17ª edição

LASE

Por que o data center pede um olhar próprio

Carga contínua, energia e infraestrutura associada





Por que o data center pede um olhar próprio

MRS AMBIENTAL

17ª edição LASE

MARIA OLIVEIRA
TAÍS MARTINS

NOVEMBRO DE 2026



Roteiro da apresentação

DATA CENTERS

Como operam e suas particularidades energéticas

OLHAR AMBIENTAL

Para os modelos de MegaData Centers

SERVIÇOS AMBIENTAIS

Paisagem, efeitos cumulativos e o papel da consultoria ambiental.

O empreendimento Data Center de hiperescala

Operação contínua

8.760 horas por ano, com patamar estável. A segurança operacional faz parte do parte do valor central do negócio.

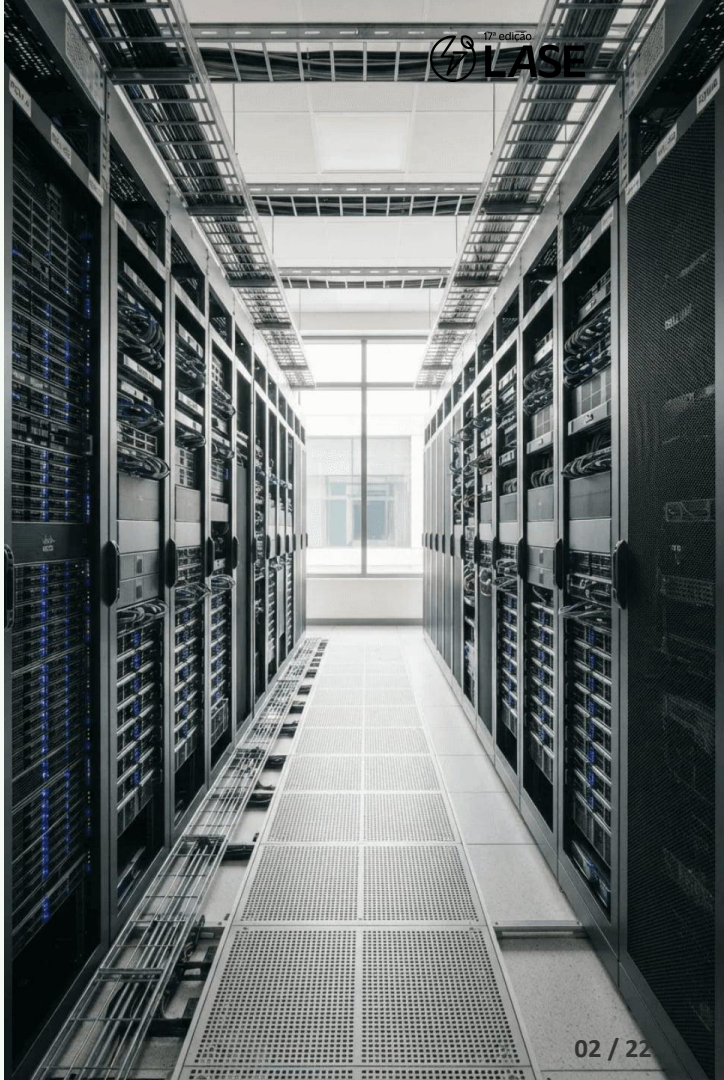
Confiabilidade e redundância

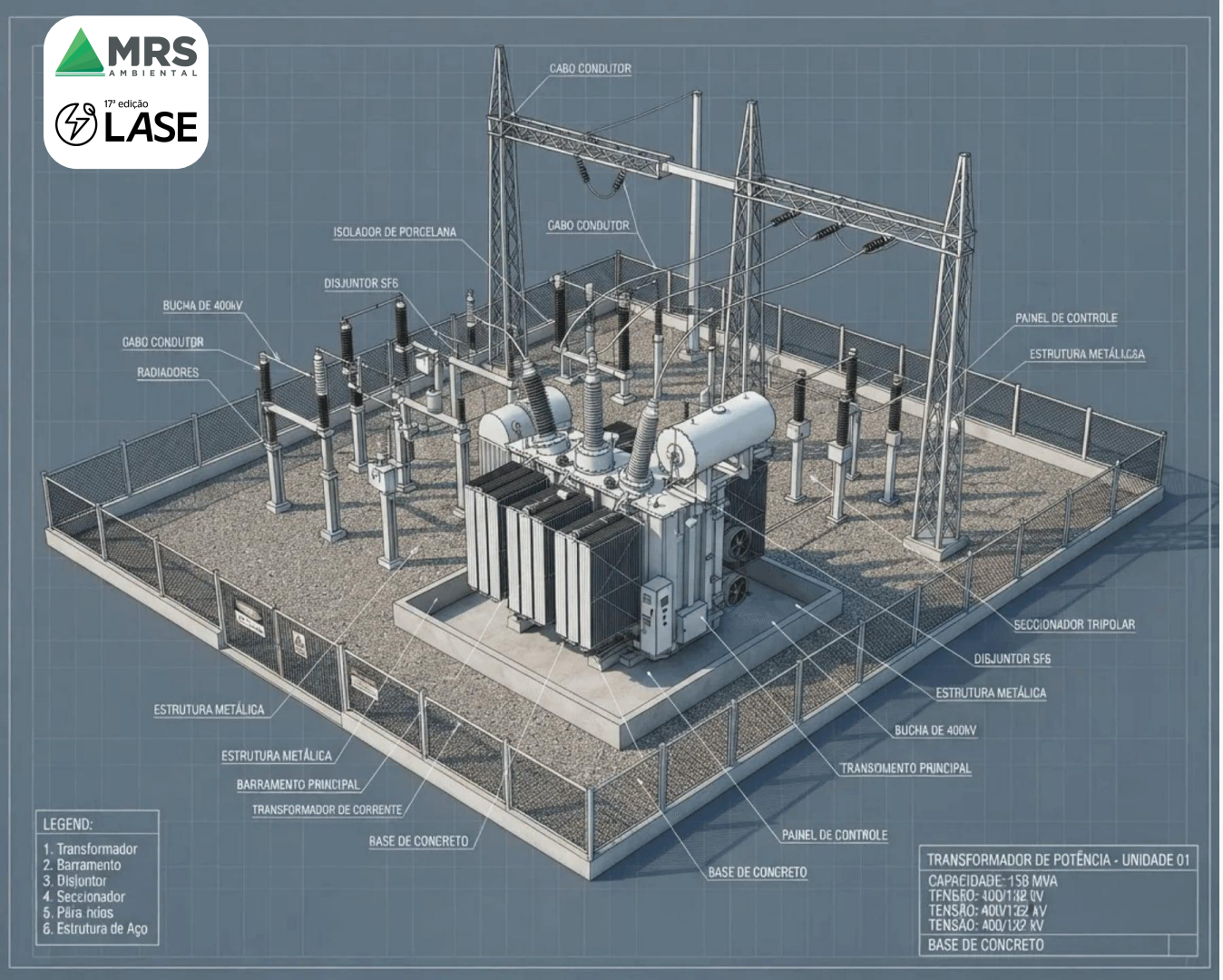
Estrutura de DC, rede elétrica robusta, água, transformadores e geradores dimensionados para disponibilidade total.

Infraestrutura associada

Subestações dedicadas, linhas de transmissão e acessos logísticos são partes fundamentais do projeto.

Fontes: ASHRAE (2025); Whitehead et al. (2014); EPE/ONS (2025).





Consumo de energia: escala e origem

86,8%

Matriz brasileira: Participação renovável na oferta interna de eletricidade em 2025.

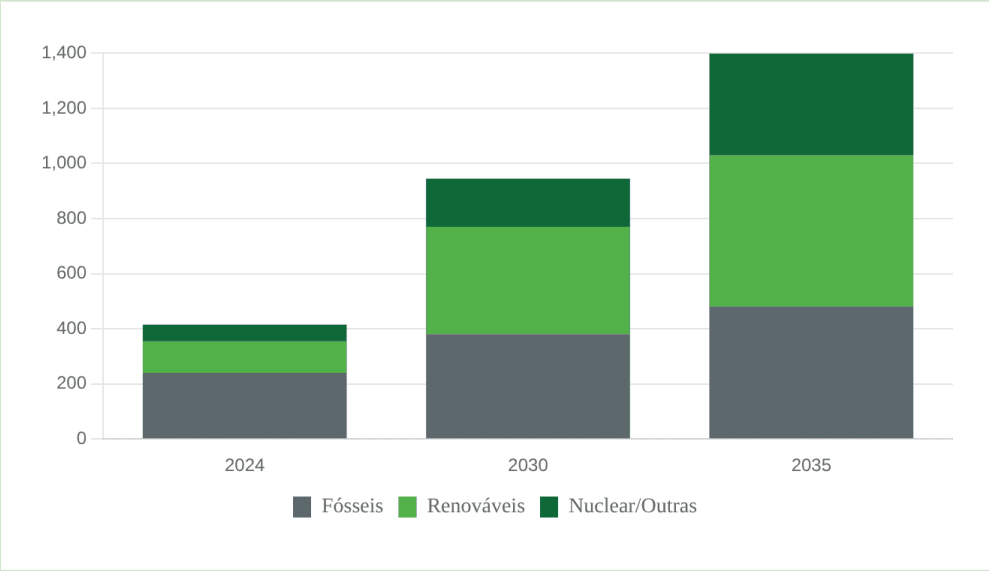
415 TWh: 2024

945 TWh: 2030

Consumo global: Projeção da IEA para consumo de energia por DCs em 2030.

Fontes: EPE, BEN 2026; IEA, Energy and AI and AI (2025).

Eficiência energética nos centros de dados



Consumo global de data centers — Cenário base IEA (TWh/ano)

+550%

Crescimento das instâncias de computação entre 2010 e 2018.

–20% ao ano

Melhoria de eficiência energética por instância de computação no mesmo período.

A eficiência desacelerou o crescimento histórico, mas a nova onda de IA altera o cenário absoluto – a escala continua pressionando.

Fontes: Masanet et al., Science (2020); IEA (2025). Fósseis seguem em volume estável (~500 TWh) até 2035.

Energia e água: métricas para os sistemas de resfriamento



Evaporativo

ÁGUA NO SITE
Alta (evaporação)

ENERGIA
Menor em clima seco

CALOR REJEITADO
Latente (vapor)

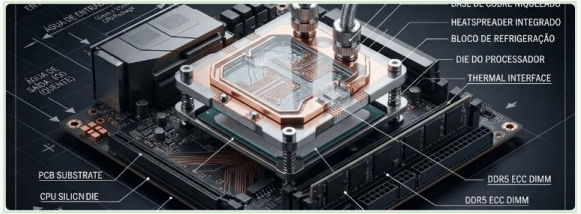


Ar / Dry Cooler

ÁGUA NO SITE
Nula / Reposição

ENERGIA
Maior em clima quente

CALOR REJEITADO
Sensível (para o ar)



Líquido / Chip

ÁGUA NO SITE
Baixa (circuito fechado)

ENERGIA
Menor em alta densidade

CALOR REJEITADO
Recuperável

> O baixo consumo de água desloca o olhar para outros temas: ruído, energia e calor residual.

Fontes: Mytton (2021); ASHRAE (2025);

Diferentes tipos de fontes de energia

A infraestrutura de rede e a origem da energia definem a magnitude dos impactos indiretos.

INDICADOR	SISTEMA FÓSSIL	SISTEMA RENOVÁVEL
CO_2 / MWh	Alta intensidade (carvão/gás). Emissões operacionais severas.	Baixa na operação
Poluentes	NO_x, SO_2 e particulados na geração.	Foco em canteiro de obras e geradores de emergência.
Território	Menor área por MW.	Maior área por MW e novas linhas de conexão.
Confiança	Despacho firme e previsível.	Exige flexibilidade ou redundância



Mesma carga, resultados ambientais diferentes

Fontes: MCTI (2025); EPE, BEN 2026; IEA (2025); Whitehead et al. (2014).

CASO BRASILEIRO

Mega data centers: o modelo Pecém

Um projeto localizado em ZPE, integrando conectividade global e energia renovável competitiva.

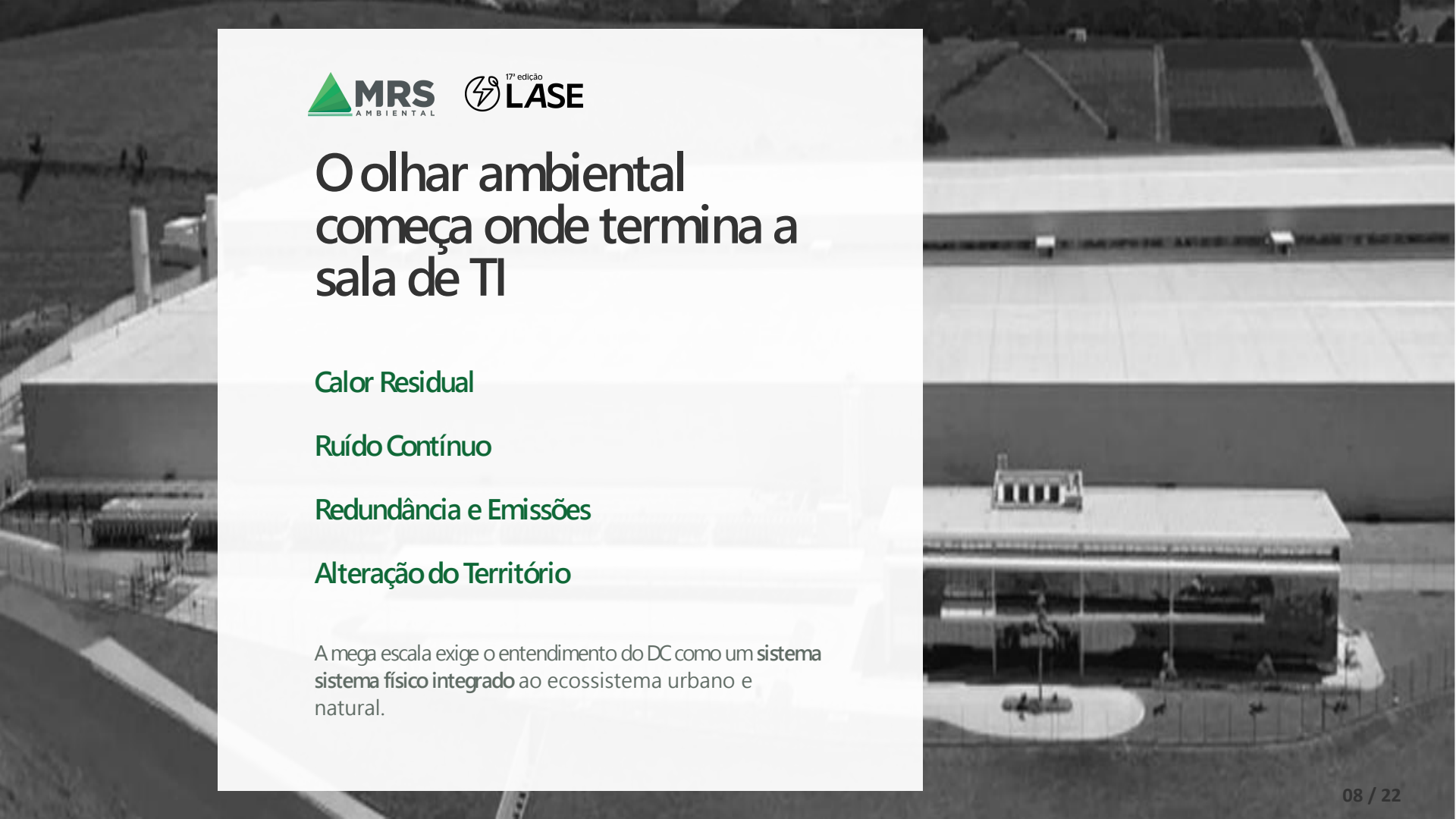
ENERGIA
100% renovável via autoprodução ou contratos dedicados fora da ZPE.

ÁGUA
Uso de ciclo fechado, alinhado aos limites hídricos do Ceará.

REDATA
Incentivos vinculados à eficiência hídrica e sustentabilidade

Fontes: CZPE/MDIC (2025), CIPP (2025), Lei 15.504/2026. FoTO: CE.GOV.BR





O olhar ambiental começa onde termina a sala de TI

Calor Residual

Ruído Contínuo

Redundância e Emissões

Alteração do Território

A mega escala exige o entendimento do DC como um **sistema sistema físico integrado** ao ecossistema urbano e natural.

Calor residual: a carga térmica e o meio ambiente



Praticamente toda a eletricidade consumida pelos servidores é rejeitada como calor. Em data centers de hiperescala, essa exaustão contínua pode alterar o microclima local se não houver planejamento geométrico e de fluxo.

- **Via:** Ar de condensadores e dry coolers.
- **Receptores:** Comunidade, vegetação e fauna local.

POTÊNCIA TÉRMICA

Equivalente à carga de TI

IMPACTO

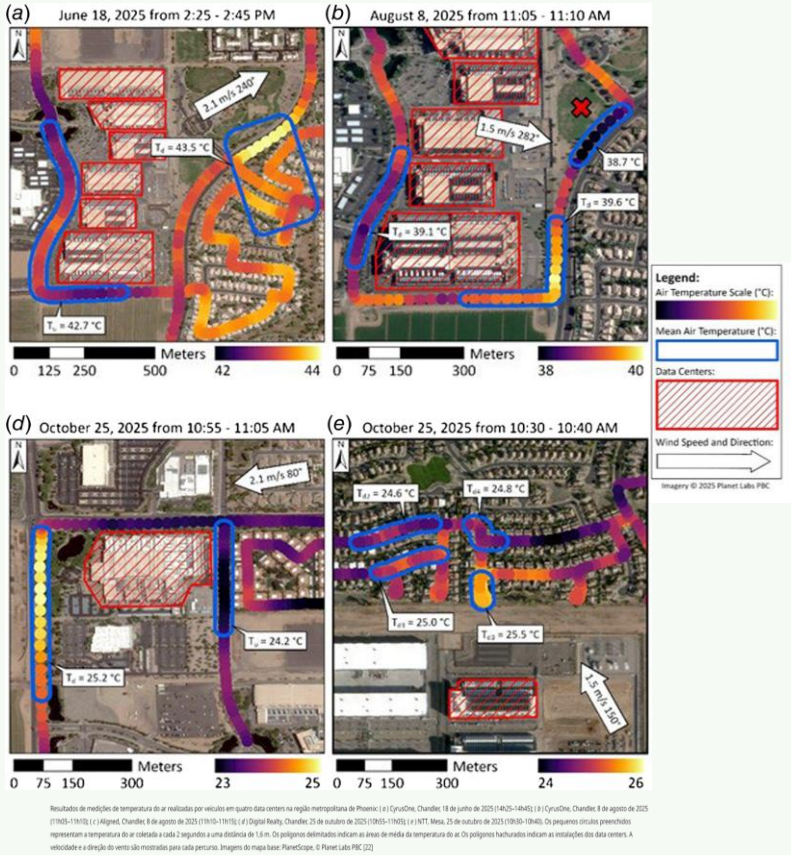
Ilhas de calor e plumas térmicas

MÉTRICA

Fluxo (W/m²) e Delta T (°C)

Calor residual de data centers como um risco térmico urbano emergente: primeiras medições em campo

Data Center Waste Heat as an Emerging Urban Thermal Hazard: First Field Measurements



Resultados de medições de temperatura do ar realizadas por veículos em quatro data centers na região metropolitana de Phoenix: (a) CyrusOne, Chandler, 18 de junho de 2025 (14h25–14h45); (b) CyrusOne, Chandler, 8 de agosto de 2025 (11h05–11h10); (c) Aligned, Chandler, 8 de agosto de 2025 (11h10–11h15); (d) Digital Realty, Chandler, 25 de outubro de 2025 (10h55–11h05); (e) NTT, Mesa, 25 de outubro de 2025 (10h30–10h40). Os pequenos círculos preenchidos representam a temperatura do ar coletada a cada 2 segundos a uma distância de 1,6 m. Os polígonos delimitados indicam as áreas de média da temperatura do ar. Os polígonos hachurados indicam as instalações dos data centers. A velocidade e a direção do vento são mostradas para cada percurso. Imagens do mapa base: PlanetScope, © Planet Labs PBC [22]

+0,7 a 0,9 °C

Aquecimento médio do ar a jusante detectado em Phoenix (EUA).

Máximas de 2,2 °C e sinal térmico detectado até 500 m de distância da fonte.

- Fatores críticos: Altura da descarga, velocidade de exaustão e paredes de proteção influenciam a dispersão.
- Oportunidade: Modelagem microclimática (resolução de 1-2m) permite mitigar o impacto sem comprometer a refrigeração.
- Mitigação: A vegetação irrigada no entorno reduziu sensivelmente a temperatura (efeito parque).

Calor residual: do diagnóstico à mitigação

O projeto influencia diretamente na quantidade de calor gerada e no impacto do calor

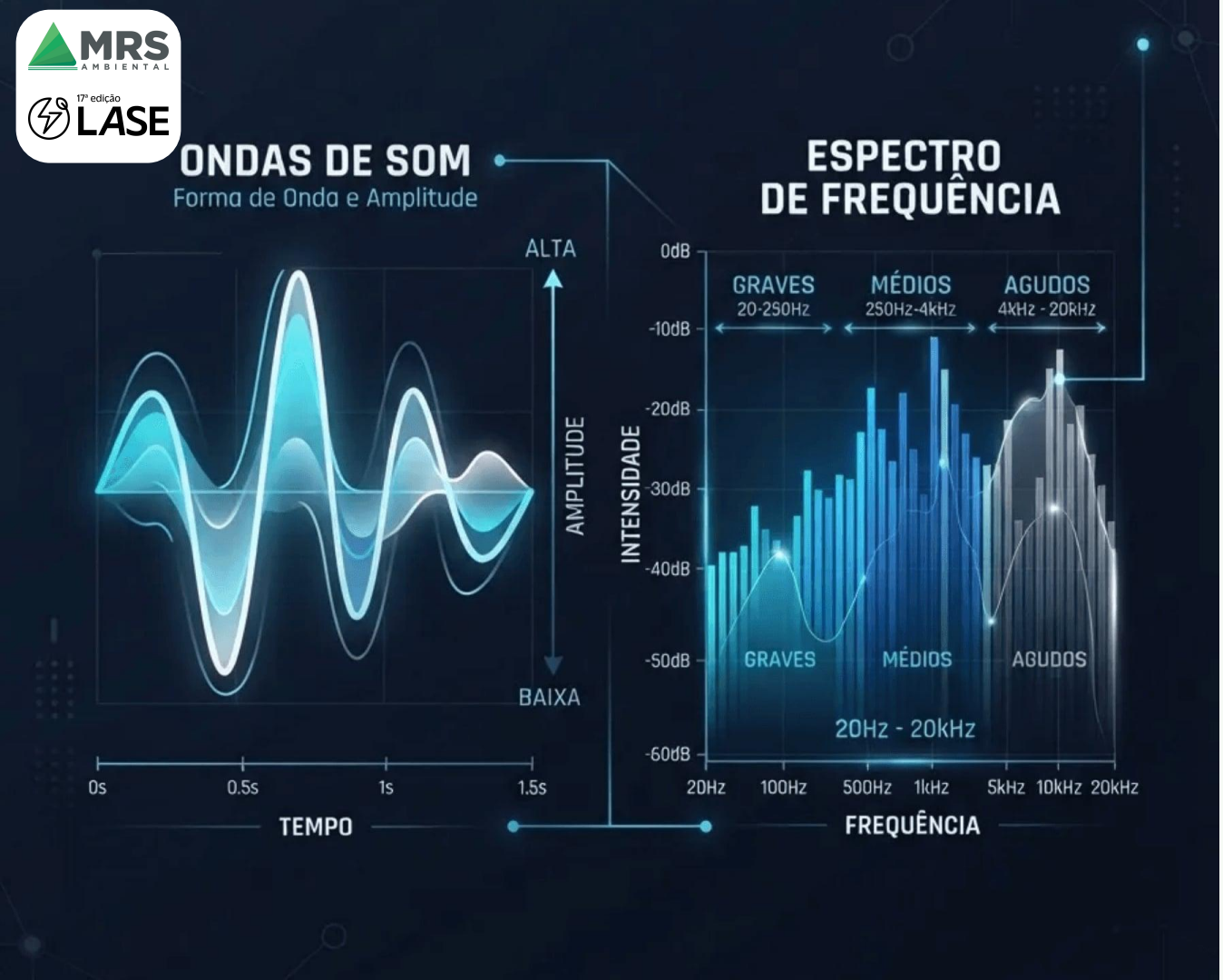
PROJETO E ENGENHARIA

- **Elevação da exaustão:** Lançar o ar quente acima da camada de circulação de pedestres.
- **Geometria de fluxo:** Orientação de *chillers* para favorecer a dispersão e evitar recirculação térmica.
- **Modelagem microclimática:** Simulação prévia do impacto na temperatura de superfície e do ar.

ECOSSISTEMA E REUSO

- **Sistemas Urbanos:** Conexão com redes de aquecimento distrital (em climas frios é utilizado para aquecer) ou processos industriais.
- **Barreiras Vegetais:** Uso de vegetação e irrigação no entorno para criar microclimas de resfriamento.
- **Métrica de Operação:** Monitoramento da temperatura a montante e a jusante concomitantemente.

Olhar Ambiental: Recuperar o calor é converter um impacto em recurso de economia circular.



Ruído contínuo

SINGULARIDADE ACÚSTICA

Diferente de ruídos urbanos comuns, o DC opera 24/7 com um zumbido mecânico persistente (hum).

- Fontes: Ventoinhas de servidores e trocadores de calor (HVAC).
- **Componente Tonal:** Frequências específicas que aumentam o incômodo.
- **Norma:** ABNT NBR 10151:2019 (limites por zoneamento e período).

Acoustics Analysis of Air and Hybrid Cooled Data Center (U. Chowdhury et al., 2024)

O DILEMA TÉRMICO-ACÚSTICO

O aumento da densidade térmica exige fluxos de ar maiores, elevando o ruído operacional das ventoinhas. O estudo utiliza métodos analíticos e simulações para validar níveis sonoros.

Transição Híbrida: O resfriamento híbrido reduz a dependência de fluxos de ar intensos, oferecendo ganhos acústicos significativos.

Barreiras: Isoladores acústicos e enclausuramento são essenciais onde a densidade é crítica.

Sinal Tonal: A modelagem deve prever frequências de 1/3 de oitava para avaliar o incômodo real no entorno.



Quando o DC opera conectado ao SIN: a redundância é parte do impacto

Para empreendimentos que utilizam Energia Renovável sem unidade de energia direta, como o SIN, o sistema de redundância geralmente é imprescindível.

Camada 01: Rede e Subestação

Dupla alimentação de subestações distintas para garantir suprimento contínuo.

Camada 02: Baterias e Geradores

Continuidade imediata (milissegundos) até a partida dos geradores.

A comparação é: a redundância será para uso de testes e emergências.
Diferente da fonte não renovável, que usa durante toda a operação.



Geradores de emergência: emissões episódicas, pico local

A redundância para falhas no SIN exige motores a diesel de grande porte. O impacto ocorre em pico de curta duração durante testes e falhas.

AR E POLUENTES
NO_x, material particulado, CO e SO_2.

GASES DE EFEITO ESTUFA
CO_2, CH_4 e N_2O (combustão).

RUÍDO DE PICO
Escape e vibração mecânica.

RISCOS NO EMPREENDIMENTO
Armazenamento de grandes volumes de diesel (contido na poligonal do empreendimento).

Modelagem de Qualidade do Ar pode avaliar a capacidade de suporte local

Resolução CONAMA nº 506/2024: Comparação com padrões de qualidade do ar ambiente.



Resíduos e Ciclo de Vida: o desafio da obsolescência acelerada

RENOVAÇÃO DE HARDWARE

Ciclos de 3 a 5 anos para servidores e GPUs de IA exigem logística reversa para seus componentes, pois possuem alto valor agregado (metais nobres)

INFRAESTRUTURA CRÍTICA

Grandes bancos de baterias e transformadores são resíduos de grande escala, com ciclo de retorno obrigatório.

Olhar Ambiental: DCs geram fluxos massivos de resíduos eletrônicos, que exigem planos de gerenciamento rastreáveis e logística reversa.

Responsabilidade Estendida do Produtor (REP)



Eficiência x Resíduos x Mercado

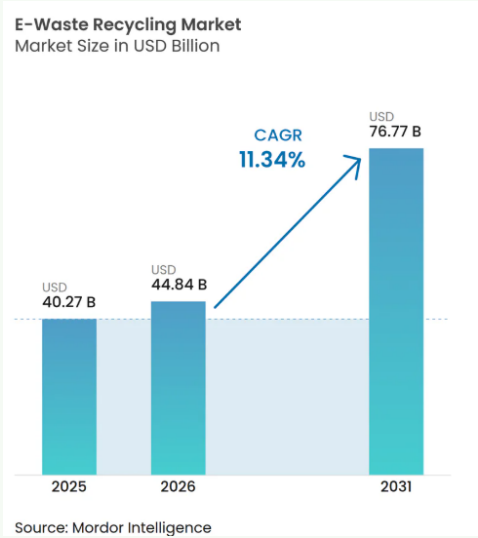
Mordor Intelligence

62 Milhões T

Toneladas de lixo eletrônico geradas globalmente em 2024, com DCs como fonte acelerada.

< 25%

Média global de coleta e reciclagem reciclagem documentada de resíduos resíduos eletrônicos.





Análise do tamanho e da participação de mercado da reciclagem de lixo eletrônico e tendência de crescimento entre 2026 e 2031.

Brasil como Hub de Infraestrutura Digital

(FGV Projetos, 2026)

METODOLOGIA E ESCOPO

Uso da **Matriz Insumo-Produto (Leontief)** para capturar transbordamentos. O choque simulado considera R$ 3,6 bi internalizados (infraestrutura física) de um investimento total de R$ 25 bi, descontando equipamentos importados.

INTERPRETAÇÃO PARA A MESA TÉCNICA

O estudo demonstra que a maior parte dos benefícios econômicos ocorre na fase de implantação, com 61%, exigindo sustentabilidade local desde a obra.

R$ 1,5 bi
PIB adicional (direto + indireto)

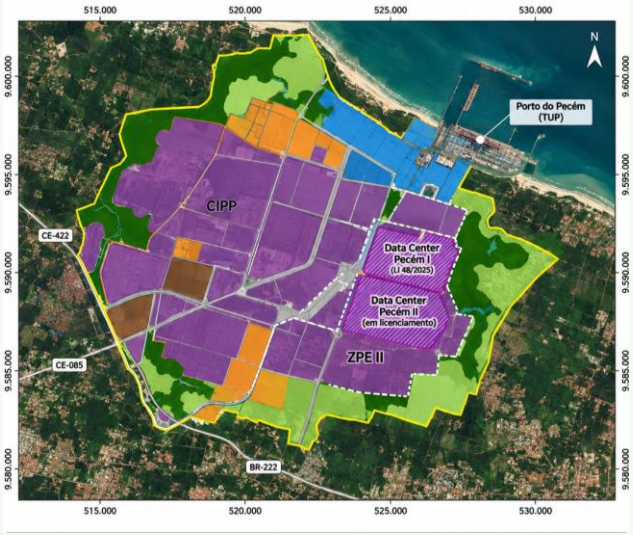
R$ 0,59 bi
Renda do Trabalho

12.560
Empregos (implantação) (implantação)

37.200
Empregos totais (c/ induzidos) induzidos)

Cenário de 100 MW. Valores de modelo para cadeia produtiva, não estimativas de projeto específico.

Mega escala: sustentabilidade é também uma responsabilidade territorial



Os novos data centers são infraestruturas territoriais. Ocupam grandes áreas, demandam demandam extensões de rede e interagem com a mobilidade e as comunidades locais de comunidades locais de forma permanente.

- **Uso do Solo:** Harmonização com o zoneamento e preservação de corredores ecológicos.
- **Sinergia de Rede:** Expansão da infraestrutura que beneficia a conectividade regional.

PACTOS DE SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade dos novos DCs depende do compromisso com o território, da transparência das métricas e de ações de mitigação. Além do ESG corporativo, há exigências socioambientais associadas a centros de dados, como ZPE e REDATA.



Paisagem: o data center como estrutura de grande porte

ESCALA E VOLUMETRIA

Edifícios, pátios de equipamentos e subestações alteram a leitura da paisagem.

VISIBILIDADE

Análise de visibilidade a partir de comunidades, vias protegidas.

LOCALIZAÇÃO

Distante de centros urbanos, com preferência por áreas industriais

Efeitos cumulativos: vários projetos no mesmo território

O QUE PODE SE SOMAR

- **Calor e ruído:** fontes contínuas de vários empreendimentos se somam no mesmo receptor.
- **Energia: demandas adicionais sobre o sistema elétrico.**
- **Infraestrutura:** novas linhas, subestações e faixas de servidão no mesmo território.

COMO DIAGNOSTICAR

- **Área de influência:** considerar empreendimentos existentes e previstos na região.
- **Geoprocessamento:** sobrepor usos do solo, infraestrutura e áreas sensíveis.
- **Monitoramento desafiador:** acompanhar os indicadores do conjunto, e não só de cada projeto.

Olhar Ambiental: Modelagem de impactos sinérgicos e aditivos.

Do diagnóstico ao impacto: o papel da consultoria ambiental

Como cada impacto discutido se traduz em mitigação

DO PROJETO – AO IMPACTO

A importância de conhecer o projeto e as especificidades de cada escolha, que diferenciam os impactos socioambientais.

O QUE A MRS ENTREGA

Diagnóstico territorial e socioambiental; avaliação dos meios físico, biótico e socioeconômico; impactos cumulativos; modelagens; ajustes de projeto; gestão integrada da instalação e da operação.

Licenciamento Ambiental

Meios físico, biótico e social

Análise de Sensibilidade

Alternativas locacionais

Modelagens

Para eventuais direcionamentos do projeto

Gestão de implantação E operação

Planos socioambientais



Obrigada

(61) 3575-8999 | mrs@mrsambiental.com.br | mrsambiental.com.br
maria.oliveira@mrsambiental.com.br
tais.martins@mrsambiental.com.br

MRS AMBIENTAL

17ª edição LASE