimento faseado, múltiplos sites, Edge, locais remotos, janelas curtas de implantação e necessidade de padronização.

2. O QUE REALMENTE DEFINE UM DATA CENTER MODULAR?

A modularidade começa na **arquitetura funcional**, não no invólucro. O projeto divide o Data Center em unidades com limites definidos de capacidade, interfaces, responsabilidade, testes e expansão. Cada unidade precisa executar uma função verificável e integrar-se às demais sem criar dependências ocultas.

A [ABNT NBR ISO/IEC 22237-1](#), cuja edição internacional está apresentada na página oficial da ISO, trata Data Centers como instalações completas, compostas por edificação, distribuição de energia, controle ambiental, telecomunicações, segurança e informações operacionais. A própria série destaca a necessidade de infraestruturas modulares, escaláveis e flexíveis, mas vincula as decisões de disponibilidade, proteção e eficiência à análise de risco do negócio e ao ciclo de vida planejado.

Portanto, um projeto modular consistente precisa demonstrar cinco propriedades:

1. **Decomposição funcional:** quais funções pertencem a cada módulo e quais permanecem no site.
2. **Interfaces controladas:** pontos elétricos, hidráulicos, mecânicos, de comunicação, segurança, aterramento e automação claramente definidos.
3. **Repetibilidade:** o que pode ser repetido sem reprojetar e quais variáveis locais exigem adaptação.
4. **Escalabilidade:** como novos blocos serão incorporados sem comprometer a carga instalada.
5. **Verificabilidade:** quais requisitos serão demonstrados em inspeções,

FAT, SAT, comissionamento e testes integrados.

A padronização não deve eliminar a engenharia específica do local. Ela deve reduzir variações desnecessárias e preservar apenas as adaptações justificadas por clima, energia, telecomunicações, logística, solo, licenciamento, segurança e operação.

3. DATA CENTER MODULAR, PRÉ-FABRICADO, EM CONTÊINER, MICRO DATA CENTER E EDGE

Esses termos descrevem dimensões diferentes do problema e não devem ser usados como sinônimos.

3.1. DATA CENTER PRÉ-FABRICADO

Indica que partes relevantes são produzidas, montadas ou integradas fora do local definitivo. A pré-fabricação pode envolver painéis, skids, salas técnicas, módulos elétricos, unidades térmicas ou o Data Center completo. O foco está no **local e no processo de fabricação**.

3.2. DATA CENTER EM CONTÊINER

Utiliza um invólucro transportável com geometria semelhante à de um contêiner marítimo ou desenvolvido especificamente para transporte. Pode ser modular, mas a modularidade não exige formato de contêiner. Limites dimensionais, acesso para manutenção, distribuição de ar, vibração, peso, corrosão e transporte precisam ser tratados como requisitos de engenharia.

3.3. MICRO DATA CENTER

Descreve principalmente a **escala compacta**. Pode ser um gabinete protegido, uma fileira integrada ou uma pequena sala técnica. Um micro Data Center pode ser modular e pode atuar na borda, mas existem módulos com potência e dimensões muito superiores.

3.4. EDGE DATA CENTER

Descreve a função e a posição do nó na arquitetura distribuída: próximo aos usuários, dispositivos, redes de acesso ou processos que geram os dados. Um [Edge Data Center](#) pode ser modular, convencional, micro ou implantado em contêiner.

3.5. BLOCO DE CAPACIDADE

É uma unidade repetível de potência e infraestrutura associada. Um campus pode crescer por blocos de 250 kW, 500 kW, 1 MW ou outra capacidade definida pelo projeto. O valor nominal, isoladamente, não é suficiente: é necessário indicar capacidade útil, condição de falha, reserva, densidade e fronteiras do bloco.

A modularidade precisa ser definida no projeto, antes da aquisição do módulo.

Capacidade, disponibilidade, interfaces, logística, manutenção, expansão e critérios de teste devem formar uma arquitetura única, compatível com o site e com o ciclo de vida do empreendimento.

Conheça o serviço de Projeto de Data Center

4. NÍVEIS DE MODULARIZAÇÃO

A modularidade pode ser aplicada em diferentes níveis. A escolha altera o número de interfaces, o potencial de repetição e o risco transferido para o campo.

4.1. COMPONENTE OU CONJUNTO MONTADO

Inclui painéis, UPS, PDU, bancos de baterias, unidades de distribuição de resfriamento, bombas, controles ou equipamentos montados em skid. A modularização simplifica movimentação e conexão, mas o desempenho sistêmico ainda depende da instalação externa.

4.2. SUBSISTEMA FUNCIONAL

Reúne uma disciplina, como um módulo de energia ou de climatização. Pode concentrar quadros, UPS, baterias, transferência e supervisão; ou chillers, bombas, trocadores, CDU e controles. A vantagem é testar uma cadeia funcional mais extensa antes do envio.

4.3. MÓDULO DE WHITE SPACE

Abriga racks, cabeamento, distribuição até as cargas, contenção térmica, sensores, segurança e proteção contra incêndio. Precisa ser coordenado com densidade de potência, fluxo de ar ou líquido, rotas de cabos, carga de piso, movimentação de equipamentos e expansão.

4.4. MÓDULO INTEGRADO

Combina white space, energia, climatização, telecomunicações, automação e proteção. Reduz determinadas interfaces de campo, mas concentra dependências e pode aumentar o impacto de limitações internas de espaço, manutenção ou tecnologia proprietária.

4.5. CAMPUS POR BLOCOS REPETÍVEIS

Grandes instalações podem repetir power trains, salas de computadores e sistemas térmicos conforme a ocupação. Nesse caso, o masterplan precisa antecipar subestação, geração, combustível, rejeição de calor, redes hidráulicas, telecomunicações, segurança, circulação e áreas de apoio para a capacidade final – mesmo que a implantação inicial seja menor.

5. A UNIDADE DE PROJETO NÃO DEVE SER APENAS O MÓDULO

Um erro recorrente é estabelecer o limite do empreendimento na parede do módulo. O Data Center real inclui tudo o que sustenta sua capacidade funcional:

A solução deve ser avaliada como **sistema de sistemas**. A integração entre energia, climatização, telecomunicações e operação é detalhada no artigo [Data Center: o que é, como funciona e quais sistemas compõem a infraestrutura](#).

6. REQUISITOS DO PROPRIETÁRIO E ARQUITETURA DE REFERÊNCIA

A fabricação não deve começar com uma lista de equipamentos. Deve começar com requisitos aprovados pelo proprietário, normalmente consolidados em OPR, URS, requisitos de desempenho ou documento equivalente.

6.1. CAPACIDADE DE TIC

A especificação deve distinguir:

A potência de placa dos equipamentos não deve ser usada automaticamente como dissipação térmica real. A ABNT NBR 17207:2025 destaca que cargas de TIC são dinâmicas, variam com software e utilização e possuem ciclos de vida inferiores aos da infraestrutura elétrica e térmica. O projeto precisa considerar perfil de carga, carga parcial e cenários futuros.

6.2. DISPONIBILIDADE E IMPACTO NO NEGÓCIO

A arquitetura deve resultar de análise de impacto e risco. É necessário definir quais falhas podem ser aceitas, quais manutenções podem interromper a carga e quais eventos precisam ser suportados sem perda de capacidade funcional.

Expressões como N, N+1, 2N, distribuído redundante ou Tier não substituem diagramas, modos de falha e sequências de operação. Um módulo denominado “2N” pode compartilhar alimentação, controle, caminho físico, rejeição de calor ou ponto de conexão externo, criando modo comum de falha.

6.3. SEGURANÇA E PROTEÇÃO

Devem ser definidos níveis de controle de acesso, proteção perimetral, segregação de áreas, gestão de terceiros, CFTV, detecção de intrusão e integração com resposta operacional. A solução específica está detalhada em [Segurança Física para Data Centers](#).

6.4. EFICIÊNCIA E INDICADORES

PUE, WUE, CER e outros indicadores precisam ter fronteiras de medição, condições de referência e responsabilidades definidas. Comparações sem carga, clima, arquitetura e fronteira equivalentes podem induzir decisões incorretas.

6.5. MANTENABILIDADE E OPERAÇÃO

O requisito não deve ser apenas “o equipamento cabe”. É necessário demonstrar:

7. DESIGN FREEZE E CONTROLE DE MUDANÇAS

A execução paralela entre fábrica e site só reduz prazo quando requisitos e interfaces atingem maturidade suficiente. Mudanças tardias podem afetar estrutura, painéis, tubulações, software, documentação, certificações, transporte e testes.

O projeto deve estabelecer marcos de congelamento progressivo:

1. requisitos e capacidade; 2. arquitetura funcional; 3. limites de fornecimento; 4. interfaces civis, elétricas, térmicas e de telecomunicações; 5. equipamentos de longo prazo; 6. automação e sequências; 7. leiaute e manutenção; 8. procedimentos e critérios de teste.

Congelamento não significa proibir mudanças. Significa que cada alteração passa a ter análise de impacto em custo, prazo, desempenho, fabricação, site, documentação e

aceite.

8. SITE, LOGÍSTICA E IMPLANTAÇÃO

Um módulo tecnicamente adequado pode ser inviável para determinado local. A avaliação precisa ocorrer antes da contratação.

8.1. ENERGIA DISPONÍVEL

Devem ser analisados capacidade, tensão, qualidade, curto-circuito, expansão, prazo de conexão, geração local, combustível, proteção, seletividade e aterramento. A arquitetura modular não elimina obras de subestação, redes externas, quadros de acoplamento ou estudos elétricos.

8.2. CONECTIVIDADE

É necessário verificar operadoras, diversidade geográfica, entradas físicas, disponibilidade de fibras, latência, servidões e prazos. Em ambientes de maior criticidade, duas operadoras no mesmo duto não representam diversidade real. A solução [Redes e Telecomunicações para Data Centers](#) aprofunda entradas, meet-me room, rotas redundantes e redes de gestão.

8.3. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Clima, altitude, poeira, gases corrosivos, umidade, salinidade, vento, chuva, inundação, ruído e vibração alteram envelope, filtragem, capacidade térmica, materiais e manutenção. A ABNT NBR 17207 também exige avaliar contaminantes particulados e gasosos, pressurização, ruído e vibração em ambientes de TIC.

8.4. TRANSPORTE E IÇAMENTO

O plano logístico deve considerar:

8.5. FUNDAÇÃO, DRENAGEM E ENVELOPE

Fundações precisam considerar cargas permanentes, operação, vibração, vento, transporte e manutenção. A drenagem deve impedir ingresso de água e conduzir vazamentos de modo controlado. Passagens, juntas e penetrações precisam preservar estanqueidade, compartimentação e proteção contra incêndio.

9. ENGENHARIA DE INTERFACES

A matriz de interfaces é um dos documentos mais importantes do empreendimento modular. Ela deve indicar, para cada fronteira, quem projeta, fornece, instala, inspeciona, energiza, testa, documenta e garante.

Interface	Questões mínimas
Alimentação elétrica	tensão, potência, proteção, seletividade, cabos, terminação, aterramento, medição e responsabilidade pela energização
Geração e combustível	autonomia, qualidade, transferência, tubulação, armazenamento, rejeição de calor e testes de carga
Climatização	fluido, temperaturas, vazões, pressão, qualidade da água, tratamento, drenagem, controles e capacidade em falha
Telecomunicações	rotas, fibras, conectores, distribuidores, diversidade, identificação, certificação e responsabilidade pelas operadoras
Automação	protocolos, pontos, alarmes, permissivos, tempos, sincronismo, integração BMS/EPMS/DCIM e cibersegurança
Incêndio	detecção, causa e efeito, desligamentos, dampers, supressão, liberação, abort e integração com HVAC
Civil e estrutural	fundações, acessos, fixação, resistência, impermeabilização, selagem e áreas de manutenção
Segurança física	zonas, credenciais, CFTV, intrusão, interfonia, visitantes e resposta
Testes e documentação	procedimentos, instrumentos, responsáveis, critérios, evidências, pendências e aceite

Cada interface deve possuir desenho, dados, tolerâncias, estado de prontidão e critério de aceitação. Expressões genéricas como “por terceiros” ou “a cargo do cliente” não eliminam a necessidade de engenharia; apenas deslocam o risco.

10. DISPONIBILIDADE, REDUNDÂNCIA E MODOS COMUNS DE FALHA

A modularidade facilita repetir caminhos e componentes, mas também pode repetir o mesmo defeito de arquitetura. A análise deve partir de diagramas e estados operacionais.

10.1. CAPACIDADE E REDUNDÂNCIA NÃO SÃO SINÔNIMOS

Duas unidades de 500 kW podem formar 1 MW sem redundância, 500 kW com redundância N+1 entre unidades, ou outra configuração, dependendo da carga e da interligação. É necessário declarar capacidade útil em cada condição.

10.2. CAMINHOS INDEPENDENTES PRECISAM SER FISICAMENTE INDEPENDENTES

A independência deve ser verificada em fontes, quadros, barramentos, encaminhamentos, compartimentos, controles, sensores, comunicação, rejeição de calor, combustível, aterramento e pontos de conexão.

10.3. CONTROLE PODE CRIAR FALHA COMUM

CLPs, redes, fontes de 24 Vcc, gateways, software, servidores de supervisão e permissivos compartilhados podem derrubar caminhos fisicamente redundantes. A arquitetura de controle deve definir modo degradado, operação local, perda de comunicação e recuperação.

10.4. MANUTENÇÃO CONCORRENTE PRECISA SER DEMONSTRADA

Não basta haver equipamento reserva. É necessário demonstrar acesso, isolamento, transferência, capacidade remanescente e procedimentos. A manutenção deve ser simulada em diagramas, sequências e testes.

10.5. A OPERAÇÃO FAZ PARTE DA DISPONIBILIDADE

O [Tier Standard: Operational Sustainability](#) reforça que topologia instalada não garante desempenho de longo prazo sem pessoal, manutenção, treinamento, procedimentos e disciplina operacional. A página oficial do programa Tier-Ready também mostra que módulos pré-fabricados podem ser avaliados como componentes de uma solução, mas o desempenho do site depende da integração final.

11. ARQUITETURA ELÉTRICA MODULAR

Módulos elétricos podem concentrar transformadores, quadros, UPS, baterias, transferência, distribuição e EPMS. O projeto precisa avaliar mais do que a potência nominal.

11.1. POWER TRAIN E BLOCOS DE POTÊNCIA

Um power train é uma cadeia coerente da fonte até a carga. Em expansão modular, cada bloco deve informar potência, capacidade útil em operação normal, manutenção e falha, eficiência em carga parcial, autonomia, curto-circuito, seletividade, qualidade de energia, expansão, medição e limites de responsabilidade.

11.2. CARGA PARCIAL E FASEAMENTO

Um Data Center implantado com baixa ocupação pode operar equipamentos muito abaixo do ponto eficiente. A arquitetura deve comparar módulos menores ativados progressivamente com equipamentos maiores operando em carga parcial.

11.3. UPS E BATERIAS

A seleção precisa considerar tecnologia, topologia, eficiência, autonomia, temperatura, ventilação, manutenção, monitoramento, vida útil, reposição e segurança. A possibilidade de adicionar strings ou módulos no futuro precisa ser compatível com fabricante, firmware, idade e critérios de paralelismo.

11.4. GERAÇÃO E COMBUSTÍVEL

A modularização de UPS não resolve gargalos em geradores, tanque, bombas, tratamento de combustível, exaustão, ventilação e controle. A autonomia deve considerar carga real, consumo, logística de reabastecimento e condições de evento prolongado.

11.5. DISTRIBUIÇÃO ATÉ OS RACKS

Barramentos, PDUs, RPPs, quadros e circuitos devem preservar caminhos, capacidade, seletividade, identificação e manutenção. A repetição dos blocos precisa ser coordenada com o mapa de racks e a densidade prevista.

12. CLIMATIZAÇÃO, DENSIDADE E RESFRIAMENTO LÍQUIDO

A arquitetura térmica modular deve partir da carga de TIC, do envelope ambiental e da estratégia de crescimento. A [Climatização de Data Centers](#) precisa ser avaliada nas condições reais do local e nos diferentes estados de carga.

12.1. PERFIL TÉRMICO DINÂMICO

O projeto deve considerar carga mínima, nominal e máxima, variação temporal, distribuição por rack e crescimento. Sistemas que atendem ao pico podem operar a maior parte do tempo em carga parcial; por isso, eficiência e estabilidade fora do ponto nominal são essenciais.

12.2. CAPACIDADE SENSÍVEL E LATENTE

Ambientes de TIC possuem perfil predominantemente sensível, mas infiltração, renovação, pessoas e clima influenciam umidade. O controle deve evitar operação fora das condições recomendadas, condensação e descarga eletrostática.

12.3. CONTENÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE AR

Corredores quente e frio, contenção, insuflação, retorno e vedação de espaços vazios devem evitar recirculação e bypass. A geometria compacta do módulo não elimina a necessidade de analisar fluxo de ar; pode torná-la mais crítica.

12.4. CFD E MODOS DE FALHA

Modelagem fluidodinâmica pode comparar leiautes, cargas parciais, densidades, obstáculos, falha de unidades e manutenção. O modelo deve representar a geometria e as condições reais, não apenas produzir uma imagem de temperatura em operação normal.

12.5. RESFRIAMENTO LÍQUIDO

Alta densidade pode exigir rear-door heat exchangers, CDU, direct-to-chip ou imersão. A ABNT NBR 17207 reconhece configurações modulares por sala ou rack e destaca interfaces de líquido, classes de temperatura, controle acima do ponto de orvalho, tubulações, válvulas e risco de vazamento.

Em módulos preparados para IA ou HPC, devem ser definidos parcela removida por ar e por líquido, temperaturas, qualidade do fluido, materiais, detecção de vazamento, isolamento, drenagem, redundância de CDU e comportamento durante perda de energia ou circulação.

13. TELECOMUNICAÇÕES E CABEAMENTO

A infraestrutura de telecomunicações não é um acessório do módulo. Interrupções de cabeamento, caminhos ou operadoras podem retirar a função do Data Center mesmo quando energia e climatização permanecem disponíveis.

A ABNT ISO/IEC TS 22237-5 orienta que o cabeamento seja planejado desde as fases iniciais e integrado com energia, controle ambiental, segurança e iluminação. A especificação também associa a disponibilidade a redundância, manutenibilidade, escalabilidade e simplicidade.

13.1. CABEAMENTO PERMANENTE E PONTO A PONTO

Conexões ponto a ponto podem ser adequadas dentro do mesmo rack ou entre racks adjacentes, mas tendem a aumentar complexidade, risco de mudança e interferência no fluxo de ar quando utilizadas indiscriminadamente. Cabeamento permanente com distribuidores e áreas de manobra facilita alterações, recuperação e expansão.

13.2. PRÉ-TERMINAÇÃO

Cabos pré-terminados podem reduzir trabalho no site, melhorar repetibilidade e encurtar janelas. Devem ser verificados comprimento, polaridade, desempenho, proteção durante transporte, raio de curvatura, identificação, reserva e substituição.

13.3. DIVERSIDADE DE CAMINHOS

Caminhos A e B precisam manter diversidade desde as entradas externas até as zonas de distribuição e racks. Classes mais elevadas de disponibilidade exigem múltiplos caminhos físicos e, em determinados casos, áreas de distribuição redundantes.

13.4. CERTIFICAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO

O aceite deve incluir configuração correta dos instrumentos, limites aplicáveis, rastreabilidade entre porta, cabo, origem, destino e relatório, além de documentação as built. Consulte também [Certificação de Cabeamento de Rede](#).

14. AUTOMAÇÃO, BMS, EPMS, DCIM E CIBERSEGURANÇA

Módulos podem chegar com controladores e supervisórios próprios. Sem arquitetura de integração, o operador recebe ilhas de automação.

14.1. MODELO DE DADOS E NOMENCLATURA

Pontos, alarmes, unidades, estados, limites e prioridades precisam seguir convenção comum. O mesmo equipamento não deve aparecer com nomes diferentes no módulo, EPMS, BMS e [DCIM](#).

14.2. SEQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO

A documentação deve descrever condições, permissivos, temporizações, intertravamentos, fallback, operação manual, perda de comunicação e recuperação. Diagramas de causa e efeito e narrativas de controle precisam corresponder ao software instalado.

14.3. SINCRONISMO E EVIDÊNCIAS

Controladores, relés, servidores, VMS, BMS, EPMS e DCIM precisam de referência de tempo coerente. Sem sincronismo, a análise de eventos e a comprovação dos testes tornam-se frágeis.

14.4. CIBERSEGURANÇA

Devem ser definidos segmentação, contas, privilégios, acesso remoto, atualização, backup, logs, hardening e responsabilidade por componentes de terceiros. A conectividade temporária de fábrica não pode permanecer como acesso não governado no ambiente operacional.

15. INCÊNDIO, SEGURANÇA FÍSICA E INTERFACES PREDIAIS

A compactação de sistemas aumenta a importância da compatibilização.

15.1. DETECÇÃO E SUPRESSÃO

A solução deve considerar ambientes, pisos, forros, gabinetes, baterias e áreas elétricas. A matriz de causa e efeito define alarmes, confirmação, desligamentos, atuação do HVAC, dampers, liberação de agente, abort e resposta humana. Consulte [Detecção e Combate a Incêndio em Data Centers](#).

15.2. COMPARTIMENTAÇÃO E SELAGEM

Penetrações entre módulos e site devem manter resistência ao fogo, controle de fumaça, estanqueidade e segregação. Alterações futuras precisam preservar as barreiras.

15.3. BATERIAS E RISCOS ESPECÍFICOS

A química, energia armazenada, ventilação, detecção, isolamento e resposta devem ser consideradas. Não se deve aplicar uma solução genérica de sala de servidores a qualquer tecnologia de armazenamento.

15.4. CONTROLE DE ACESSO E EVIDÊNCIAS

Portas, fechaduras, leitores, sensores e câmeras precisam integrar-se às zonas e procedimentos do site. A pré-instalação em fábrica deve ser coordenada com credenciais, rede, VMS, retenção e testes no ambiente final.

16. FABRICAÇÃO, QA/QC E RASTREABILIDADE

A fábrica oferece ambiente mais controlado, mas não garante qualidade automaticamente. O plano de qualidade deve definir inspeções, hold points, witness points, critérios, registros e tratamento de não conformidades.

16.1. SUBMITTALS E DOCUMENTOS DE FABRICAÇÃO

Antes da produção, devem ser aprovados desenhos, diagramas, listas de materiais, folhas de dados, cálculos, procedimentos de montagem, planos de inspeção, software, matriz de interfaces e protocolos de teste.

16.2. RASTREABILIDADE DE COMPONENTES

Equipamentos críticos precisam ser identificados por fabricante, modelo, série, revisão, firmware, certificado e posição no módulo. Substituições devem passar por análise técnica formal.

16.3. CONTROLE DE CONFIGURAÇÃO

A configuração testada em fábrica precisa ser a mesma entregue no site. Alterações após FAT devem ser registradas, avaliadas e retestadas conforme impacto.

17. FAT, TRANSPORTE, SAT, COMISSIONAMENTO E TESTES INTEGRADOS

Essas etapas não são sinônimas e não devem ser condensadas em um único “teste de funcionamento”.

17.1. FACTORY ACCEPTANCE TEST – FAT

O FAT verifica o módulo nas condições possíveis em fábrica. Pode abranger inspeção, continuidade, isolamento, proteção, controles, alarmes, sequências, capacidade simulada e interfaces. O procedimento deve definir objetivo, requisito associado, configuração, pré-requisitos, instrumentos, estímulo, resultado esperado, tolerâncias, evidências, pendências e testemunhas.

Nem todos os testes podem ser plenamente realizados em fábrica. Energia definitiva, rejeição de calor, operadoras, sistemas externos e comportamento entre módulos pertencem ao ambiente final.

17.2. INSPEÇÃO APÓS TRANSPORTE

Deve verificar estrutura, fixações, conexões, vazamentos, contaminação, alinhamento, isolamento, cabos, sensores e equipamentos sensíveis. Resultados do FAT não cobrem danos ocorridos depois do teste.

17.3. SITE ACCEPTANCE TEST – SAT

O SAT confirma instalação, interligações, alimentação, comunicação e funcionamento no local. Deve incluir interfaces com utilidades e sistemas do site.

17.4. PRÉ-FUNCIONAL E FUNCIONAL

Checklists pré-funcionais demonstram montagem e prontidão. Testes funcionais demonstram sequências e desempenho de sistemas individuais nos estados previstos.

17.5. INTEGRATED SYSTEMS TESTING – IST

O IST exercita o comportamento conjunto diante de falhas e mudanças de estado: perda de fonte, partida de geração, transferência, falha de UPS, indisponibilidade térmica, perda de comunicação, alarmes, retorno de energia e recuperação. A sequência deve ser baseada em risco e preservar segurança.

O [Comissionamento e Aceite de Data Centers](#) deve começar nos requisitos e acompanhar projeto, fabricação, instalação, testes, pendências e prontidão operacional.

FAT aprovado não significa Data Center aceito.

O transporte, as interligações, as utilidades definitivas, as sequências de controle e os modos de falha precisam ser verificados no site por meio de SAT, testes funcionais e testes integrados.

Conheça o Comissionamento e Aceite de Data Centers

18. CRONOGRAMA, SUPPLY CHAIN E IMPLANTAÇÃO PARALELA

O ganho de prazo da modularidade vem principalmente do paralelismo entre projeto detalhado, fabricação e preparação do site. Esse ganho desaparece quando entradas críticas não estão maduras.

18.1. CAMINHO CRÍTICO

O cronograma deve integrar requisitos, aprovações, design freeze, equipamentos de longo prazo, fabricação, obras civis, conexão de energia, operadoras, transporte, içamento, interligações, testes, treinamento e entrada em operação.

18.2. EQUIPAMENTOS DE LONGO PRAZO

Transformadores, geradores, UPS, chillers, quadros e componentes específicos podem determinar o prazo mais do que a montagem do módulo. Compra antecipada sem requisitos estabilizados aumenta risco de incompatibilidade.

18.3. PADRONIZAÇÃO E REPETIÇÃO

A primeira unidade deve ser tratada como referência controlada. Lições aprendidas precisam atualizar projeto, procedimentos e qualidade antes da repetição em escala.

19. CAPEX, OPEX E CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE

Data Center modular não é necessariamente mais barato. A comparação precisa abranger o empreendimento e o ciclo de vida.

19.1. CAPEX COMPARÁVEL

Inclua engenharia, licenciamento, módulo, equipamentos, terreno, fundações, energia, telecomunicações, utilidades térmicas, transporte, seguro, içamento, interligações, automação, testes, documentação, treinamento, contingências e riscos.

19.2. OPEX E MANUTENÇÃO

Considere eficiência em carga parcial, energia, água, contratos, licenças, peças, deslocamentos, mão de obra, filtros, combustível, vida útil e obsolescência.

19.3. CUSTO DA CAPACIDADE OCIOSA

Grandes sistemas iniciais podem carregar capacidade não utilizada. Blocos menores podem reduzir investimento antecipado, mas aumentar preço unitário e número de interfaces.

19.4. VALOR DO PRAZO E DA FLEXIBILIDADE

Entrar em operação antes, adiar capital e ampliar sob demanda possuem valor econômico. Esse valor precisa ser comparado ao risco de demanda e à possibilidade real de expansão.

19.5. DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA

Controles proprietários, dimensões exclusivas, conectores, firmware e peças podem aumentar switching cost. O contrato deve tratar interoperabilidade, documentação, licenças, suporte e continuidade de fornecimento.

Modular, convencional ou híbrido devem ser comparados na mesma base técnica e econômica.

A análise deve considerar curva de ocupação, capacidade útil, prazo, site, energia, conectividade, logística, CAPEX, OPEX, manutenção, expansão, dependência tecnológica e riscos do ciclo de vida.

Conheça o Estudo de Viabilidade de Data Center

20. CONTRATAÇÃO E ALOCAÇÃO DE RESPONSABILIDADES

Um fornecimento turnkey não elimina interfaces; apenas concentra parte da responsabilidade.

20.1. ESCOPO FUNCIONAL

A contratação deve especificar desempenho, condições de referência, limites, entregáveis, testes e aceite. Listas de equipamentos sem requisitos funcionais dificultam comparação.

20.2. MATRIZ DE RESPONSABILIDADES

Deve abranger proprietário, projetista, fabricante, construtora, integradores, concessionária, operadoras, agente de comissionamento e operação.

20.3. EQUALIZAÇÃO TÉCNICA

Propostas devem ser comparadas por capacidade útil, arquitetura, perdas, redundância, interfaces, manutenção, cronograma, testes, documentação, garantias e exclusões.

20.4. GARANTIAS

O início da garantia deve considerar fabricação, armazenamento, transporte, instalação e entrada em operação. Garantias de equipamentos não substituem o desempenho integrado.

20.5. MUDANÇAS E CLAIMS

O contrato deve estabelecer baseline, procedimento de mudança, evidências, impacto e autoridade de aprovação.

21. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E EXPANSÃO

A entrega não termina com a energização.

21.1. BIBLIOTECA TÉCNICA

O operador precisa receber as built, diagramas, listas de pontos, backups, manuais, estudos, relatórios de teste, certificados, garantias, peças e histórico de pendências.

21.2. PROCEDIMENTOS

SOPs, MOPs e EOPs devem refletir a configuração real. Transferência, isolamento, retorno, manutenção e resposta a falha precisam ser treinados.

21.3. GESTÃO DE CAPACIDADE

Espaço, energia, climatização e conectividade precisam crescer coordenadamente. Capacidade livre em apenas uma disciplina não representa capacidade de Data Center.

21.4. PEÇAS E SUPORTE

Sites remotos exigem análise de atendimento, estoque, ferramentas, contratos e qualificação. A padronização reduz variedade, mas pode concentrar dependência.

21.5. EXPANSÃO EM AMBIENTE ATIVO

O projeto deve prever pontos de conexão, isolamento, espaço, rotas e sequência para incorporar módulos futuros. O [Owner's Engineering para Data Centers](#) pode apoiar governança e aceite.

22. EXEMPLO DE FASEAMENTO

Considere uma necessidade final de 1 MW de TIC, com ocupação prevista em quatro etapas de 250 kW. Uma arquitetura modular pode implantar o primeiro bloco e reservar infraestrutura para os demais.

É necessário verificar subestação, geração, rejeição de calor, redundância em cada fase, eficiência parcial, caminhos A/B, logística futura, compatibilidade de versões, coordenação entre espaço, energia, climatização e telecomunicações e custo de cada mobilização.

O exemplo mostra por que modularidade é uma decisão de masterplan e ciclo de vida.

23. QUANDO O DATA CENTER MODULAR TENDE A SER ADEQUADO?

A abordagem costuma gerar valor com crescimento progressivo, repetição em sites, Edge, locais remotos, janelas curtas, possibilidade de padronizar, logística compatível, requisitos maduros e estratégia clara de testes e expansão.

24. QUANDO UMA SOLUÇÃO CONVENCIONAL OU HÍBRIDA PODE SER MELHOR?

Pode ser superior quando há edificação aproveitável, transporte impeditivo, customização intensa, necessidade de áreas maiores, capacidade final rapidamente ocupada, dependência de infraestrutura comum ou restrições locais específicas.

25. MATRIZ DE DECISÃO

Critério	Modular tende a favorecer	Convencional ou híbrido tende a favorecer
Demanda	crescimento faseado e incerto	capacidade definida e ocupação rápida
Prazo	fábrica e site em paralelo	estrutura existente ou execução local simples
Repetição	múltiplos sites semelhantes	solução única e específica
Logística	transporte e içamento viáveis	restrições dimensionais
Manutenção	acesso e substituição adequados	áreas técnicas maiores necessárias
Expansão	interfaces futuras previstas	expansão integrada à edificação
Tecnologia	padrões abertos	customização e interoperabilidade local
Risco	maior controle fabril	menor dependência de transporte

A matriz não substitui o [Estudo de Viabilidade de Data Center](#).

26. ERROS COMUNS EM PROJETOS MODULARES

27. NORMAS, CLASSIFICAÇÕES E CERTIFICAÇÕES

A especificação deve indicar normas e edições aplicáveis. Referências relevantes incluem a série ABNT NBR ISO/IEC 22237, ABNT NBR 17207, ABNT NBR 16665, ANSI/TIA-942-C, ANSI/BICSI 002-2024, ASHRAE TC 9.9 e critérios do Uptime Institute quando aplicáveis.

Nenhuma norma deve ser usada como selo genérico. É necessário declarar escopo, classe, nível, requisitos, exceções, evidências e entidade autorizada a certificar.

28. COMO A A3A ENGENHARIA ATUA

A A3A Engenharia apoia o empreendimento por meio de [Estudo de Viabilidade](#), [Projeto de Data Center](#), [Engenharia Integrada](#), [Owner's Engineering](#), [Comissionamento e Aceite](#) e [Diagnóstico e Modernização](#).

29. CONCLUSÃO

Data Center modular é uma estratégia de arquitetura e implantação por blocos funcionais padronizados, pré-fabricáveis e integráveis. Seu potencial está em fasear capacidade, repetir soluções, fabricar em paralelo ao site e controlar melhor determinadas atividades.

A modularidade não define disponibilidade, eficiência ou custo automaticamente. A decisão deve comparar soluções modulares, convencionais e híbridas com a mesma base

de capacidade, risco, prazo e ciclo de vida. O módulo é apenas parte do Data Center; o desempenho final pertence ao sistema integrado e à operação.

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 22237-1:2023 – Tecnologia da informação – Instalações e infraestruturas de data center – Parte 1: Conceitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO/IEC TS 22237-5:2024 – Tecnologia da informação – Instalações e infraestruturas de data center – Parte 5: Infraestrutura de cabeamento de telecomunicações. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- [3] 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.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16665 – Cabeamento estruturado para data centers. Rio de Janeiro: ABNT.
- [5] TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. ANSI/TIA-942-C – Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers. Arlington: TIA.
- [6] BICSI. ANSI/BICSI 002-2024 – Data Center Design and Implementation Best Practices. Tampa: BICSI, 2024.
- [7] UPTIME INSTITUTE. Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Operational Sustainability. Uptime Institute.
- [8] UPTIME INSTITUTE. Tier-Ready Program for Prefabricated and Modular Data Centers. Uptime Institute.
- [9] ASHRAE. Thermal Guidelines for Data Processing Environments. Atlanta: ASHRAE.
- [10] SCHNEIDER ELECTRIC. Benefits and Drawbacks of Prefabricated Modules for Data Centers. Schneider Electric.

O que é um Data Center modular? É uma infraestrutura de Data Center decomposta em blocos funcionais padronizados, integráveis e repetíveis. Os módulos podem atender à sala de TIC, energia, climatização, telecomunicações ou combinar várias disciplinas. **Data Center modular é sempre instalado em contêiner?** Não. Contêiner é um dos formatos possíveis. Também existem skids, salas pré-fabricadas, módulos prediais, blocos de energia, módulos térmicos e campi implantados por blocos de capacidade. **Data Center modular é o mesmo que micro Data Center?** Não. Micro Data Center descreve

principalmente uma instalação compacta. Modular descreve a forma de arquitetura e implantação. **Data Center modular é automaticamente Tier III ou Tier IV?** Não. A classificação ou certificação depende da topologia completa do site, caminhos, integração, construção, testes e avaliação da entidade autorizada. **Data Center modular é mais barato?** Não necessariamente. A comparação deve incluir módulo, site, energia, conectividade, transporte, içamento, interligações, testes, manutenção, expansão e OPEX. **Data Center modular é mais rápido de implantar?** Pode ser quando fábrica e site avançam em paralelo e requisitos, aprovações, logística, equipamentos críticos e interfaces estão maduros. **Qual é a diferença entre FAT, SAT e IST?** FAT verifica o módulo em fábrica; SAT confirma instalação e interfaces no local; IST exercita o comportamento integrado diante de falhas e mudanças de estado. **O FAT substitui o comissionamento?** Não. O FAT não reproduz integralmente energia definitiva, rejeição de calor, operadoras, sistemas externos, transporte, montagem e comportamento integrado no site. **Quando uma solução híbrida é mais adequada?** Quando a edificação oferece infraestrutura aproveitável, somente alguns sistemas devem ser modularizados, o transporte restringe módulos completos ou a operação exige áreas técnicas maiores. **Como avaliar a viabilidade de um Data Center modular?** Compare cenários equivalentes em demanda, capacidade útil, disponibilidade, site, energia, conectividade, clima, logística, prazo, CAPEX, OPEX, manutenção, expansão e risco.

1. Conceitos e fundamentos de Data Centers
2. Modelos de implantação e aplicações
3. Viabilidade, projeto, implantação e aceite
4. Energia, climatização e alta densidade
5. Redes, cabeamento, gestão e observabilidade
6. Segurança, incêndio, níveis de serviço e continuidade
7. Normas e fontes técnicas oficiais

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.