



WHITE PAPER DA VERTIV

# Avaliando o Potencial das Células a Combustível para a Alimentação Primária e de Backup dos Data Centers

## Sumário Executivo

### Células a Combustível e o Data Center Carbono Neutro

O crescimento da capacidade tornou-se um desafio constante para a indústria de data centers. Apesar dos enormes investimentos em nova capacidade feitos nos últimos cinco anos, mais capacidade é necessária para dar suporte à constante digitalização dos negócios e da sociedade. O [Grupo Dell'Oro](#) projeta que os investimentos em data centers de hyperscale duplicarão nos próximos cinco anos.

Esse crescimento ameaça aumentar as emissões dos gases de efeito estufa que podem ser atribuídas aos data centers. Apesar da eficiência das atuais instalações, elas inerentemente usam enormes quantidades de energia. A [International Energy Agency](#) estima que os data centers tenham consumido entre 200 e 250 terawatt-hora (TWh) de energia em 2020. Muita desta eletricidade é gerada a partir de combustíveis com base em carbono, o que contribui para emissões de Escopo 2 para os operadores de data centers.

Além disso, os grandes data centers dependem de geradores a diesel que contribuem para o aumento da pegada de carbono de uma instalação através de emissões de Escopo 1. Verificações mensais nos geradores a diesel [contribuem com 9,2 quilogramas \(kg\) por quilowatt hora \(kWh\) de dióxido de carbono \(CO2\)](#) na atmosfera, supondo que sejam consumidos 2 litros de diesel.

Isso levou vários operadores a tomar medidas para reduzir as emissões dos gases de efeito estufa, fazendo a sua parte para proteger o meio ambiente e demonstrar seu compromisso para clientes, associados e stakeholders. Diversos operadores de hyperscale determinaram metas de se tornar carbono neutros ou carbono negativos até o final desta década, e os operadores de colocation estão oferecendo ambientes carbono neutros para seus clientes.

Há oportunidade dentro de diversas instalações para reduzir as emissões através do aumento da eficiência e da utilização dos equipamentos do data center. Embora essa seja uma medida fundamental, ela não leva os data centers a atingir suas metas de serem carbono neutros. Para compensar a dependência pelos combustíveis a base de carbono, diversos operadores estão usando contratos de compra de energia (PPAs) e créditos de energias renováveis (RECs). Em 2021, os [PPAs de energia limpa cresceram 24% em relação a 2020](#), chegando a um novo topo de 37,1 gigawatts (GW).

Os hyperscalers Amazon, Microsoft e Meta são os maiores compradores desses contratos dentre todos os setores. Mas também há sinais de que os operadores estão buscando reduzir a dependência que têm dos PPAs. A Google, que investiu mais do que qualquer outra organização em PPAs em 2020, reduziu seus investimentos em 2021 e busca fontes de energia livres de carbono através de outros métodos.

A solução para o longo prazo que muitos operadores estão buscando é alimentar os data centers diretamente com energia limpa. Entretanto, as concessionárias de energia elétrica na maioria das regiões dificilmente conseguirão entregar energias 100% renováveis para todos os clientes em um futuro próximo e o ônus recai sobre os operadores, para que trabalhem com seus parceiros para desenvolver soluções que habilitem operações livres de carbono.

A geração local de energia usando energia renovável solar ou eólica não é prática em muitos sites de data centers, e a intermitência das energias renováveis criam desafios para os data centers que estão sempre em funcionamento. Entretanto, o hidrogênio produzido usando energias renováveis representa uma solução viável para a geração local de energia em uma grande amplitude de sites.

Este white paper examina os avanços recentes na tecnologia de células a combustível que melhoraram a performance e reduziram os custos, como as células a combustível alimentadas por hidrogênio que estão surgindo como uma solução para substituir os geradores a diesel para energia de backup. Ele também aborda porque as células a combustível representam, no longo prazo, uma solução promissora para a alimentação primária de zero carbono para os data centers.

## Entendendo as Células a Combustível

Células a combustível não são dispositivos de armazenamento de energia como baterias. Elas geram energia elétrica através de reações químicas criadas por uma fonte de combustível e o oxigênio. As fontes de combustível mais comuns para células a combustível são o hidrogênio e o gás natural. Quando o hidrogênio é usado como a fonte de combustível, os únicos subprodutos são água e calor.

### Células a Combustível de Gás Natural Versus de Hidrogênio

Células a combustível de gás natural são beneficiadas pela infraestrutura forte e madura de produção e de distribuição que tornam o fornecimento contínuo de gás natural disponível em diversas áreas. Células a combustível de gás natural são relativamente limpas, mas geram algumas emissões de gases de efeito estufa. Alguns fabricantes de células a combustível que usam gás natural estão atualmente adaptando seus designs para aumentar a flexibilidade do combustível para diversas aplicações.

O hidrogênio tem capacidade de produção mais limitada e carece de uma rede de distribuição sólida, mas existem iniciativas sendo implantadas para corrigir essas limitações. Células a combustível de hidrogênio podem dar suporte a uma operação verdadeiramente carbono neutra, dependendo de como o hidrogênio é produzido.

A maioria do hidrogênio é hoje produzido a partir de combustíveis fósseis através da reforma a vapor do gás natural, oxidação parcial de hidrocarbonetos pesados ou gaseificação de carvão. O hidrogênio produzido por esses métodos é chamado normalmente de “hidrogênio cinza” devido a sua dependência de combustíveis fósseis. As emissões produzidas durante o processo também devem ser ponderadas na pegada ambiental da aplicação da célula a combustível. O hidrogênio também pode ser produzido por energias renováveis através da eletrólise da água – chamado de “hidrogênio verde” pois não gera emissões de gases de efeito estufa durante o processo de produção. Como as células a combustível de hidrogênio não geram emissões, usar hidrogênio verde para alimentar células a combustível possibilita a geração local de energia carbono zero.

Devido à falta de uma rede de distribuição de hidrogênio, o hidrogênio usado para alimentar células a combustível em aplicações de fontes de alimentação estacionárias provavelmente precisará ser transportado por caminhão de onde é produzido até onde será usado e armazenado. Isso torna o uso de células a combustível de hidrogênio para a alimentação primária do data center impraticável atualmente. Elas são, entretanto, viáveis para energia de backup, uma vez que é possível armazenar no site hidrogênio suficiente para dar suporte a 48 horas de operação contínua para um data center grande.

#### **Tipos de Células a Combustível para Alimentar Data Centers**

Assim como as baterias, há diversos tipos de células a combustível disponíveis que são classificadas principalmente pelo eletrólito usado, o que, por sua vez, determina as características do combustível, as temperaturas de operação, as condições de transientes e, em última instância, a performance elétrica do sistema. Para aplicações em data centers, dois tipos de células a combustível têm as características necessárias: membrana trocadora de prótons (PEM) e células a combustível de óxido sólido (SOFCs).

**Células a combustível PEM** usam hidrogênio como sua fonte de combustível e têm um eletrólito polimérico que entrega grande densidade de potência, o que permite um footprint menor do que outras células a combustível. Elas precisam apenas de hidrogênio e oxigênio do ar para gerar eletricidade e operam com temperaturas relativamente baixas (até 80 graus Celsius).

Como elas não precisam esquentar para as altas temperaturas exigidas por outros tipos de células a combustível, elas podem inicializar rapidamente, tornando-as adequadas para aplicações de energia de backup. Células a combustível PEM demandam um catalisador de metal nobre, como a platina, para separar os elétrons e prótons do hidrogênio, o que exige segurança especial pois é perigoso para seres humanos.

As **SOFCs** usam um composto cerâmico como eletrólito. Elas operam a temperaturas muito maiores (800-900 C/1.472-1.652 F) do que as células a combustível PEM, o que elimina a necessidade de um catalisador de metal precioso, mas aumenta os tempos de inicialização e desligamento e as torna melhores para aplicações de trabalho contínuo.

Elas são também mais flexíveis no combustível de entrada, usando principalmente gás natural com alguns designs capazes de processar hidrogênio puro. As SOFCs têm uma alta eficiência operacional que pode ser ainda mais aprimorada pela captura e reuso do calor gerado durante a operação.

Suas altas temperaturas de operação requerem uma blindagem térmica significativa para reter calor e proteger o pessoal. Isso pode limitar a quantidade de ciclos de ligar/desligar de um sistema devido ao estresse sofrido pelo material das células.

#### **O Data Center Alimentado por Células a Combustível**

Com base no estado atual da tecnologia de células a combustível, bem como outras evoluções nas tecnologias de energia crítica para data centers, é possível visualizar um futuro no qual as células a combustível proporcionem aos data centers alimentação primária e secundária com energia limpa. As atuais células a combustível PEM forneceriam energia de backup e as SOFCs seriam usadas para alimentação primária. Entretanto, há o potencial para células a combustível PEM fornecerem alimentação primária caso nem todas as SOFCs possam ser recondiçionadas para trabalhar com hidrogênio puro.

A Vertiv realizou extensa pesquisa sobre as aplicações de células a combustível em data centers e está envolvida em diversos projetos piloto com o objetivo de garantir que as células a combustível possam atender aos requisitos dos data centers relativos a confiabilidade e performance.

#### **Usando Células a Combustível para Alimentação de Backup do Data Center**

Geradores a diesel são uma fonte significativa de emissões de Escopo 1 nos atuais data centers e alguns operadores estão buscando ativamente soluções para reduzir sua dependência destes sistemas. Uma possível solução é estender a autonomia das baterias para permitir que o sistema de baterias suporte faltas de energia mais longas. Isso poderia funcionar para operadores que precisam de 30 minutos ou menos de proteção contra faltas de energia. Devido ao tamanho do sistema de baterias que seria necessário, não seria prático para os data centers que precisam permanecer funcionando durante faltas de energia de 24 ou 48 horas para atender aos acordos de nível de serviço (SLAs) ou às expectativas dos usuários. Há também algumas tecnologias interessantes sendo desenvolvidas, como os geradores lineares que proporcionarão soluções viáveis em algum momento no futuro.

As células a combustível são uma solução mais comprovada e estabelecida, já tendo sido usadas em aplicações de transporte, militares, da marinha e outras. Além disso, os custos das células a combustível têm caído bastante nos últimos cinco anos e acredita-se que a tendência seja de que continuem caindo no futuro. Mas embora as células a combustível estejam sendo usadas em diversas aplicações neste exato momento, elas não foram usadas em aplicações grandes de alimentação de energia estacionária, tal como aquelas que existem nos data centers e essas aplicações ainda apresentam alguns desafios.

Especificamente, as células a combustível são relativamente lentas para responder às alterações na carga, criando transientes e, portanto, precisam de uma forma de dissipar a energia em excesso. Isso pode ser alcançado através de sistemas de alimentação de energia ininterrupta (UPS). Ao configurar em paralelo as células a combustível e as baterias de íon-lítio dos sistemas UPS, as células a combustível podem dissipar o excesso de energia resultante das alterações na carga armazenando energia no sistema de baterias.

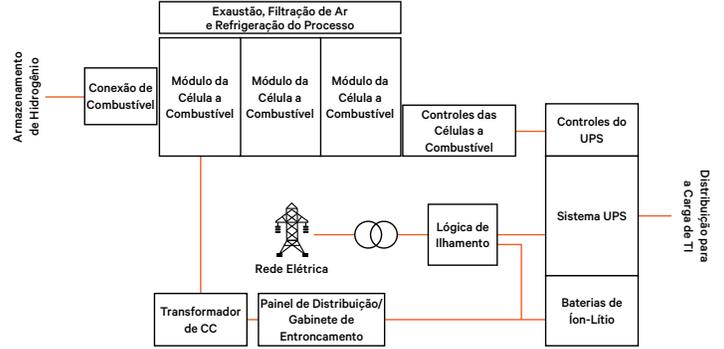
Com essa configuração, o sistema nem mesmo precisa transferir a carga para a fonte de alimentação de backup. Pelo contrário, o sistema transfere a carga para as baterias quando ocorre uma falta de energia e as baterias são carregadas continuamente pelas células a combustível até que o hidrogênio armazenado seja esgotado. Os recursos de gerenciamento de energia do UPS também serão usados para agregar valor às células a combustível através da habilitação do corte de pico e outros serviços para a rede elétrica. Estes são os principais componentes de uma solução de energia de backup para data center capazes de tomar o lugar de um gerador a diesel:

- **Armazenamento do hidrogênio:** Hidrogênio suficiente para dar suporte aos tempos de backup desejados é armazenado no site em carretas. São necessárias aproximadamente quatro carretas de hidrogênio para proporcionar 48 horas de energia de backup para uma instalação de 1 megawatt (MW).
- **Sistema de célula a combustível PEM totalmente confinado:** Módulos de células a combustível PEM podem ser alojados em invólucros externos com gerenciamento térmico, filtração de ar, saída de CC para o UPS e baterias de íon-lítio integrados. A maioria das células a combustível são também certificadas para trabalhar em ambientes internos, o que eliminaria o custo de um container externo. Dependendo dos requisitos da aplicação, as células a combustível podem ficar inativas quando não estão operando, o que resultará em um tempo de inicialização de um minuto, ou podem ser mantidas em modo standby para ter inicialização imediata com potência total em alguns segundos.
- **UPS com baterias de íon-lítio:** O UPS deve ter a capacidade de controlar as células a combustível e ter um conversor CC para CC integrado capaz de trabalhar continuamente por diversas horas. Capacidade extra de baterias é normalmente necessária para absorver a energia dissipada das células a combustível quando as baterias estão totalmente carregadas.

### Usando Células a Combustível para Alimentação Primária do Data Center

O caminho para usar células a combustível como fonte de alimentação primária em data center carbono zero é mais longo do que para as aplicações de alimentação de backup, grandemente devido as atuais limitações na distribuição do hidrogênio. Mas está sendo feito algum progresso nesse sentido e as células a combustível de gás natural podem ser usadas como uma solução paliativa que reduz as emissões e entrega outros benefícios enquanto a distribuição de hidrogênio é expandida.

A Vertiv faz parte de um projeto financiado pelo empreendimento conjunto Fuel Cells e Hydrogen 2 com o suporte do programa de



pesquisa e inovação Horizon 2020 da União Europeia, Hydrogen Europe e Hydrogen Europe Research. Esse empreendimento tem um projeto-piloto para o uso de SOFCs de gás natural como a fonte de alimentação primária para data centers de edge hiperlocais, para reduzir o impacto desses sites e avançar com um padrão aberto para aplicações de células a combustível em data centers.

Nessa aplicação, as SOFCs funcionam como a fonte principal de alimentação com a rede elétrica fornecendo alimentação de backup junto com baterias de íon-lítio. Como nas aplicações de energia de backup, o UPS eventualmente controlará a interface entre as baterias e as células a combustível, gerenciando os setpoints das células a combustível e a energia em excesso dos transientes. No futuro, os UPS poderão agir como um gerenciador de energia, coordenando diversas fontes de alimentação, incluindo a rede elétrica, as células a combustível e um gerador de backup, se existir um, selecionando continuamente a melhor fonte com base no custo, confiabilidade e outros fatores, e gerenciando as transições entre fontes.

Embora esse empreendimento seja focado em data centers hiperlocais, seus resultados devem trazer avanços para o progresso relacionado ao uso de SOFCs de gás natural como a fonte de alimentação primária para data centers de grande porte. À medida que o preço do hidrogênio caia e ele se torne mais disponível, as SOFCs podem fazer a transição para a alimentação por hidrogênio, possibilitando operações carbono neutras.

### Avaliando a Viabilidade das Células a Combustível para a Alimentação de Backup do Data Center

Sob uma ótica técnica, as células a combustível que são gerenciadas adequadamente por um sistema UPS inteligente têm as características de performance necessárias para proporcionar energia de backup limpa e confiável para data centers. Com base nos atuais projetos-piloto, não é despropositado esperar a comercialização de soluções de célula a combustível PEM para alimentação de backup de data centers nos próximos anos.

Entretanto, essas soluções também precisarão demonstrar que podem ter uma boa relação custo-benefício para ter um amplo apoio na indústria. Isso não necessariamente significa que elas precisam ser mais baratas do que os geradores a diesel, já que há valor real em seu potencial de reduzir as emissões de Escopo 1 e esse valor pode aumentar no futuro se o custo do carbono aumentar.

Além disso, novos recursos possibilitados pelas células a combustível, como o corte de pico, também agregam valor.

É difícil projetar hoje os custos vitalícios para uma solução de célula a combustível a ser comercializada, já que os custos para os módulos de células a combustível e do combustível hidrogênio são dinâmicos e devem baixar nos próximos anos.

Há um esforço considerável sendo feito pelo governo dos Estados Unidos para reduzir os custos do hidrogênio através da iniciativa Earthshot do Departamento de Energia dos EUA (DOE). Lançada em junho de 2021, essa iniciativa busca reduzir os custos do hidrogênio limpo para 1 dólar/kg até o final desta década. Abaixo estão os principais fatores econômicos que poderiam influenciar a adoção de células a combustível como uma fonte de alimentação de backup em data centers:

- **Despesas de Capital:** Hoje, as células a combustível PEM exigem um investimento de capital maior do que um gerador a diesel com a mesma capacidade. Nossa pesquisa mostra que as células a combustível variam de US\$ 1800 a US\$ 2000 por kW, em comparação com aproximadamente US\$ 450 por kW para um gerador a diesel. Essa diferença deve ser eliminada à medida que os custos das células a combustível caírem, mas podem não chegar a ter paridade quando as soluções comerciais começarem a estar disponíveis.
- **Custo dos Combustíveis:** O custo dos combustíveis varia de acordo com a demanda e com a região. O custo do combustível de hidrogênio atualmente varia entre US\$ 4,84 e US\$ 6,68 por quilo. Nos Estados Unidos, o custo médio do galão de diesel, que proporciona um pouco mais de energia do que um quilograma de hidrogênio, é de US\$ 3,29. Se a Iniciativa Earthshot do DOE chegar perto de sua meta, o hidrogênio será mais barato do que o diesel durante a vida de um sistema.
- **Eficiência:** Em comparação com os geradores a diesel, ambos os tipos de células a combustível estão provando ter eficiência mais alta, especialmente as SOFCs. Além disso, os geradores a diesel operam usando corrente alternada (CA) que está sujeita à chaveamento, o que pode reduzir a eficiência. Por outro lado, as células a combustível que usam corrente contínua (CC) para o UPS melhoram a eficiência geral do sistema. Ao eliminar o uso de energia de CA, os operadores devem experimentar benefícios em relação aos custos e à sustentabilidade.
- **Manutenção:** Os processos eletroquímicos usados nas células a combustível precisam de menos manutenção do que os processos mecânicos usados nos geradores.
- **Flexibilidade Operacional:** Como as células a combustível PEM podem ser controladas pelo UPS, elas possibilitam novos recursos de gerenciamento de energia que não estão disponíveis com os geradores a diesel, trazendo economia nos custos com energia.

- **Universo regulatório:** Algumas localidades têm criado regulamentações que restringem ou proíbem o uso de motores de combustão interna para a geração de energia. Operadores buscando se expandir nessas áreas precisarão encontrar abordagens alternativas para manter a continuidade durante as faltas de energia e as soluções de células a combustível devem ser favorecidas na comparação com as outras alternativas.

As primeiras aplicações de células a combustível para substituir ou complementar os geradores a diesel devem ser impulsionadas por operadores de data centers de hyperscale, os quais têm assumido a liderança na redução do carbono. Entretanto, à medida que eles avançam, as células a combustível se tornarão uma solução mais atraente para diversos tipos e tamanhos de data centers.

## Conclusão

Para possibilitar o crescimento contínuo ao mesmo tempo em que reduzem o impacto ambiental, os operadores de data centers estão explorando alternativas para a alimentação de energia derivada de carbono da rede elétrica e para os geradores a diesel.

Células a combustível estão entre as soluções mais promissoras para permitir que os operadores atinjam suas metas de ser carbono neutros. Ao usar hidrogênio limpo, as células a combustível PEM podem eliminar as emissões de CO<sub>2</sub> das inspeções mensais dos geradores e da sua operação durante as faltas de energia. Células a combustível PEM estão hoje em projeto-piloto para essas aplicações e podem estar disponíveis em soluções comerciais nos próximos anos.

Células a combustível de gás natural são parte de projeto-piloto como fonte de alimentação primária para data centers de edge, e o aprendizado desse piloto ajudará o progresso do uso dessa tecnologia em data centers de grande porte. À medida que produtores de hidrogênio e governos invistam mais na produção e na distribuição de hidrogênio, essas células a combustível podem ser convertidas para hidrogênio de forma a habilitar operações livres de carbono.

Os esforços sendo feitos hoje para implementar células a combustível são impulsionados por organizações que dão valor à redução das emissões de carbono. Sob a perspectiva dos custos, as células a combustível não são atualmente competitivas com os geradores a diesel ou com a energia da rede elétrica. Mas os custos dos principais componentes e do combustível de hidrogênio devem cair nos próximos anos, eliminando a diferença e tornando as células a combustível uma solução possível e economicamente viável para a alimentação de data centers.

A Vertiv está assumindo um papel de liderança para o avanço no uso de células a combustível em aplicações de data center, entregando soluções de infraestrutura crítica que permitem o uso efetivo de células a combustível e dão suporte a funcionalidades adicionais, como o corte de pico, o uso de energias renováveis e de serviços para a rede elétrica.



**Vertiv.com** | Sede da Vertiv, 505 N Cleveland Ave, Westerville, OH 43082, Estados Unidos da América

© 2023 Vertiv Group Corp. Todos os direitos reservados. Vertiv™ e o logo Vertiv são marcas ou marcas registradas da Vertiv Group Corp. Todos os demais nomes e logos que fazem referência são nomes comerciais, marcas, ou marcas registradas de seus respectivos donos. Embora tenham sido tomadas as devidas precauções para assegurar que esta literatura esteja completa e correta, a Vertiv Group Corp. não assume e se exime de qualquer responsabilidade por danos resultantes do uso dessas informações ou por quaisquer erros ou omissões. Especificações, descontos e outras ofertas promocionais estão sujeitos a mudanças à critério exclusivo da Vertiv mediante notificação.