
GUIA DE APLICAÇÃO

GERENCIAMENTO DE CARGAS EM SISTEMAS INDUSTRIAIS

Tom Capiou (Agidens), Laurenz Van Daele (PowerPulse)

Dezembro 2016

ECI Publication No Cu0226
Original em Inglês disponível em www.leonardo-energy.org

Tradução e adaptação: Leonardo Energy Brasil

Document Issue Control Sheet

| | |
|--------------------------------|---|
| Document Title: | Application Note – Load Management of Industrial Systems |
| Publication No: | Cu0226 |
| Issue: | Public |
| Content provider(s): | Laurenz Van Daele (Power Pulse) |
| Author(s): | Tom Capiou (Agidens) |
| Editorial and language review: | Bruno De Wachter (editorial), Noel Montrucchio (English language) |
| Content review: | Fernando Nuño |

Document History

| Issue | Date | Purpose |
|-------|---------------|--|
| 1 | December 2016 | Initial publication in the Good Practice Guide |
| 2 | | |
| 3 | | |

Aviso Legal

Embora esta publicação tenha sido preparada com cuidado, o Instituto Europeu do Cobre e outros contribuidores não fornecem garantia em relação ao conteúdo e não serão responsáveis por quaisquer danos diretos, incidentais ou consequentes que possam resultar do uso das informações ou dos dados contidos.

Copyright© European Copper Institute.

É autorizada a reprodução, desde que o material seja concluído e a fonte seja reconhecida.

CONTEÚDO

| | |
|---|-----------|
| SUMÁRIO..... | 4 |
| INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE CARGA | 4 |
| O QUE É GERENCIAMENTO DE CARGA?..... | 4 |
| POR QUE GERENCIAMENTO DA CARGA? | 5 |
| GERENCIAMENTO DE RISCO ATRAVÉS DA LIMITAÇÃO DE PICO DE DEMANDA | 7 |
| VALOR FINANCEIRO DA FLEXIBILIDADE | 7 |
| INTRODUÇÃO ÀS TARIFAS DE ELETRICIDADE | 11 |
| COMPONENTES DA FATURA DE ENERGIA..... | 11 |
| COMPONENTE CONSUMO | 11 |
| COMPONENTE DA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO..... | 13 |
| COMPONENTE TAXAS, INCENTIVOS E IMPOSTOS..... | 15 |
| INTERFERÊNCIA ENTRE OS COMPONENTES DA TARIFA..... | 15 |
| OTIMIZAÇÃO DO PERFIL DA CARGA..... | 17 |
| A FASE DE PROJETO DA LINHA DE PRODUÇÃO | 17 |
| OTIMIZAÇÃO DO MONITORAMENTO DE ENERGIA..... | 18 |
| OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO | 18 |
| TIPOS DE GERENCIAMENTO DE CARGA / FLEXIBILIDADE NA PRODUÇÃO..... | 19 |
| EXEMPLOS PRÁTICOS: MUDANÇA DE CONSUMO NO AVAC | 22 |
| EXEMPLOS PRÁTICOS: QUESTÕES RELATIVAS À AUTOMATIZAÇÃO DO NIVELAMENTO DO PICO DE DEMANDA | 24 |
| GERAÇÃO LOCAL DE ELETRICIDADE E OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO PRÓPRIO..... | 26 |
| IMPACTO DOS SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEIS (SER)..... | 27 |
| TENDÊNCIAS NO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA..... | 28 |
| VALORIZAÇÃO DA FLEXIBILIDADE NO MERCADO DE ENERGIA..... | 29 |
| DR NA EUROPA HOJE | 29 |
| CONCLUSÃO | 33 |
| REFERÊNCIAS..... | 36 |

SUMÁRIO

Gerenciamento de carga (GC) é a prática de ajustar intencionalmente – reduzindo ou aumentando – o consumo de energia elétrica em relação ao que havia sido planejado.

Empresas com perfis de consumo muito estáveis e previsíveis representam menores riscos e custos para a cadeia de fornecimento de eletricidade. Por outro lado, empresas com perfis de consumo com grande imprevisibilidade e altos picos de demanda necessitam um nível de flexibilidade maior e custo mais alto para o fornecedor de energia. Este guia de aplicação irá explicar os vários métodos e estruturas de custo que têm sido desenvolvidos pela cadeia de fornecimento de eletricidade para repassar estes custos para os consumidores.

Se uma empresa pretende reduzir seus custos com a energia sua atenção deve estar em reduzir o seu consumo. Entretanto, em muitos casos, as empresas também podem conseguir economias significativas ao otimizar tanto:

1. Seu perfil de consumo
2. Seu contrato de fornecimento e estratégia de compra de energia

Este processo se inicia totalmente na fase de projeto: a eficiência energética pode ser aumentada no dimensionamento adequado das instalações e seus componentes. Ao mesmo tempo, os custos relacionados ao sobredimensionamento da interligação à rede podem ser evitados por prever com precisão a simultaneidade de certas cargas elétricas. O efeito conjunto é um menor custo total da energia elétrica e uma redução no valor do componente demanda na conta de energia elétrica.

Uma empresa pode obter uma melhor compreensão do seu perfil de consumo através do monitoramento da energia. Uma vez obtida esta valiosa informação, podem ser identificados problemas e oportunidades em termos de flexibilização do consumo em função do tempo. Entre outras coisas, este guia para aplicação irá discutir várias maneiras de ajustar o consumo. Uma empresa pode otimizar sua estratégia de compra, especialmente para demandas de energia anuais, mensais ou sazonais. Ao mesmo tempo, ela pode achar seu perfil de consumo através da restrição (automatizada) do seu pico de demanda, reduzindo desta forma diversas tarifas e multas relacionadas ao pico do consumo. Tais avaliações, frequentemente, possibilitam otimizar o planejamento da produção. Exemplos práticos de Gerenciamento de Carga serão discutidos neste Guia de Aplicação.

Uma vantagem adicional do Gerenciamento de Carga é a habilidade para aumentar os benefícios da geração local (renovável) de eletricidade através da otimização do autoconsumo. Isto ajudará a evitar custos (ou ausência de economia) pela injeção do excesso de produção na rede.

Finalmente, o Gerenciamento de Carga pode possibilitar que uma empresa valorize a flexibilidade de seu consumo no mercado de energia, diretamente nos mercados “spot” (em tempo real) ou “imbalance” (de desequilíbrio), ou através da resposta à demanda agregada.

Em qualquer caso, este Guia de Aplicação deixará claro como o Gerenciamento de Carga é a chave para reduzir o custo da energia elétrica e assegurar o nível necessário de segurança no seu fornecimento para cada empresa.

INTRODUÇÃO AO GERENCIAMENTO DE CARGA

O QUE É GERENCIAMENTO DE CARGA?

Gerenciamento da Carga (GC) é a prática de ajustar intencionalmente – reduzindo ou aumentando - o consumo de eletricidade em comparação ao o que teria sido este consumo na ausência completa de restrições. Esta total liberdade de consumo estaria baseada na existência de uma capacidade contínua e ilimitada de fornecimento,

sem qualquer repercussão nos preços. Na realidade, é claro, tal liberdade não existe e restrições são simultaneamente aplicadas a cada um destes parâmetros. Como resultado, escolhas devem ser feitas em relação à capacidade de carga, quantidade consumida, período de utilização e custo unitário. Estas escolhas devem considerar entre outros pontos, capacidade de conexão, demanda de pico contratada, quantidade contratada e consumo como uma função da precificação do período de utilização. Ele necessitará de ações conscientes para gerenciar a carga a todo momento, por isso a nomenclatura de Gerenciamento da Carga (ou abreviadamente GC).

Através do GC, uma empresa pode nivelar seu perfil de consumo através da redução de seu pico de demanda, o que pode levar a uma redução no custo unitário da energia. Por alterar o consumo com o objetivo de manter a demanda de pico abaixo da demanda de pico contratada (Gerenciamento de Pico), empresas podem evitar penalidades por ultrapassagem da demanda de pico. Ao mesmo tempo, ao evitar, atrasando ou antecipando de forma planejada seu consumo de energia (por exemplo, alterando temporariamente o período de utilização de um equipamento ou instalação) o consumidor pode providenciar ao seu fornecedor uma alternativa valiosa e, frequentemente, mais econômica, para aumentar ou reduzir a produção de eletricidade contrabalanceando o desequilíbrio na rede. Dependendo do tipo de contrato, tal alteração no consumo também pode possibilitar ao consumidor se beneficiar futuramente de preços de energia mais baixos. Como um exemplo em um contexto industrial, um armazém frigorífico é uma instalação com uma grande margem para conservar a temperatura em seu interior, permitindo uma flexibilidade suficiente para retardar seu consumo de energia, enquanto a temperatura não ultrapassar determinado limiar.

Apesar deste documento discutir a relevância do GC em toda a cadeia de fornecimento de eletricidade, o que significa da geração até o consumidor final, seu foco estará no seu valor e sua aplicação para o consumidor final. Neste caso, o GC pode também ser denominado como Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD).

POR QUE GERENCIAMENTO DA CARGA?

Muitas empresas consideram a necessidade de GC ou GLD como nada além de uma restrição interna, com o objetivo de assegurar o fornecimento de eletricidade pelo controle da demanda. O consumo da instalação não pode exceder sua capacidade de conexão à rede ou a potência dos seus transformadores e sua rede de distribuição interna. O seu próprio sistema de gerenciamento irá alertar o usuário quando o seu consumo de energia se aproxima da máxima potência, que pode ser fornecida e irá realizar ações de intertravamento para impedir a entrada em operação de novas cargas, com o objetivo de evitar a abertura indesejada do disjuntor principal. O objetivo do GC é evitar uma sobrecarga e, em consequência, o desligamento de toda a instalação. Isto poderia ser inclusive o objetivo principal do GC ou do GLD, caso não existissem restrições no fornecimento. Entretanto, este não é, obviamente, nunca o caso.

O termo Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) foi originalmente criado após a crise de energia dos anos 1970, com seus primeiros programas sendo legislados na Califórnia e Wisconsin, Estados Unidos, desde 1975¹. Este período foi anterior à desregulamentação e liberação dos mercados. A cadeia de fornecimento de eletricidade naquele período possuía um modelo unidirecional muito simples, com um número limitado de participantes (semi) monopolistas como geradores de eletricidade, operadores de linhas de transmissão (OLTs) e empresas de distribuição (ED), sendo que em algumas situações uma mesma empresa era a responsável pelas três atividades. Era comum neste mercado a cobertura de uma área geograficamente limitada com uma mescla homogênea de consumidores comerciais, industriais e residenciais. A eletricidade era produzida em usinas que utilizavam tecnologias convencionais baseadas em combustíveis fósseis e nucleares. O carvão, biomassa e usinas nucleares forneciam a base da produção, enquanto usinas mais flexíveis a gás, com menor tempo de resposta, atendiam o pico de consumo. Nesta situação, manter o equilíbrio da rede era uma questão de aumentar a produção de energia para atender um aumento da demanda totalmente previsível. O GLD significava principalmente responder a um número anual limitado de picos de consumo, frequentemente relacionados a

questões climáticas. Naqueles dias, picos de demanda eram razoavelmente previsíveis e as empresas prestadoras de serviços públicos podiam contatar seus clientes com um ou vários dias de antecedência para solicitar a mudança ou retirada de certas cargas durante um certo período. Ao mesmo tempo, consumidores finais poderiam reagir de forma ativa aos sinais de preços spots ao revender sua energia contratada.

Atualmente, muitos mercados têm sido desregulamentados e apresentam inúmeros atores ao longo de diferentes elementos da cadeia de fornecimento. Ao mesmo tempo, as redes tiveram suas áreas de atuação expandidas geograficamente através da sua interconexão em inúmeros países e, eventualmente, para outros continentes. Desta forma, um problema em um país pode muito bem espalhar-se muito além de suas fronteiras, como ficou evidenciado no apagão originado na Alemanha, mas que afetou mais de 15 milhões de pessoas pela Europa.

Ao mesmo tempo, tem acontecido um aumento sem precedentes na produção descentralizada de eletricidade através de várias tecnologias de auto geração tais como a combinação de geração simultânea de calor e eletricidade (CHP), energia solar fotovoltaica (FV) e energia eólica. A crescente conscientização sobre o aquecimento global tem estimulado o surgimento de fórmulas para incentivar a utilização de formas de energia renováveis em todo o mundo. No período entre 2004 e 2014³, a capacidade instalada de geração de energia eólica no mundo cresceu de 48 para 318 GW e de 2,6 para 139 GW da energia solar fotovoltaica (FV). De acordo com a agência de notícias especializada no mercado de energias renováveis e mercado de carbono, Bloomberg New Energy Finance (BNEF), as formas de energia renováveis (143 GW) superaram as fontes provenientes de combustíveis fósseis (141 GW) pela primeira vez em 2013 em termos de capacidade global de geração de eletricidade recentemente adicionada⁴.

Enquanto estas são boas notícias para o meio ambiente, e a revolução da energia renovável cria milhares de empregos, também representa um enorme desafio para o sistema tradicional de fornecimento de eletricidade e seus agentes. Fontes renováveis como o vento e a luz solar são disponíveis apenas de forma intermitente e não podem ser ligadas e desligadas quando nós desejamos. A súbita aparição de nuvens densas em um dia então ensolarado pode impactar imediatamente a produção de energia solar fotovoltaica em milhares de instalações.

Enquanto fontes de energia renováveis tem resultado em uma diminuição da geração de energia em usinas convencionais, tem havido, sem embargo, um aumento na necessidade de formas de produção de energia que respondam mais rápido e de forma mais flexível às variações na demanda. Infelizmente isto representa um sério desafio: as usinas mais flexíveis utilizam o gás, mas elas tendem a ser muito mais caras para operar do que usinas à carvão ou nucleares. Recentemente muitas usinas a gás foram definitivas, ou ao menos temporariamente, desativadas, por elas não mais conseguirem ser operadas com lucratividade. Como resultado, o equilíbrio da rede tem se tornado não só mais difícil, mas também com maiores custos e riscos.

Quanto mais imprevisível for o perfil de consumo de um consumidor, maiores serão os riscos e os custos que o fornecedor deverá assumir para atender a este consumidor. Como consequência, o fornecedor tem reagido transferindo estes custos e riscos para os consumidores finais através de aumento de tarifas e formas variadas de taxas e multas diretamente proporcionais ao perfil de consumo do consumidor.

Isto nos leva para os argumentos dos fornecedores em favor do GC pelos consumidores. Gerenciamento de Carga ajuda a reduzir os riscos de desequilíbrio na rede, e colabora na redução dos valores das multas por ultrapassagem da demanda de pico contratada, assim como os preços pelo tempo de utilização.

Enquanto o pico de demanda pode ser previsto com alguma segurança, variações de curta duração são agora muito mais frequentes do que o passado, e precisam atualmente ser respondidas mais rapidamente. Como resultado, sistemas automatizados de Resposta de Demanda (RD) têm substituído os chamados telefônicos pelos prestadores de serviços públicos e as ações manuais por parte dos consumidores.

GERENCIAMENTO DE RISCO ATRAVÉS DA LIMITAÇÃO DE PICO DE DEMANDA

Como mencionado anteriormente, a primeira e principal razão para limitar o pico de demanda é assegurar o fornecimento de eletricidade para a instalação. Indústrias, invariavelmente tem uma diversidade de instalações elétrica variando de muito pequenas a muito grandes. É bastante improvável que todas estas instalações ou seus equipamentos funcionem consumindo sua potência máxima ao mesmo tempo. A capacidade de conexão com a rede de transmissão ou distribuição deverá ser dimensionada como uma função da demanda prevista para a instalação, mais do que pela soma da potência de todas as cargas. Enquanto os métodos tradicionais de engenharia normalmente fornecem uma margem de segurança adequada, o crescimento das atividades da empresa pode requerer que novas instalações e equipamentos sejam adicionados e assim a capacidades das conexões à rede existentes sejam excedidas.

Neste ponto, o consumidor possui apenas duas opções: limitar o consumo através da restrição do pico de demanda ou aumentar a sua capacidade de receber energia elétrica. Admitindo a existência de capacidade ociosa para fornecimento de energia adicional – que nem sempre é o caso - a decisão entre qual das duas opções será utilizada, provavelmente, se baseará em aspectos financeiros.

Reduzir o consumo através da restrição do pico de demanda pode requerer investimentos para automatizar o monitoramento do consumo e priorizar o desligamento ou o intertravamento de certas cargas. Ao mesmo tempo, empresas devem considerar o custo de oportunidade por não ter acesso a determinada quantidade de energia elétrica. Não ser capaz de produzir como planejado pode ter várias consequências negativas, tais como perda de vendas, multas por atraso nas entregas, custos com mão de obra parada e perdas na qualidade da produção. Adicionalmente, o risco de blackout permanece se algum problema exista com o sistema de monitoramento do pico da demanda. Em tal situação, as consequências financeiras serão certamente muito sérias.

Por outro lado, aumentar a capacidade de fornecimento de energia requer investimentos significativos. Aumentar a entrada de energia, mais e maiores transformadores e outras modificações necessárias precisarão de meses para serem providenciadas. Ao lado do investimento inicial em bens de capital (CAPEX, **capital expenditure**, em português, despesas de capital ou investimento em bens de capital), tal aumento de capacidade normalmente levará a recorrentes investimentos na melhoria e manutenção dos bens físicos da empresa (OPEX, **operational expenditure**) relacionados aos gastos totais com a energia ou com componentes específicos da sua conta. Devido as dificuldades com o equilíbrio da sua rede, os OLTs e as EDs podem enfrentar problemas com o custo de compensação. Estes é claro serão posteriormente repassados para o consumidor, por exemplo através do aumento das tarifas.

Como resultado, empresas necessitarão considerar simultaneamente suas necessidades de fornecimento de energia no curto e no longo prazo. Ao agir assim, elas considerarão não apenas seus investimentos iniciais em bens de capital (CAPEX), mas também outros efeitos diretos e indiretos que suas decisões terão em seus custos e as suas receitas.

VALOR FINANCEIRO DA FLEXIBILIDADE

Quando investigarem o valor financeiro da flexibilidade, as empresas necessitarão considerar o que é flexibilidade e como ela pode ser obtida. Do ponto de vista do consumidor, flexibilidade significa a capacidade de consumir a energia necessária sempre que for necessário. No lado do fornecedor significará ser capaz de fornecer a quantidade certa de energia no momento em que ela for solicitada.

Na cadeia tradicional de fornecimento de energia, o fornecedor utilizava os seus ativos para responder às necessidades dos consumidores. Isto acarretava custos aos fornecedores que eram repassados aos consumidores através das contas de energia para gerar o lucro para os fornecedores. A flexibilidade solicitada

pelos consumidores estava refletida no seu contrato de fornecimento: Quanto mais alta a flexibilidade esperada, e menor o risco do consumidor, mais caros seriam os contratos de fornecimento de energia.

Como observado anteriormente, a cadeia de fornecimento de energia tem se tornado mais complexa e multidirecional, com formas de produção descentralizada, fontes de energia renováveis (FER) e consumidores que se tornam produtores. Os consumidores atualmente empregam inúmeras tecnologias para produção de eletricidade em seus ativos, cada um com sua própria estrutura de custos. Isto tem tornado a procura pelo equilíbrio entre oferta e demanda, e entre custo e retorno, mais complexo para ambos os lados.

Em décadas recentes, as FER têm adquirido espaço significativo entre fornecedores e consumidores de energia. Enquanto o investimento inicial em FER tende a ser bastante alto, os custos operacionais ou variáveis são tipicamente muito inferiores quando comparados aos das fontes não renováveis, já que as FER (solar fotovoltaica e eólica) não necessitam combustíveis para gerar eletricidade e a sua necessidade de manutenção é reduzida em comparação aos sistemas convencionais. Acrescentando os subsídios, feed-in tariffs (Feed-in tariff, é um mecanismo utilizado em políticas públicas de incentivo a utilização de formas de energia renováveis), e outras formas de incentivo, tais como prioridade de acesso às redes, tem se tornado claro que as FER são favorecidas para a produção de eletricidade em sua capacidade máxima através do ano.

Complexidade e riscos adicionais estão presentes na estrutura de custos dos sistemas tradicionais, que utilizam fontes não renováveis de energia. Custos adicionais não dependem apenas da quantidade de energia produzida ou do momento em que o fornecimento ocorre, mas também de variações de custo e do preço dos insumos necessários. Um aumento no preço do gás simultâneo à redução nos preços da eletricidade pode tornar a produção de energia elétrica em usinas a gás deficitária, independentemente da consideração sobre outros custos envolvidos. Custos fixos como financiamentos e depreciações independem de quanto é produzido. Se a produção é diminuída, os custos fixos são distribuídos sobre um volume menor de energia produzida, tornando mais caros os KWH. Ao mesmo tempo, aumentar a produção irá reduzir a relação custos fixos/KWH, mas levará à necessidade de mais pessoas, manutenção e, até mesmo, a partida de novas unidades de produção, que levará novamente ao aumento do custo fixo. Obviamente não faz sentido em termos financeiros aumentar a capacidade de produção se a previsão é da necessidade de suprir algumas poucas horas de aumento no pico da demanda durante o ano. Na ausência de tal capacidade adicional, a falta de meios de compensar o aumento na demanda pode levar a um significativo déficit na oferta de energia, causando punições pelo desequilíbrio no sistema que serão repassadas para o consumidor responsável por esta situação.

O exposto acima ilustra porque nem todos os ativos envolvidos no fornecimento de eletricidade seguem a mesma lógica de negócio. O que funciona para determinadas tecnologias ou fornecedores pode não funcionar para outros.

A solução ideal para os fornecedores de eletricidade repousa no equilíbrio entre flexibilidade na oferta e flexibilidade na demanda. Apesar da estrutura de um fornecedor ser totalmente capaz de atingir a flexibilidade necessária para o fornecimento de energia, ela pode não ser a melhor solução do ponto de vista dos custos envolvidos. Em muitos casos, os custos do consumidor para ajustar o seu consumo são significativamente mais baixos. Ambos os lados podem então se beneficiar por tal ajuste: os fornecedores economizam o seu dinheiro ao ajustar as suas operações e os consumidores também economizam seu dinheiro nas suas contas de energia. Esta abordagem tem tornado a flexibilização um caminho de mão dupla com um maior potencial para uma solução ganha-ganha.

Restringir o pico de demanda para redução dos riscos foi mencionado anteriormente. Claramente esta é uma solução que também irá levar a redução da necessidade de flexibilização da oferta por parte dos fornecedores. Ao reduzir seu pico de demanda, o consumidor reduzirá também a pressão em potencial sobre os ativos do fornecedor.

Se nós levarmos este conceito adiante, o consumidor pode ser capaz de gerar flexibilidade no seu fornecedor, mesmo quando ele não gera sua própria energia consumida no seu pico de demanda. Ao alterar o momento em que utiliza suas cargas menos críticas, o consumidor fornece o tão necessário, e valioso, alívio para a capacidade do seu fornecedor. Ao agir assim, o fornecedor evita os problemas relacionados a desequilíbrios na oferta, e pode obter uma oportunidade para estreitar seu relacionamento com seu cliente e repassar parte da economia por ele mesmo gerada.

Em tempos de demanda baixa, como períodos noturnos, fins de semana e feriados e alta produção de energia através de fontes renováveis, os fornecedores podem enfrentar problemas de excesso de oferta. É importante aqui ressaltar que os sistemas de energia renováveis têm prioridade de acesso à rede devido a certas questões regulatórias, assim como tecnologias como o carvão ou a energia nuclear não se prestam a rápidas e frequentes entradas e saídas de operação. Estes fatos precisam ser levados em consideração porque podem gerar situações onde os fornecedores acabam por pagar para escoar o excesso de produção. Neste momento pode ser mais econômico pagar para os consumidores aumentarem o seu consumo (utilizando tarifas negativas) do que enfrentar custos mais altos pelo desequilíbrio na rede, ou custos imprevistos para interromper a produção. Como exemplo podemos citar a geração eólica alemã. Recentemente os fornecedores alemães exportaram energia para países vizinhos com preços negativos. Uma alternativa poderia ter sido utilizar estes custos para compensar consumidores locais para aumentar temporariamente a sua demanda. Esta abordagem oposta à restrição da demanda é conhecida como “enchimento do vale” e foi empregada recentemente pelo WPD⁵

O Gerenciamento de Cargas Industriais pode gerenciar uma parcela da volatilidade da demanda nos consumidores. Entretanto, isso só será válido se os benefícios superarem os custos.

A implementação prática desta abordagem será discutida posteriormente neste documento, mas em termos gerais, o conceito é o seguinte: Se o consumo de cargas elétricas pode acontecer em outro instante (anterior ou posterior) sem prejuízos para os custos com a mão de obra, qualidade, prazo de entrega etc., as empresas poderão normalmente assumir esta mudança no momento em que ocorrerá o consumo de energia. Ao fazê-lo, elas poderão receber uma compensação superior aos custos desta alteração.

O conceito de GC representa uma situação benéfica para as duas partes envolvidas se houver chance de sucesso em longo prazo. Ao lado dos benefícios financeiros, o GC e a flexibilização do fornecimento de energia podem ser benéficos para o meio ambiente. Isto inclui evitar a entrada em operação de usinas com suas emissões, ao mesmo tempo em que aumenta a eficiência das usinas já em operação.

Um exemplo recente são as tarifas de reequilíbrio projetadas na Bélgica para o inverno de 2015/2016. Devido a diversas questões, várias usinas nucleares belgas foram desativadas, sem certeza se retornarão a produzir. Como resultado, a garantia de fornecimento esteve em risco durante certo número limitado de horas durante as quais a interconexão com outros países poderia não ser suficiente para cobrir o que deixou de ser produzido e atender a demanda. Assumindo o pior cenário possível de limitada oferta e demanda extrema associada a um inverno severo, Operadores das Linhas de transmissão (OLTs) agiram de forma proativa e aumentaram os preços de reequilíbrio naquele inverno para €4500,00/MHh no momento em que a certeza do fornecimento estaria em risco⁶.

Comparado aos contratos com preços padrão em torno de € 40,00/MWh, faz muito sentido para os fornecedores incentivarem seus clientes a reduzir seu consumo durante estes momentos com o objetivo de evitar punições por desequilíbrios. Ao mesmo tempo, grandes consumidores expostos aos mercados *spot e imbalance* podem vislumbrar a obtenção de ganhos significativos por alterações em seu consumo durante estes momentos e a venda parte seu consumo contratado de volta para o mercado. Consumidores menores, cuja capacidade de flexibilização não é suficiente significativa para ter qualquer efeito prático sobre o desequilíbrio na rede, podem vender sua flexibilidade para agentes agregadores que atuam na Resposta da Demanda que formarão uma

carteira de pequenas cargas flexíveis tornando-as um conjunto maior com mais atratividade para um fornecedor de energia ou um OLT.

INTRODUÇÃO ÀS TARIFAS DE ELETRICIDADE

COMPONENTES DA FATURA DE ENERGIA

É amplamente reconhecido que a fatura relacionada ao consumo industrial de eletricidade é mais complexa em muitos países europeus. Em muitos casos, a fatura pode ser dividida em três componentes principais. Um dos principais objetivos do GC é impactar um ou mais dos seguintes componentes da fatura.

- Energia (relacionada ao total da energia consumida);
- Cobranças pela transmissão e distribuição da energia;
- Taxas e impostos.

Os valores existentes na fatura de energia para cada um destes três componentes são geralmente relacionados à quantidade de energia consumida, as características da conexão com a rede (alta, média ou baixa tensão, por exemplo), a localização da instalação e a demanda máxima em um determinado período pré-estipulado. Deve-se notar que a importância de cada um destes fatores varia consideravelmente de um país para outro.

COMPONENTE CONSUMO

Em muitos países europeus, o componente energia, que representa o total da energia consumida em um período, é o elemento mais importante que pode ser negociado bilateralmente entre o consumidor e seus fornecedores. Negociações tendem a se concentrar sobre o preço e a estrutura dos contratos. A componente energia pode ser um meio de valorizar o GC, dependente da estrutura contratual. Entretanto nem todos os consumidores tem um contrato que os permita se envolverem com o GC de maneira lucrativa. Alguns contratos estabelecem um preço fixo ou um preço que é calculado com base no preço spot médio mensal ou anual. Se o preço pago é o mesmo em qualquer horário não existirão incentivos para modificar os padrões de consumo, e não haverá como o GC ser proveitoso.

O grau de exposição de um cliente aos preços de mercado pode variar, mas estão alinhados na maioria dos países europeus.

Uma visão geral do potencial de GC em função do contrato de eletricidade é fornecido no gráfico abaixo (Figura 1):

Load management potential for different types of electricity contracts

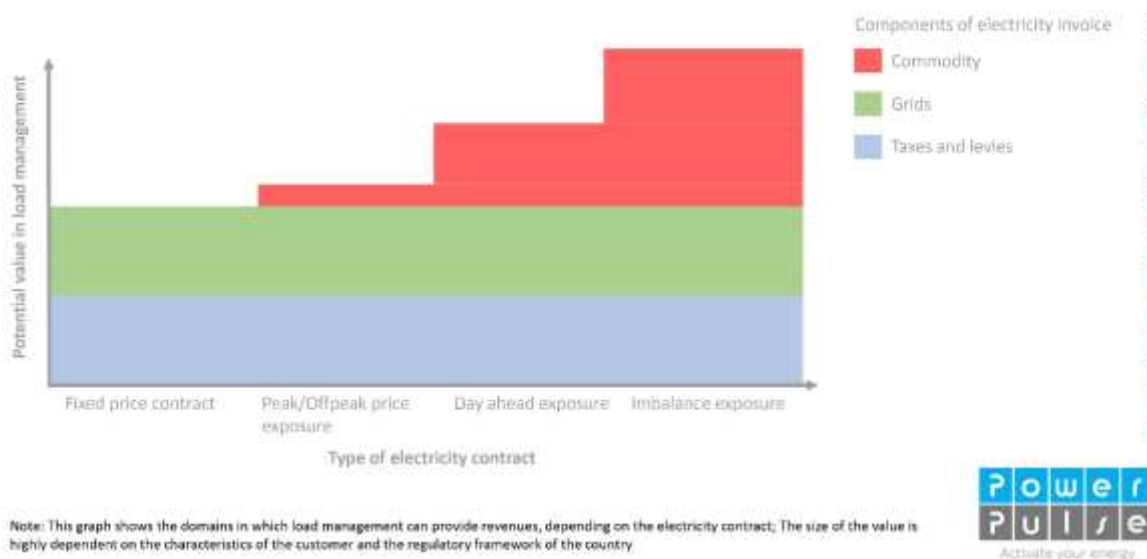


Figura 1 – Potencial de Gerenciamento de Carga para diferentes tipos de contrato de eletricidade.

Components of electricity invoice – Componentes da fatura de energia elétrica

Commodity – Energia consumida

Grids – Redes de transmissão e distribuição

Taxes and levies – Taxas e impostos

Potential value in load management – Potencial para o gerenciamento de carga

Fixed price contract – Contrato com preço fixo

Peak/ Offpeak price exposure – Exposição aos preços no pico e fora do pico

Day ahead exposure - Exposição ao mercado diário

Imbalance exposure – Exposição ao desequilíbrio

Type of electricity contract – Tipos de contratos de eletricidade

Uma possibilidade de ter acesso aos diferentes mercados e seus preços reside em ter contratos nos quais o consumo fora dos horários de pico (geralmente fins de semana e períodos noturnos) é tarifado em valores diferentes daqueles praticados nos horários de pico. Esta é a maneira mais comum de utilizar o potencial do GC, embora os resultados obtidos pelos contratos que utilizam desta forma o GC também sejam os mais baixos.

Um outro tipo de contrato que possibilita a utilização do GC no componente energia envolve a exposição do consumidor ao preço horário diário. Neste tipo de contrato os níveis de consumo para cada horário são tarifados ao preço correspondente no mercado de energia. O cálculo para esta tarifa é feito automaticamente pelo fornecedor de eletricidade e não requer esforço adicional de parte do consumidor. Preços diários existem na

maioria dos países da EU (União Europeia), e os preços são publicados no dia anterior ao fornecimento. Isto significa que alterações de carga podem ser planejadas com várias horas de antecedência.

A última possibilidade de valorização do GC através do componente energia da fatura é a exposição do consumidor ao mercado que opera em tempo real. Em muitos países este é o mercado em desequilíbrio. Este mercado é organizado de forma diferente em cada país, mas geralmente envolve maior volatilidade de preços do que o mercado diário. Pela necessidade da tomada de decisões muito rapidamente, isto significa em minutos, este mercado geralmente só é acessível para um pequeno número de usuários industriais que implementam respostas automatizadas às sinalizações de preço nestes mercados que funcionam em tempo real.

Ter uma exposição ao preço do diário é um pré-requisito para este tipo de contrato. Além disso também é necessário realizar previsões diárias de consumo para ter a possibilidade de acessar o mercado em tempo real.

O valor da alteração da carga no componente energia da fatura é em grande parte determinado pela volatilidade de preços. Esta volatilidade de preços corresponde à diferença de preços entre as diferentes horas do dia, dos dias da semana e/ou dos períodos do ano. Se a volatilidade de preços é suficientemente alta, os clientes podem gerar valor ao adaptar os níveis de consumo aos níveis de preços. É esperado um aumento na volatilidade de preços em muitos países europeus nos próximos anos como consequência do aumento da presença de formas de energia renováveis com suas características de intermitência. Quando forem avaliar os investimentos na sua capacidade de GC, a maior dificuldade para as empresas será avaliar corretamente os riscos relacionados a este aumento na volatilidade dos preços.

Em alguns países é possível para usuários da rede participar também de forma ativa no mercado balanceado ou de reserva. O consumidor de energia estará efetivamente se comprometendo com o operador da rede para mudar seus níveis de consumo sempre que um sinal for enviado para ele. Uma reserva de energia tem enorme diferença de características de um país para outro. Em alguns países diversas reservas de energia estão disponíveis para os consumidores finais, com diferentes características relacionadas ao tempo de resposta, número máximo de vezes em que podem ser utilizadas por período e o tempo total em que podem ser utilizadas dentro deste mesmo período.

Os clientes são remunerados com base na disponibilidade da capacidade oferecida pelo operador da rede (EUR/MW), podendo esta remuneração ser complementada por uma taxa de ativação (EUR/MWh). As diferentes opções são discutidas em maiores detalhes no capítulo **Valorização da flexibilidade no mercado de energia** neste **Guia de Aplicação**

COMPONENTE DA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO

Diferente do componente energia, as tarifas da rede de transmissão e distribuição são calculadas de forma muito diferentes entre os países europeus. O cálculo das tarifas da transmissão e da distribuição são baseadas principalmente em dois componentes principais, o componente demanda e o componente energia. O mapa abaixo mostra a importância do componente demanda na média das tarifas de transmissão entre os países europeus.

- O componente demanda é baseado geralmente em um ou mais dos seguintes elementos: pico de demanda (MW) estabelecido, características da conexão com a rede ou demanda máxima contratada.
- O componente energia é diretamente relacionado a quantidade de energia (MWh) que está sendo consumida

Pode-se notar que nos países do noroeste da Europa o componente da demanda é em geral um elemento mais importante da tarifa de transmissão do que nos países do sudeste europeu. A tendência atual dentro da estrutura tarifária das OLTs e EDs é enfatizar no componente da demanda. Isto acontece devido a crescente penetração de energia renováveis que são geradas localmente, levando a níveis mais baixos de consumo da rede. Uma

metodologia baseada na demanda parece em geral refletir melhor os custos que os operadores da rede estão enfrentando.

Como o mapa na figura 2, abaixo, mostra, existem significativas diferenças na proporcionalidade das tarifas de transmissão dentro da conta de energia. Estas diferenças são baseadas, principalmente, no marco regulatório dentro do qual as OLTs determinam as suas tarifas. Apesar de nem todas as diferenças poderem ser explicadas analiticamente, elas parecem ter se desenvolvido ao longo da história, frequentemente alinhadas com os níveis de liberalização do mercado. Muitos dos países que aparecem em escuro no mapa abaixo representam mercados altamente liberalizados com altos níveis de liquidez. Nestes países, o mercado regulador tende a valorizar os componentes da demanda por ser ele o componente do custo com maior representatividade.

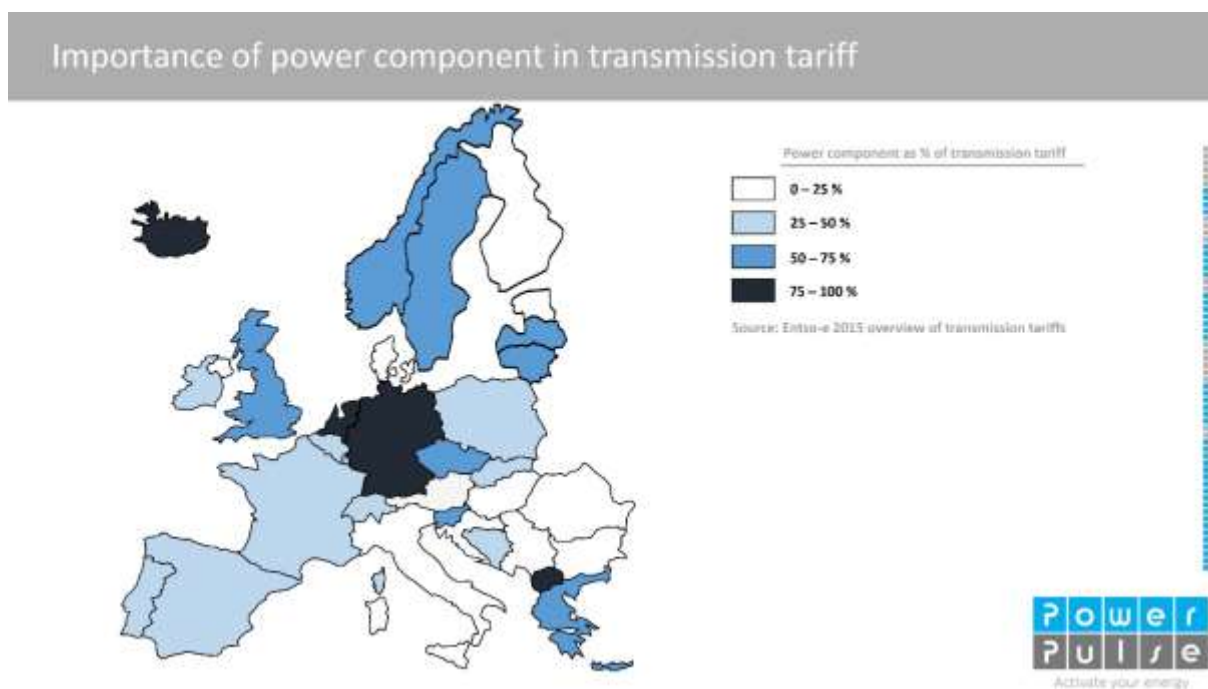


Figura 2 – Importância do componente da demanda na tarifa de transmissão

Metodologias baseadas na demanda tipicamente incentivam ações de GC relacionadas à restrição no pico de demanda e alterações no padrão de consumo, permitindo aos consumidores evitar as altas taxas relacionadas a um elevado consumo. Além disso, eles podem evitar taxas relacionadas à ultrapassagem da demanda máxima contratada com o OLT. Se os picos de demanda são particularmente bem gerenciados é possível algumas vezes economizar pela redução da demanda contratada.

Metodologias tarifárias baseadas em demanda podem ter um impacto negativo na lucratividade de certos tipos de alteração de carga. Se os preços da energia encorajarem um consumo adicional durante certo período do dia, isto pode resultar em picos de consumo neste período. Sistemas de monitoramento de pico podem possibilitar que ações de GC que foram feitas com o objetivo de otimizar os preços da energia sejam superadas, eliminando então os riscos dos efeitos negativos de ações de alterações de carga. Isto mostra que metodologias tarifárias relativas à demanda podem significar barreiras para alterações no consumo motivadas pelo preço da energia.

Outros modelos de tarifas de transmissão e distribuição podem reduzir parcialmente estas barreiras. Isto é alcançado através de métodos de tarifação da demanda baseadas no período de utilização. Nesta abordagem,

as tarifas de transmissão e distribuição são mais baixas durante os períodos de baixa demanda na rede. Isto pode ser feito através da especificação de períodos fixos; como, por exemplo, através do cálculo do pico de consumo apenas durante o período novembro a março e somente entre as 17 horas e 20 horas. Isto desincentiva o consumo durante as noites de inverno e não pune os altos picos de consumo em outros períodos do ano. Outros modelos aplicam princípios mais dinâmicos de sazonalidade definindo outros períodos de pico, em função da disponibilidade de energias renováveis ou através do pico de demanda da rede.

COMPONENTE TAXAS, INCENTIVOS E IMPOSTOS

O componente relacionado às taxas, incentivos e impostos, tais como certificados verdes é o componente mais fragmentado da Europa. Alguns países têm sido muito criativos em adicionar taxas específicas na fatura de energia. Mesmo dentro de um mesmo país, algumas províncias ou regiões tem suas próprias taxas diferentes de outros locais.

Devido a diversidade entre países, este documento não entrará em detalhes sobre oportunidades de GC através das tarifas, incentivos e impostos existentes na fatura de energia.

Um caso pode servir de exemplo para ilustrar este ponto. Na Bélgica as usinas combinadas de geração de calor e energia elétrica (UGCE) recebem certificados relacionados a sua produção. UGCE podem reduzir sua produção quando os preços da eletricidade estão muito baixos, e importar eletricidade mais barata da rede enquanto produz vapor com caldeiras reservas. Entretanto os certificados das UGCE não estão relacionados ao preço da energia válido no momento da geração da eletricidade. Dado que estes certificados geram um significativo fluxo de receitas, alterações na carga baseados no preço da energia são significativamente reduzidas. A Europa está agora tomando medidas para assegurar que os mercados dos preços diários nunca estejam abaixo de 0 EUR/MWh.

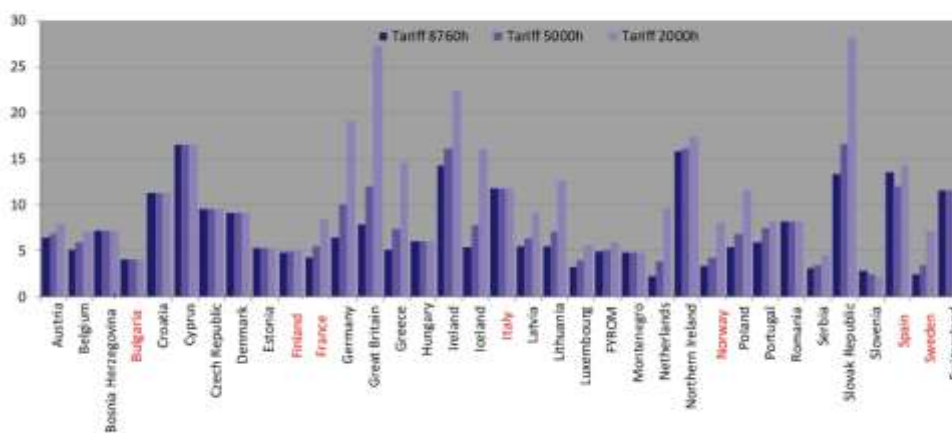
INTERFERÊNCIA ENTRE OS COMPONENTES DA TARIFA

Dependendo da situação específica de cada país, podem existir interferências entre os diferentes componentes da fatura de energia elétrica. Se as ações de GC são direcionadas para um único componente da fatura, o seu impacto nos outros componentes deve ser monitorado. O impacto das tarifas de transmissão baseados na demanda sobre o GC foi mencionado anteriormente. Um outro exemplo concreto é relacionado ao tempo de utilização dos consumidores. O gráfico a seguir mostra que em alguns países europeus, os custos de transmissão são determinados com base no tempo em que a energia é utilizada. O tempo de utilização é utilizado como um indicador de quão estável é o consumo, particularmente em relação à sua base. O cálculo é feito, frequentemente, pela divisão da quantidade total de energia consumida durante um ano (MWh) pela demanda máxima (MW). O resultado é um número hipotético de horas nas quais ocorre a demanda máxima. Quanto mais alto for este número, mais estável é considerado o consumo e mais baixos serão os custos de transmissão (EUR/MWh).

O gráfico abaixo (Figura 3) ilustra as diferenças na Europa, com uma grande presença do tempo de utilização em países como a Eslováquia, Reino Unido e Alemanha.

Differentiation of transmission tariffs based on utilization time

EUR/MWh transmission costs



Source: Entso-e 2015 overview of transmission tariffs



Figura 3 – Diferenciação das tarifas de transmissão

A utilização de medidas de GC tem grande influência na utilização do tempo de utilização no processo de consumo de energia. Em períodos onde o preço da eletricidade é baixo (ou até mesmo negativo), a utilização do GC pode levar ao aumento do consumo, por exemplo elevando o consumo planejado para se beneficiar destes baixos preços. Entretanto, esta atitude pode elevar o consumo anual de energia, o que levará a redução do tempo de utilização neste ano. Como resultado final, a economia inicial pela redução do preço da energia pode resultar em tarifas de transmissão mais altas. Um análise de perdas e ganhos deve verificar se a economia obtida pelo GC é maior do que o custo adicional da transmissão devido a redução do tempo de utilização.

Numa perspectiva mais positiva, a restrição na demanda como medida de GC tem o objetivo de reduzir o pico de demanda. Isso levará ao aumento do número de horas no cálculo do tempo de utilização, com o potencial de reduzir os custos de transmissão. Outras considerações e influências mútuas entre os componentes da fatura de energia existem nos países europeus.

OTIMIZAÇÃO DO PERFIL DA CARGA

A FASE DE PROJETO DA LINHA DE PRODUÇÃO

Muitas empresas têm implementado algum nível de GC sem, de fato, defini-lo como tal. Apesar de tudo, nem todos os equipamentos elétricos são operados simultaneamente em sua carga máxima. Na realidade, a soma da potência de todos os equipamentos elétricos é frequentemente superior à capacidade da entrada de energia. Durante a fase de projeto, os engenheiros calcularão o consumo esperado das novas instalações e seus equipamentos, estimando o tempo de utilização, períodos de funcionamento, simultaneidade de cargas etc. Dependendo destes resultados eles podem optar por diferentes tecnologias para evitar sobrecarregar as instalações elétricas, ou determinar o aumento da entrada de energia. Como mencionado anteriormente, o primeiro objetivo do GC é assegurar a segurança no fornecimento de energia. Se estes princípios não forem seguidos e não existirem sistemas na instalação para monitorar e controlar a demanda, existirá um risco de sobrecarga na entrada de energia. Neste caso o relé de sobrecorrente do disjuntor de entrada atuará, resultando na interrupção do fornecimento de energia.

Mesmo esta forma elementar de GC ilustra a necessidade da compreensão do fluxo de energia através da instalação. Quanto mais detalhado for o monitoramento do consumo, menor será a necessidade de previsões e talvez menores sejam as margens de segurança estimadas no projeto. Quanto maior for o conhecimento sobre as características do consumo, mais fácil será relacionar este consumo às atividades e processos da empresa. Isto permitirá uma melhor previsão do consumo como resultado do planejamento das atividades da empresa.

Estimativas realísticas de consumo baseadas na experiência ou em medições durante determinado período são utilizadas no lugar de informações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos. Um nível básico de GC pode envolver o emprego de CLPs para calcular as correntes nos circuitos e a disponibilidade de energia para cargas adicionais. Para este cálculo, dados sobre o consumo podem ser obtidos de equipamentos automatizados como os sistemas de iluminação, temperatura e aquecimento elétrico, inversores de frequência de bombas, compressores e ventiladores. Adicionalmente a estes dados em tempo real, uma margem de segurança, baseada em valores calculados, pode ser incluída para atender consumidores não automatizados ou não monitorados.

Como exemplo, podemos apresentar uma instalação industrial cuja expansão planejada requer o aumento da potência dos transformadores para 23MW. Dado que a capacidade de fornecimento da rede é limitada a apenas 4,3 MVA, a reação inicial foi solicitar um aumento na capacidade de fornecimento desta rede. Entretanto, esta solicitação foi negada pelo OLT devido a inexistência de capacidade adicional disponível na sua linha. Ao mesmo tempo, a potência disponível neste ponto específico do sistema nunca havia se aproximado do seu limite e uma expansão de sua capacidade era considerada desnecessária.

Com o objetivo de garantir a segurança do fornecimento, os engenheiros determinam níveis de prioridade para as várias atividades utilizando equipamentos automatizados. Um CLP calcula o consumo de corrente através de dados obtidos em tempo real de todos os consumidores automatizados, incluindo seus acionamentos. O consumo calculado é comparado ao consumo total, medido na entrada de energia, e novamente comparado agora à capacidade desta entrada. As diferenças obtidas entre estes valores são indicativas do consumo dos componentes da instalação menos significativos e não automatizados e das perdas de energia na instalação. Para estes elementos é reservada então uma quantidade realista de energia (neste caso, por exemplo, 0,5MVA) que não estará disponível para aqueles sistemas que são automatizados e monitorados. Através da operação o sistema monitora o consumo total e o visualiza através de códigos de cores. O verde significa consumo total abaixo de 3 MVA, sem restrição operacional. Laranja indica consumo total entre 3 e 3,5 MVA, o que significa a não existência de liberdade ilimitada para aumento do consumo de energia. Vermelho, a última cor, é acionada quando a demanda total ultrapassa 3,5 MVA. Neste ponto, o sistema irá rejeitar cargas adicionais em função das expectativas de carga e prioridades de operação. Se cargas altamente prioritárias, grandes consumidoras de

energia, necessitem entrar em operação, outras cargas menos prioritárias serão retiradas de operação automaticamente.

Este exemplo básico de GC foi implementado com o único objetivo de segurança no fornecimento, entretanto esta abordagem serve igualmente bem para evitar exceder a demanda máxima contratada, mesmo se ainda estiver disponível capacidade instalada mais do que suficiente para este fornecimento. Empresas procurando implementar o GC para otimizar os contratos de energia e valorizar sua flexibilidade de demanda no mercado de energia necessitarão adquirir uma visão muito mais detalhada do seu consumo de energia. O monitoramento em tempo real e o bom gerenciamento do consumo de energia se provará essencial para estas empresas.

OTIMIZAÇÃO DO MONITORAMENTO DE ENERGIA

Como mencionado anteriormente, neste guia de aplicação e no guia de aplicação **Energy Management**⁷, a compreensão leva ao aprimoramento. Uma boa auditoria de energia identificará desperdícios e as possibilidades de melhorias que podem necessitar investimentos. Mas uma auditoria de energia é apenas um retrato da situação e pode não ser representativo para as operações ao longo do ano. Para uma visão sempre atualizada as empresas necessitam utilizar o monitoramento da energia e o seu adequado gerenciamento.

Empresas podem adquirir uma visão real de quanta energia é utilizada pelos seus vários equipamentos e processos através do monitoramento das suas instalações. A quantidade consumida pode ser obviamente traduzida em custo, e ao relacionar dados da produção com dados de consumo de energia, modelos de custos mais precisos podem ser desenvolvidos. Enquanto o monitoramento em si não economiza energia, a compreensão obtida através do monitoramento normalmente leva à economia de energia. Como resultado ficará evidente que certos equipamentos estarão desperdiçando energia. Da mesma forma se tornará mais fácil calcular a economia realizada ao investir-se em equipamentos de maior eficiência energética. Por empreender medidas de eficiência energética a base do consumo pode ser reduzida. Geralmente o mesmo é válido para os picos de demanda.

O resultado mais importante obtido pelo monitoramento e gerenciamento da energia em relação ao GC é a compreensão da quantidade de energia realmente utilizada pelos vários processos e atividades, e então ter a capacidade de prever com precisão quanta energia será consumida em determinado instante em função do planejamento da produção.

OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

Uma vez existindo uma compreensão clara do consumo de energia relacionado às atividades na empresa é importante identificar que cargas são flexíveis e quais não são. Cargas flexíveis são aquelas que podem sofrer alteração no período em que são utilizadas, ou podem ser aumentadas, reduzidas ou interrompidas sem afetar a qualidade do produto final ou a segurança do processo de produção. Indústrias químicas, por exemplo, podem ter processos de produção que não podem ser interrompidos devido às medidas de segurança. É possível que o início do processo possa ser alterado, mas o processo em si pode oferecer possibilidades limitadas, ou inexistentes, de otimização. Na indústria alimentícia, alimentos cozidos podem necessitar serem resfriados rapidamente. Devido aos regulamentos de segurança não existe flexibilidade em desacelerar o processo de resfriamento para economizar energia. Por outro lado, frigoríficos representam um segmento que tipicamente possui um significativo nível de flexibilidade. Graças à inércia térmica de um armazém cheio de produtos congelados essas instalações usualmente possuem horas de flexibilidade para acionar seus sistemas de resfriamento, tanto quanto as temperaturas nas câmeras frigoríficas permanecem dentro de valores aceitáveis.

Em processos de produção contínuos variações de tempo são, logicamente falando, menos relevantes (não parando totalmente o processo), mas a flexibilidade será provavelmente obtida pela modulação da carga, mudança de configurações etc. Em algumas indústrias, diferentes formas de energia são utilizadas para produzir

calor e as empresas podem mudar do uso do gás natural ou diesel para eletricidade e vice-versa, dependendo do preço de cada combustível. Alguns processos podem levar mais tempo para reduzir o seu consumo. Outros processos, como a produção do aço ou eletrolises, podem até mesmo ser interrompidos sem significativas considerações sobre qualidade, segurança e economia. Outros processos contínuos, como a produção de vidro, não podem ser interrompidos sem causar consideráveis custos de manutenção para as suas instalações.

Na produção por lotes o tempo é parte inerente ao processo, com uma partida e parada para cada lote. Alterar os períodos de produção dos lotes é relativamente fácil, ao menos teoricamente. O gerenciamento de carga na produção por lotes pode procurar evitar a simultaneidade do pico de demanda dos vários processos de produção de cada um destes lotes. Alinhado ao conceito de gerenciamento de energia, as diferentes etapas no processo podem ser analisadas pelo seu perfil de carga podendo levar a mudanças no processo ou no tamanho dos lotes. Se os processos de configuração, início e interrupção da produção destes lotes consomem muita energia poderá fazer mais sentido aumentar o tamanho dos lotes.

Enquanto considerações técnicas e de segurança ajudam a determinar se a flexibilização é ou não possível, outros elementos devem ser investigados para determinar se a flexibilidade pode ser ou não lucrativa. A maneira ótima de trabalhar em termos de flexibilidade deve ser comparada à maneira usual, não somente em termos de consumo esperado de energia e seus custos relacionados, mas também levando em consideração custos operacionais planejados (OPEX) para mão de obra, perda de matéria prima e custo de oportunidade, em termos de bens não produzidos e aumento no prazo de fornecimento etc.

Somente uma análise apropriada do ciclo de vida pode ajudar a identificar as melhores medidas a serem empregadas com o objetivo de manter o balanço da rede.

TIPOS DE GERENCIAMENTO DE CARGA / FLEXIBILIDADE NA PRODUÇÃO

O mapeamento das características dos processos produtivos é essencial. Para o GC os limites de cada processo determinarão o potencial de flexibilidade. Para isso será importante obter os seguintes parâmetros:

- **Custo marginal de ativação:** Custos para reduzir a produção com o objetivo de limitar a demanda de energia elétrica. Indústrias que produzem bens de alto valor tem menor interesse na flexibilização do consumo se este resultar em menor volume de bens produzidos. É fundamental que o retorno obtido pela flexibilização seja superior aos custos potenciais relacionados a redução da quantidade de bens produzidos. Nem todas as empresas são necessariamente afetadas pelas perdas de produção. Quando a produção é apenas atrasada por mudanças no consumo o custo marginal para implantação da flexibilização é drasticamente reduzido.
- **Capacidade de armazenamento e estoques:** O custo marginal para a flexibilização pode ser muito baixo caso existam estoques ou capacidade de armazenagem dentro do processo de produção. Isto reduz os riscos da perda da produção, já que ela pode ser redirecionada graças à armazenagem e aos estoques.
- **Tempo de reação:** O tempo necessário para ativar ou desativar um processo depois que um sinal é enviado. A velocidade de ativação é um parâmetro importante para avaliação do valor da flexibilização. Processos que podem ser flexibilizados em segundos são elegíveis como primeira ou segunda opção para entrar em espera. Enquanto processos mais lentos são excluídos da flexibilização.
- **Duração máxima:** O tempo máximo que um processo pode ser flexibilizado durante um ciclo de ativação. Este período pode variar de minutos até horas.
- **Frequência:** O número de vezes que um processo pode ser flexibilizado em um período de tempo. Se a flexibilização pode ocorrer apenas em períodos muito espaçados, ela tipicamente possui um baixo valor neste caso.
- **Quantidade flexibilizada:** A quantidade flexibilizada pode ser importante quando uma determinada quantidade de energia necessita ser direcionada para um processo específico. No passado esta era a

barreira mais importante na flexibilidade de uma indústria. Atualmente agentes podem produzir grandes quantidades de energia através da reunião de menores consumidores finais.

- Impacto técnico no processo: O impacto da flexibilização do consumo no processo total de produção necessita ser avaliado em detalhes. Certas questões devem ser levadas em conta no custo marginal da flexibilização. Isso inclui a flexibilização de subprocessos que possam resultar em gargalos para o processo total.

No mapa abaixo (Figura 4-6) é fornecida uma visão geral sobre ações comuns de GC. São fornecidos exemplos de processos que podem beneficiar cada tipo de GC, com suas vantagens e desvantagens. O eixo X no gráfico representa as horas do dia, enquanto o eixo Y representa a demanda do consumidor final (MW). Um resumo das diferentes ações de GC mostra:

- Restrição do pico de demanda: Reduzir o pico da demanda é, principalmente, uma iniciativa do próprio consumidor, já que fatores do mercado de energia tem pouca, ou nenhuma influência neste processo. Ações sobre o pico da demanda são direcionadas para a redução dos custos relacionados a ele, frequentemente influenciando as tarifas de transmissão e distribuição. Os fornecedores normalmente atribuem um valor para o pico de demanda do consumidor. Se este valor está sendo alcançado, um alarme ou ações pré-determinadas são empregados para evitar que ele seja atingido.
- Alterações na carga: Os preços de mercado ou a necessidade da redução do pico de demanda levam à modificação do padrão de consumo relacionado ao planejamento da produção. Mudanças de períodos de produção repentinos podem não funcionar para processos que operam na sua carga máxima. Alterações na carga funcionam melhor para processos envolvendo cargas que variam ou a produção de lotes.

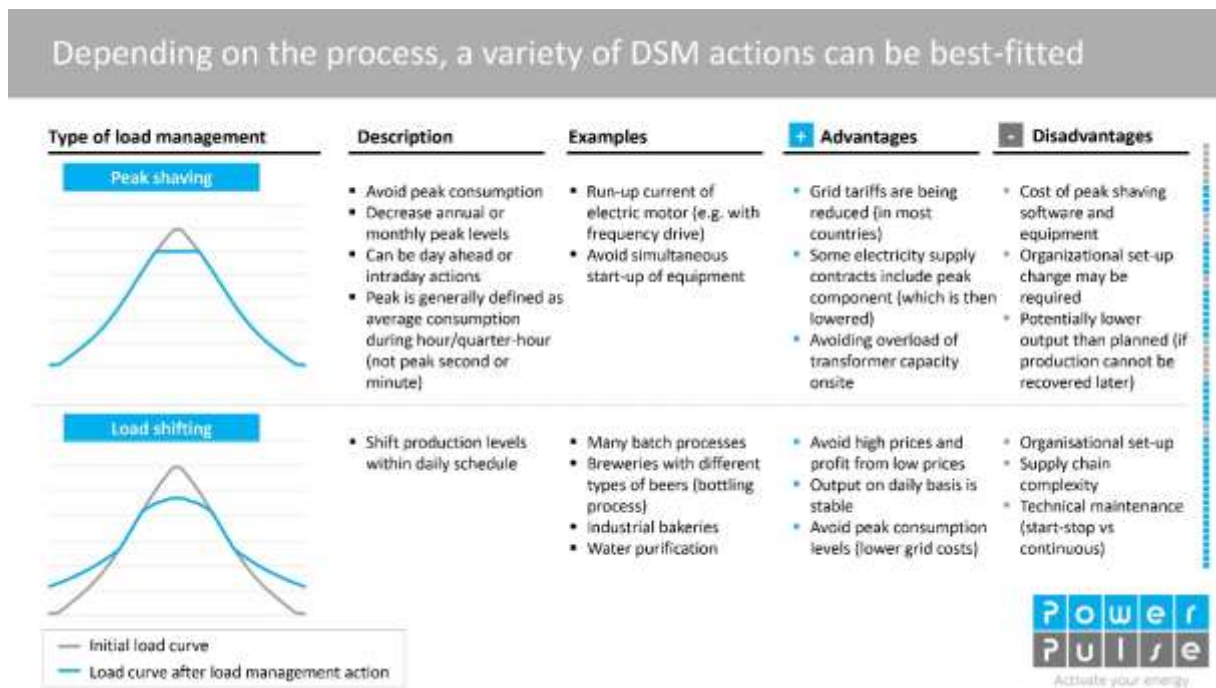


Figura 4 – Restrição do pico de demanda e alteração de carga.

- Redução da carga: A redução do nível de consumo é uma forma de flexibilização que geralmente é utilizada em períodos com grande alta no preço da energia. O aumento do custo da energia pode levar a perdas financeiras ao produzir ou, caso as encomendas sejam baixas, pode-se decidir pelo melhor momento em produzir para atender estes pedidos. A produção nos dias em que os preços da energia

estão elevados pode ser transferida para os dias em que ele se encontra mais baixo, tais como fins de semana.

- Aumento da carga: Aumentar o nível de consumo é o oposto ao item anterior. Empresas podem escolher produzir mais unidades em dias em que os preços da energia são menores se existem poucas encomendas em sua carteira ou seus estoques são elevados.
- Alterar o nível de consumo: Aumentar os níveis de consumo é uma estratégia de flexibilização na qual a redução dos preços da energia são um incentivo para o aumento da produção. Esta é uma possibilidade para empresas capazes de estocarem seus produtos. Empresas sem esta capacidade irão optar por alterar o período de consumo mais do que alterar sua base.

Depending on the process, a variety of DSM actions can be best-fitted




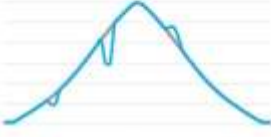
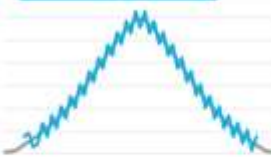
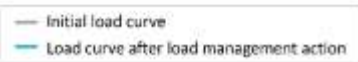
| Type of load management | Description | Examples | Advantages | Disadvantages |
|---|--|---|--|---|
| Load reduction  | <ul style="list-style-type: none"> • Continuously reduce consumption level for at least a day (driven by a trigger, e.g. price) • Not through energy efficiency measures | <ul style="list-style-type: none"> • Shutting down one of the production lines (e.g. paper mill with different production lines) | <ul style="list-style-type: none"> • Avoid being exposed to high average daily price levels (e.g. cold winter days) | <ul style="list-style-type: none"> • Organisational (FTE and planning flexibility required) • Supply chain: output level uncertain |
| Load increase  | <ul style="list-style-type: none"> • Continuously increase consumption level for at least a day (driven by a trigger, e.g. price) | <ul style="list-style-type: none"> • Starting additional production lines • Overdimensioned industrial gases | <ul style="list-style-type: none"> • Profit from low prices (e.g. weekends) | <ul style="list-style-type: none"> • Organisational (FTE and planning flexibility required) • Supply chain: output level uncertain • Potentially higher peak consumption (could result in additional grid costs) |
| Base load lifting  | <ul style="list-style-type: none"> • Increase consumption at times of low prices for additional consumption • Mostly day ahead planned • In reality most companies will apply load shifting instead of base load shifting | <ul style="list-style-type: none"> • Ice banks with large buffer capacity • Pumped storage | <ul style="list-style-type: none"> • Lower average power prices | <ul style="list-style-type: none"> • Overproduction • No bottlenecks should be in place to deal with excessive production levels • Supply chain and marketing needs to be adapted |

Figura 5 – Redução de carga, aumento da carga e alteração do nível de consumo.

- Modulação do perfil de consumo: Empresas expostas a preços em tempo real, com processos flexíveis podem aproveitar períodos de preços baixos para aumentar a sua produção. Processos flexíveis com exposição, ou os períodos de aumento de preços para reduzi-la. Os operadores devem monitorar os mercados que operam em tempo real para reagirem com a rapidez necessária. A cultura da empresa e os indicadores de desempenho (KPI, Key Performance Indicator) normalmente precisam ser adaptados para a empresa atuar dentro destes parâmetros.
- Ultra modulação do perfil de consumo: Processos muito flexíveis podem superar os benefícios da modulação do perfil de consumo, indo muito além dele, ao responder automaticamente a qualquer variação no preço da energia no mercado em tempo real. Esta atuação resultará em menores variações na produção. Se as empresas escolherem oferecer uma reserva para a OLTs, o seu perfil de consumo resultará muito semelhante ao das empresas que optarem pela simples modulação do perfil do consumo, já que frequentemente o controle será automaticamente alterado.

Depending on the process, a variety of DSM actions can be best-fitted

| Type load management (real-time) | Description | Examples | + Advantages | - Disadvantages |
|---|---|--|--|--|
| <p>Ripple-shaped profile</p>  | <ul style="list-style-type: none"> Variable load changes Generally used to react in real-time to intraday or imbalance prices Duration of DSM action can vary depending on prices | <ul style="list-style-type: none"> Electrolysis CHP unit | <ul style="list-style-type: none"> Peaks and lows in intraday prices are used to reduce overall energy purchasing costs | <ul style="list-style-type: none"> Output of product is uncertain in planning (output level is not absolute priority, e.g. due to buffer availability) |
| <p>Saw-shaped profile</p>  | <ul style="list-style-type: none"> Repeated up/down (or start/stop) variations of processes for short durations Generally used to react in real-time to intraday or imbalance prices R1 product could show a similar profile | <ul style="list-style-type: none"> Battery charging Cooling / Freezers Electric ovens Warm water boilers | <ul style="list-style-type: none"> All variations in intraday prices are used to lower overall purchasing costs Overall output is known in planning (can be balanced on daily basis) | <ul style="list-style-type: none"> Limitations are set by characteristics of the process Software for automation required (start-stop vs continuous) |






Figura 6 – Modulação de perfil de consumo e ultra modulação do perfil de consumo.

Exemplos concretos de alteração de carga e ultra modulação do perfil de consumo serão apresentados a seguir.

EXEMPLOS PRÁTICOS: MUDANÇA DE CONSUMO NO AVAC

Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (AVAC) são sistemas que normalmente oferecem um potencial de GC de aproximadamente 1/3 do consumo de prédios comerciais. Ajustar a temperatura ou desligar totalmente o ar-condicionado pode oferecer uma redução significativa do consumo. Entretanto, deve ser garantido o conforto dos usuários destes prédios em todo momento. Embora a temperatura possa estar um pouco fora do ideal, a qualidade do ar nunca poderá estar comprometida.

Em consumidores industriais que utilizam AVAC, o setor frigorífico tem sido muito ativo no GC. Vários fatores contribuem para o sucesso do GC neste setor. Em primeiro lugar existem poucos, se existem, processos de produção complicados, apenas a refrigeração da edificação e a manutenção dos produtos em seu interior dentro de determinada faixa de temperatura. Em função das margens de temperatura em que estes produtos podem ser armazenados e as condições de conservação de temperatura criadas por um isolamento eficiente, existe nesta situação um enorme potencial para alteração no consumo de energia por ser possível desligar os compressores e ventiladores responsáveis pela refrigeração. Quanto maior for a faixa de temperatura para conservação dos produtos e a margem de segurança, maior será a flexibilidade disponível. Empresas alimentícias especializadas em bens congelados tipicamente têm um alto nível de flexibilidade no perfil de demanda.

Empresas mais passivas neste segmento tendem a selecionar reservas terciárias (também conhecidas como reservas de segurança) como uma maneira de valorizar a sua flexibilidade. Nesta perspectiva, eles recebem um valor fixo do OLT ou de um agente por optar por reduzir sua demanda várias vezes por ano. A redução no consumo de eletricidade não comprometerá a qualidade dos produtos congelados desde que suas instalações estejam bem isoladas e os produtos possuam uma margem de temperatura. Esta é uma das maneiras mais acessíveis das empresas valorizarem a flexibilidade por possibilitar remuneração fixa e muito pouco investimento

adicional, além do dispositivo para controlar a demanda. Como a energia não consumida é frequentemente compensada após o início da flexibilização, este processo pode ser considerado uma alteração do consumo.

O gráfico a seguir (Figura 7) apresenta um exemplo de um frigorífico que estava enfrentando altos custos com o consumo de energia, além de multas por constantemente ultrapassar a demanda contratada. Isto acontecia principalmente por picos de demanda simultâneos das instalações frigoríficas, devido ao ciclo de descongelamento das câmaras frigoríficas e o resfriamento dos caminhões frigoríficos durante o dia.

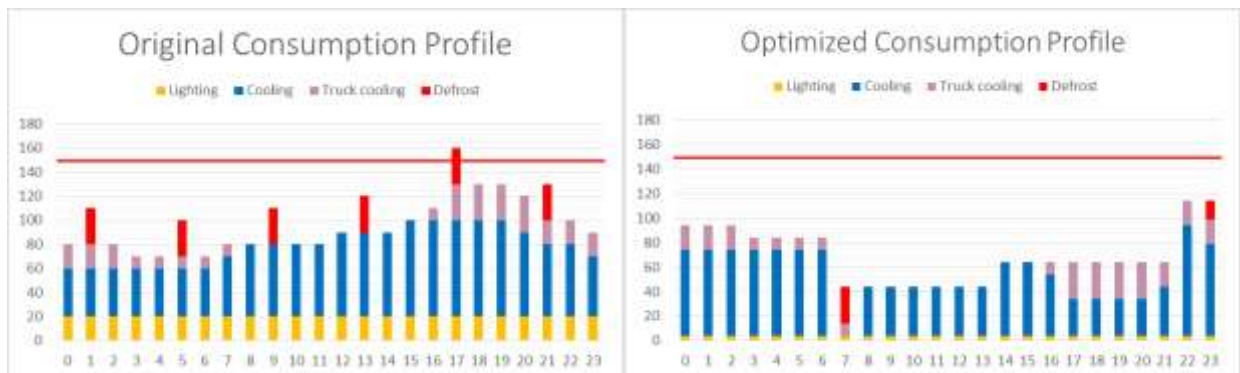


Figura 7. Otimização do perfil de consumo do frigorífico.

Ao substituir as antigas lâmpadas de descarga por lâmpadas LED com alta eficiência, e instalar detectores de presença para acioná-las, as empresas conseguiram reduzir em 80% a base de consumo. Isto também reduziu o calor gerado pela iluminação, reduzindo ainda mais a base do consumo.

Um investimento adicional permitiu aumentar a eficiência do processo de descongelamento dos refrigeradores reduzindo o consumo e o pico de demanda.

Finalmente, ao aplicar medidas para controlar a sua demanda, a empresa conseguiu modificar o seu consumo nos horários de pico de demanda, aproveitando ao máximo a faixa de temperatura aceitável para os seus produtos, como mostrado no perfil de temperatura abaixo.

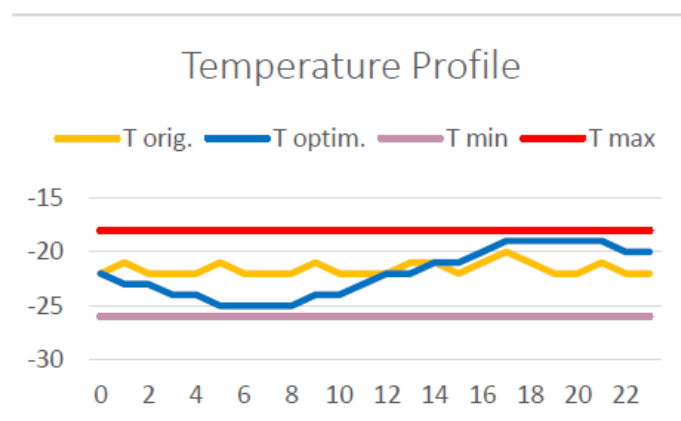


Figura 8. Perfil da temperatura antes e após a otimização do consumo.

Ao adotar estas iniciativas, o sistema de refrigeração pode operar consumindo muito menos energia quando seus caminhões frigoríficos retornavam de suas atividades diárias e necessitavam novamente ter suas

temperaturas reduzidas para valores operacionais pré-determinados. Todas estas ações combinadas resultaram em menor consumo total, eliminação das multas por ultrapassagem da demanda contratada e um perfil de consumo mais homogêneo e econômico. Ao mesmo tempo, o perfil de consumo do frigorífico agora oferecia ainda maior flexibilidade que poderia ser valorizada através de agentes de comercialização de energia.

Existem outras empresas no setor de produtos ultracongelados que vão além e atuam de uma forma proativa em seu gerenciamento de demanda. Elas compram energia no mercado diário baseados em suas expectativas de qual deve ser o mais baixo custo-hora. A partir daí, elas concentram seu processo de resfriamento durante estas horas, evitando resfriar produtos durante as horas com energia mais cara. Algumas empresas chegam ao ponto de alterar suas compras de energia no mercado diário ao reagir à volatilidade de preços no mercado em tempo real. Se as alterações de preço são elevadas, estas empresas reduzem seu consumo em relação ao que foi planejado no mercado diário, revendendo assim uma parte da quantidade de energia adquirida no mercado diário para o mercado em desequilíbrio, se este desequilíbrio de preços for elevado.

Por outro lado, estas empresas consomem quantidades adicionais de energia quando os preços em desequilíbrio estão baixos. Esta é tipicamente a forma mais valorizada de monetizar a flexibilidade, com a desvantagem que é necessária uma atuação mais proativa. O perfil resultante é, frequentemente, semelhante a um perfil modulado ou ultra modulado quando este processo é automatizado e todos os picos e vales de demanda são valorizados. Neste caso, os mercados de energia precisam ser seguidos em tempo real e as faixas de temperatura respeitadas para não danificar os bens que estão sendo conservados. Os custos com eletricidade representam grande parte dos custos totais das empresas deste segmento, algumas vezes representando mais de um terço dos custos totais. Portanto, este é um setor que está na vanguarda da utilização da flexibilidade inerente ao seu processo produtivo.

EXEMPLOS PRÁTICOS: QUESTÕES RELATIVAS À AUTOMATIZAÇÃO DO NIVELAMENTO DO PICO DE DEMANDA

Nivelar o pico de demanda é atualmente uma forma muito utilizada de consumidores industriais gerenciarem o seu consumo. Ele é usualmente utilizado com o objetivo de reduzir os custos de transmissão e distribuição, já que esta parcela da fatura total de energia é comumente baseada no mais alto valor da demanda em certo período de tempo (normalmente um mês ou um ano). Este tipo de GC (nivelamento de pico) é baseado unicamente em fatores internos do processo dos consumidores, sem levar em conta elementos de preços de mercado. Consumidores podem definir um nível máximo de carga. Quando a carga estiver se aproximando deste nível máximo, um sinal de alarme pode ser dado para os funcionários responsáveis pelas operações. Além disso, também é possível gerenciar de forma intencional sobre as instalações, por exemplo, interrompendo subprocessos não essenciais com o objetivo de evitar exceder o nível de carga pré-definido. O princípio do gerenciamento ativo é frequentemente integrado a partida de um motor elétrico, como por exemplo, em um inversor de frequência.

Implementar o nivelamento do pico de demanda vai muito além de simplesmente desligar algum equipamento com o objetivo de alcançar algum objetivo financeiro.

A primeira prioridade deve ser sempre a segurança: Pode um equipamento ou um processo ser desligado ou interrompido imediatamente ou é necessário um processo de interrupção? Da mesma maneira são necessárias outras ações, possivelmente através de um operador, antes que as operações sejam reiniciadas? Se o equipamento pode partir sem intervenção humana, isto pode acontecer sem criar algum risco para as pessoas trabalhando no local?

Outras considerações incluem a qualidade do produto e desperdícios. Interromper a produção afeta a qualidade, e ao afetar gera desperdícios desnecessários? A interrupção gerará uma necessidade adicional de matéria prima durante seu reinício? Quais serão os custos relacionados? Qual o impacto sobre a manutenção? Frequentes

interrupções/reinícios aumentam o desgaste dos equipamentos e reduzem a sua vida útil? Haverá um aumento dos cuidados com manutenção? Se a produção for desacelerada, ou mesmo paralisada, isto causará gargalos em todo o processo e influenciará o prazo de entrega?

Estas são questões de considerável importância que necessitam ser consideradas na avaliação dos potenciais benefícios desta abordagem do GC.

GERAÇÃO LOCAL DE ELETRICIDADE E OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO PRÓPRIO

Muitas empresas têm investido na geração própria de energia de forma local e descentralizada, empregando diferentes tecnologias. Geradores à diesel são adquiridos junto com sistemas UPS para fornecer suficiente energia em caso de blackout. Estes sistemas podem ser dimensionados para garantir uma desaceleração controlada de processos essenciais, com especial atenção para as questões de segurança. Alguns sistemas podem até mesmo oferecer suficiente capacidade redundante para manter todas as instalações funcionando o tempo que for necessário.

Outras tecnologias como plantas CHP, são normalmente parte da instalação e fornecem parte ou toda a eletricidade necessária. Finalmente, muitas empresas têm investido em instalações de energia renováveis, como será discutido abaixo.

O consumo de energia na mesma instalação onde ela é produzida resulta geralmente em uma vantagem. Menores custos com tarifas e a própria rede são obtidos quando a energia é produzida e consumida no mesmo local. Esta situação é oposta a injetar a energia produzida na rede e importa-la na mesma quantidade pela rede posteriormente. Com o objetivo de obter a máxima vantagem em que o RES ou CHP podem oferecer, é geralmente rentável consumir o máximo da energia produzida localmente. O GC é essencial na obtenção deste resultado. Além disso, custos adicionais podem ser evitados se o pico de consumo ocorre quando a eletricidade está sendo gerada localmente. Estes picos de consumo neste caso então serão parcialmente compensados pela própria produção local, e irão resultar em um nível inferior ao que aconteceria caso fontes renováveis não fossem empregadas. Isto possibilita a redução dos custos com a rede relacionados aos picos de consumo. A nota de aplicação **Wind Powered Industrial Process**⁸ investiga como é possível obter o máximo benefício do consumo da própria energia eólica gerada localmente.

Empresas investem em sistemas de geração de energia porque eles reduzem custos e porque eles reduzem riscos. Entretanto, muitas empresas têm ainda a total compreensão que estes sistemas oferecem também oportunidades para geração de retorno. Geradores à diesel usados para backup necessitam manutenção e frequentemente necessitam serem testados. Durante tais testes, irão funcionar ao menos por uma hora, produzindo então a eletricidade que será consumida pela própria instalação. Em muitos casos estes testes são programados de acordo com um calendário pré-fixado, por exemplo, toda primeira segunda-feira do mês. Neste caso o diesel será o combustível utilizado para gerar eletricidade consumida na instalação, seja ou não a eletricidade fornecida pela rede mais barata naquele momento. Se os testes dos geradores acontecem no momento de altos picos de demanda, a empresa pode se beneficiar dos preços spot ou imbalance mais altos ao vender de volta ao mercado parte da energia contratada que está sendo produzida pelos seus próprios geradores. Tais ações podem ser automatizadas através de um algoritmo fornecido por um integrador externo, incluindo, entre outros, um agente agregador de resposta. (Figura 9).

Simplified overview of technical set-up: data flows (illustrative)

Overview of data flows via a power optimization algorithm that runs on external servers

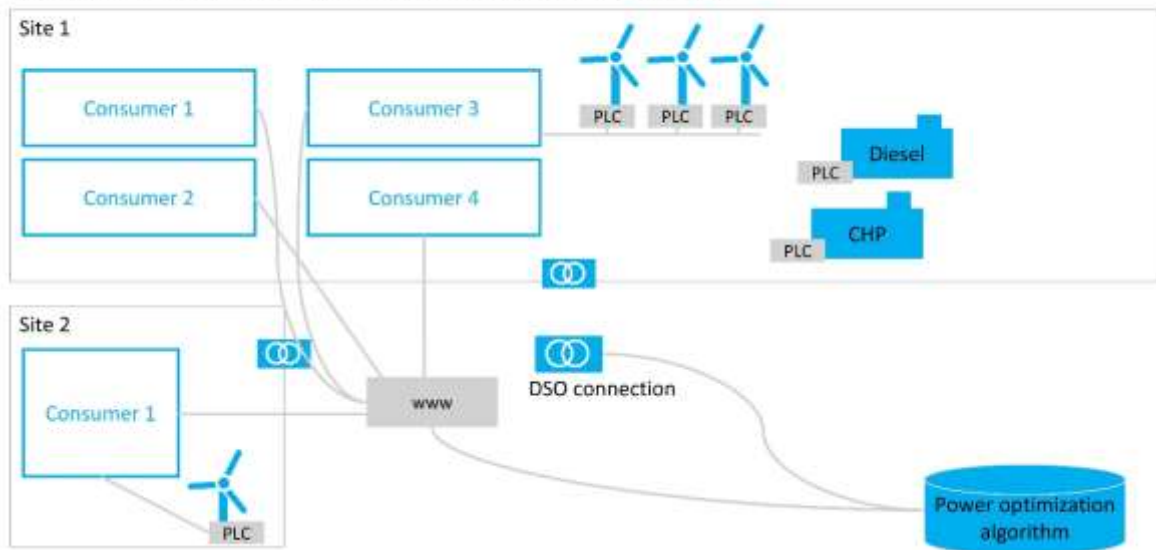


Figura 9 – Esquema técnico simplificado de set-up: Fluxo de dados (ilustrativo).

IMPACTO DOS SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEIS (SER)

Uma das aplicações domésticas mais comuns de energias renováveis é a energia solar fotovoltaica (FV). Infelizmente, muito desta energia não pode ser consumida no seu local de produção, pela simples razão que o sol brilha apenas durante o dia, quando muitas pessoas estão no trabalho. Como resultado, somente uma parcela desta energia produzida é autoconsumida, enquanto o restante é injetado na rede. Muitas casas de fato estão utilizando a rede como uma bateria virtual.

Entretanto, isto aumenta a complexidade do equilíbrio da rede devido a maior ou menor intermitência da produção de energia FV. Nuvens podem cobrir não apenas uma unidade FV, mas inclusive todas as instalações FV de uma determinada região ao mesmo tempo de maneira que a ausência de vento pode afetar a geração eólica. Entretanto, novas soluções, como o Tesla Powerwall, sinalizam novas direções para um armazenamento descentralizado.

Estes sistemas podem não apenas serem utilizados para armazenar energia renovável, evitando injetar energia na rede, mas podem também se abastecer da energia da rede durante períodos fora do pico, retornando esta energia nos horários de pico a tarifas mais atraentes, aliviando a rede quando ela é mais exigida.

Estas mesmas considerações são válidas em aplicações industriais, mas em maior escala. Certamente é verdade que a energia renovável para aplicações industriais acontece em maior escala e diversidade tecnológica do que em uma escala residencial. Enquanto a energia fotovoltaica pode representar um importante papel nas indústrias, atualmente a maior fonte de energia para elas vem da geração eólica. Para aplicações industriais existe ainda um enorme potencial para as fontes renováveis de energia térmica, incluindo térmica solar, geotérmica e o biogás. Algumas destas tecnologias térmicas podem reduzir o consumo de eletricidade de caldeiras, sistemas de aquecimento etc., mas será mais comum seu uso para substituir (ou reduzir) o uso de combustível fóssil. Em alguns casos, entretanto, tecnologias térmicas renováveis podem fornecer não só calor, mas eletricidade e até mesmo resfriamento.

TENDÊNCIAS NO ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

O armazenamento de energia pode ser um meio eficiente de absorver as diferenças do dia a dia causadas pela intermitência das fontes de energia renováveis. Entretanto, esta tecnologia não pode ainda lidar com diferenças sazonais na disponibilidade de energias renováveis. A experiência comercial, atualmente, para a maioria dos projetos de armazenagem de energia baseada na arbitragem entre menores e maiores preços de energia-hora mostram retorno negativo. Isto é causado, entre outras razões, pelo repasse de valores fora ou abaixo do pico nos mercados da Europa ocidental atualmente com excesso de oferta. No momento, a diferença de preço entre períodos de eletricidade cara, quando os sistemas de armazenagem são usados para fornecer energia adicional é geralmente baixa. O mercado americano, entretanto, está mostrando sinais de um maior potencial para o armazenamento de energia baseado em baterias em grande escala ⁹.

Certas situações de consumo, entretanto, podem representar uma possibilidade de negócios positiva. Alguns consumidores têm sobre dimensionado a capacidade de geração de energia renovável em suas instalações. Se estes consumidores enfrentarem altos preços e tarifas de eletricidade fornecida pela rede, armazenar eletricidade para posterior consumo pode gerar maiores benefícios.

Devido a experiência comercial negativa de muitos projetos novos de armazenagem, subsídios estão sendo considerados em alguns países, enquanto em outros, incluindo a Bélgica, tarifas específicas incluídas na rede estão sendo consideradas para o armazenamento. Também a arbitragem de energia é apenas um dos vários meios de valorização. Existem atualmente modelos de negócios rentáveis baseados na participação em múltiplos mercados, notadamente para FCR (reserva primária) ¹⁰. Ao mesmo tempo, avanços tecnológicos nas baterias, assim como os efeitos da economia de escala, podem significar um ponto de inflexão para a tecnologia das baterias. Na mega fábrica da Tesla, atualmente em construção, é esperada dobrar a produção anual de baterias de íons de lítio, o que pode ajudar diminuir os custos dos projetos de armazenamento.

Levando-se em conta o aumento continuado na produção de energia renovável, incluindo os planos da China para triplicar sua capacidade de energia solar até 2020 chegando até 143GW¹¹, o interesse em armazenamento de energia e seu papel em otimizar o GC é esperado aumentar.

VALORIZAÇÃO DA FLEXIBILIDADE NO MERCADO DE ENERGIA

DR NA EUROPA HOJE

Até recentemente, reserva de produtos e atividades de balanço eram, tipicamente, um domínio dos geradores de energia. Estes serviços eram frequentemente impostos pela lei. O único gerenciamento pelo lado da demanda veio de contratos de ininterruptibilidade, que eram disponíveis para grandes clientes industriais e que possibilitavam um limitado número de ativações. A maioria dos grandes consumidores estavam expostos a produtos mais do que a preços hora-hora. Isto deixou muitos usuários finais sem qualquer incentivo ou possibilidade prática para aplicar o GC para comodite ou objetivo de reserva.

Existem várias maneiras de valorizar a flexibilidade. Mas estejamos conscientes que eles diferem de país para país. Como exemplo, as diferentes formas de valorizar a flexibilidade no mercado belga são retratadas na figura abaixo.

Mercados de troca negociada fornecem alavancas para flexibilidade para o dia seguinte ou no mesmo dia. Usuários industriais podem comprar e vender eletricidade e ajustar preços máximos e mínimos através de uma plataforma de mercado. No mercado do dia seguinte, os participantes descobrem um equivalente no caso da sua proposta ser igualada em um acerto de contas. Um cliente industrial pode, por exemplo, ajustar um preço máximo, significando que se o preço subir acima deste valor, a indústria não irá mais consumir uma parcela da sua previsão inicial. O mercado diário é baseado na comercialização contínua com um nível de liquidez muito inferior do que o do mercado do dia seguinte. Atualmente, muito poucos consumidores industriais tem acesso ao mercado diário.

Acordos bilaterais também são mencionados como um modo de valorizar a flexibilidade. Este é um canal utilizado mais comumente por serviços de utilidade pública do que consumidores industriais. Isto engloba uma grande variedade de contratos que duas partes podem concordar, o que pode significar uma forma de comercialização padrão ou fora de padrão.

Interações OLT fornecem uma maneira importante para valorizar a flexibilidade. Produtos reserva são abertos para usuários finais industriais. Reservas terciárias requerem a menor velocidade de reação quando comparado às mais rápidas reservas primárias e secundárias. O mercado em desequilíbrio é um meio para usuários finais reagirem aos sinais de preço no mercado em equilíbrio. Os preços no mercado em desequilíbrio são geralmente relacionados aos custos de ativação que TSOS pagam por ativar seus volumes de reserva.

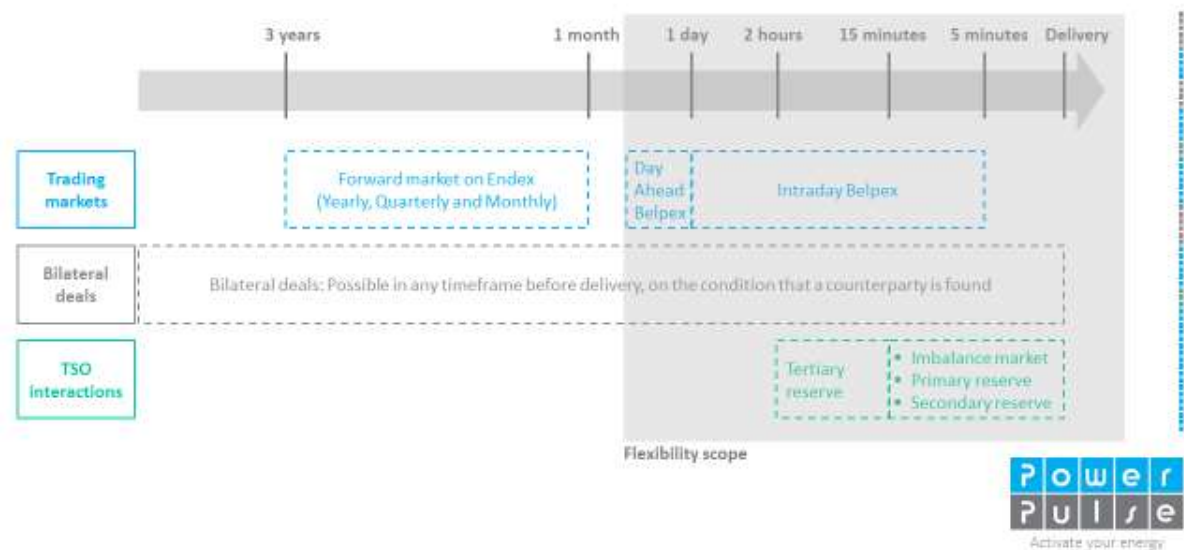


Figura 10 – Exemplo – Como fornecer eletricidade e valorizar a flexibilidade na Bélgica.

Duas importantes tendências têm tomado lugar em anos recentes que tem aumentado a viabilidade comercial do GC:

- O aumento da exposição a variações de preço através do dia e semana tem ajudado a criar o incentivo para reagir aos preços extremos ou mudanças de carga de blocos de tempo caros para blocos de tempo mais baratos. Uma nascente tendência é o acesso de consumidores industriais ao tão chamado limite de ordens nos mercados do dia seguinte. Isto possibilita clientes para, por exemplo, definir um preço máximo no qual o consumo pode ser reduzido para um nível mais baixo.
- O surgimento de agentes tem providenciado acesso a mercados por grupos muito maiores de consumidores finais em mercados da Europa ocidental. Estes agregadores tipicamente constroem um portfólio de flexibilidade consistindo de vários usuários finais com diferentes características. Agregadores, conseqüentemente, oferecem este portfólio de uma forma agregada para operadores de transmissão em leilões em reserva ou em balanço. Geralmente, agregadores pegam uma parcela de receitas contratualmente acertadas entre eles e os consumidores.

Atuais opções de reserva de energia têm limitado ainda mais o número de ativações, sendo a principal exceção a reserva primária, que é ativada regularmente. Medidas adicionais necessitarão ser feitas para acomodar futuros sistemas de energia com uma presença crescente de fontes de energia renováveis com um maior grau de intermitência no seu fornecimento. Os futuros sistemas necessitarão um maior equilíbrio diário, e ao longo de maiores períodos, na demanda. As atuais opções de reserva de energia não foram desenvolvidas com este objetivo; elas atendem apenas reduções esporádicas na demanda. Mercados de energia operando em tempo real também podem desempenhar um importante papel neste caso, com a demanda reagindo à oscilações de curta duração em relação aos preços, absorvendo assim variações na rede.

As características e limitações deste processo podem ser atendidas através das características de cada forma de reserva de energia. São feitas aqui duas formas importantes de valorizar a flexibilidade: formas de reserva de energia e mercados de eletricidade.

Reservas de energia têm características com grande variação de país para país, mas com sinais de convergência na Europa Ocidental. Consumidores podem participar diretamente nos leilões de reserva organizados pelos

operadores de linhas de transmissão ou escolher participar através de um agente que concentre uma carteira de consumidores.

Uma típica ruptura de diferentes opções de reserva de energia nos países europeus inclui:

- FCR (R1): Reserva de contenção de frequência (formalmente a reserva primária)
 - Necessária uma resposta automática e em tempo muito curto (segundos)
- AFFR (R2): Reserva de restabelecimento frequente e automático (formalmente reserva secundária)
 - Necessária uma resposta rápida (minutos)
- MFFR e RR: Reserva de restabelecimento frequente e reserva de reposição (formalmente reserva terciária)
 - Opção de reserva de energia de tempo de resposta mais lento com tempo de reação variando e em geral com maior período de ativação.

Reservas de reposição são gerenciadas no chamado mercado de equilíbrio, na base de considerações econômicas e aspectos técnicos. É comum a participação da demanda nestes mercados embora não em todos os países. Usualmente apenas a energia fornecida é remunerada.

FCR e FRR possuem exigências mais rigorosas. A energia disponibilizada é frequentemente remunerada (capacidade de pagamento) da mesma forma que a energia de fato fornecida. A participação do componente demanda nestas reservas normalmente não é permitida. Entretanto, novas alterações neste mercado devem sistematicamente permitir a participação dos consumidores.

Ao lado das opções de reserva de energia, a flexibilidade também pode ser valorizada através de diferentes mercados na condição de que o consumidor tenha a correta exposição contratual. Os mercados de eletricidade mais importantes que valorizam a flexibilidade são os mercados diários e o de tempo real.

Os prós e os contras de opções de reserva versus mecanismos de mercado são resumidos no quadro a seguir (Figura 11).

Opções de reserva tendem a sofrer maiores exigências em relação à flexibilidade das suas instalações durante o período de contrato, para permitir aumentar ou reduzir seus níveis de consumo sempre que o OLT solicitar. A disponibilidade destes níveis de consumo é essencial e o não atendimento a solicitações de alterações geralmente resulta em penalidades. Como exemplo, quando um consumidor industrial concorda em providenciar uma reserva primária para o OLT utilizando uma instalação para eletrólise durante um mês, punições são tipicamente impostas quando esta eletrólise não estiver operando durante este período. A vantagem das opções de reserva é que elas correspondem a uma remuneração fixa, assumindo a total disponibilidade das instalações.

Por outro lado, as opções de mercado não garantem normalmente uma quantia fixa pela flexibilidade porque a variação no preço commodity não é uma certeza. Remunerações mensais obtidas pela valorização da flexibilidade podem ser ainda mais variáveis. A vantagem das soluções do mercado de energia é que os clientes finais somente fazem uso delas quando suas instalações estão disponíveis para utilizá-las. Dado que as mais importantes flexibilidades baseadas no mercado estão no mercado diário ou em tempo real, a disponibilidade da maioria das instalações deve ser avaliada precisamente.

| | Reserve mechanisms | Market solutions |
|---|---|--|
| + | <ul style="list-style-type: none"> • Guaranteed minimum income • Limited number of activations • TSO provides signal for activation | <ul style="list-style-type: none"> • Full control over process • Number of activations decided by customer based on availability • No risk of fines • Potential for high revenues when processes are very flexible |
| - | <ul style="list-style-type: none"> • Lower control over processes • Fines when not adhering to signals • Same revenues for all levels of flexibilities | <ul style="list-style-type: none"> • No guaranteed minimum income • Price signals need to be closely monitored • Real-time prices hard to anticipate |



Figure 11 – Vantagens e desvantagens do mecanismo de reserva e mercado.

CONCLUSÃO

Gerenciamento de Carga (GC), como discutido nesta nota de aplicação, é a prática de ajustar ativamente o consumo de eletricidade em comparação ao que foi originalmente planejado. A justificativa mais importante para empregar o GC é o gerenciamento de risco relacionado ao balanço da rede.

No nível micro (i.e. para uma única instalação comercial), o GC é implantado pelo consumidor para manter a demanda de energia abaixo da máxima capacidade disponível na instalação. Esta medida evita os riscos de um desligamento na instalação e assegura a confiabilidade do fornecimento. Ele é também utilizado para evitar penalidades pela ultrapassagem da demanda de pico contratual.

Enquanto a entrada de energia da instalação foi projetada para alimentar uma determinada carga, a sua demanda pode aumentar ao longo do tempo. Tal crescimento pode levar a disponibilidade de energia a um ponto onde o consumidor não pode mais operar como desejado, devido a limitação no fornecimento de energia. Neste ponto, o consumidor necessitará decidir entre comprimir a demanda (limitando a sua operação) ou aumentar a sua capacidade de receber energia para atender a suas operações como desejado.

Quando escolher limitar a demanda, o consumidor irá aplicar técnicas tais como redução da demanda de pico e mudança de cargas para manter a demanda abaixo dos limites críticos de capacidade. Fazer isso pode requerer investimentos para automatizar as cargas, monitorando e gerenciando consumidores individuais. Ao mesmo tempo, podem ser considerados os custos de oportunidade para reduzir ou alterar a produção. A alternativa apresentada para a redução da demanda é o aumento da capacidade de fornecimento. Nesta opção, frequentemente, recairá investimentos significativos, em termos de prazo e de recursos financeiros. Sem perder de vista que tal aumento de capacidade terá impacto nos contratos de fornecimento de eletricidade com custos nas etapas de transmissão e na distribuição.

O exposto acima nos traz a segunda razão para implantarmos o GC: economizar dinheiro. Cada consumidor tem um contrato com um fornecedor que estipula “uma certa” previsão de quantidade esperada de consumo durante um determinado período. O fornecedor tem a responsabilidade de garantir o balanço da rede entre toda a sua carteira de clientes. Cada consumidor adicionado a esta carteira pode adicionar ou reduzir o risco para o fornecedor, com base em seu perfil de consumo. Quanto mais previsível e estável o perfil de consumo do consumidor, mais baixo será o risco para o fornecedor. **Um consumidor com a capacidade de otimizar seu perfil de consumo por fazê-lo mais previsível e por reduzir a variação entre a base e o pico de carga, estará em uma posição mais favorável para negociar contratos mais vantajosos em comparação com consumidores cujo consumo é totalmente imprevisível.**

Um consumidor que pode gerenciar seu perfil de consumo de forma apropriada terá também mais capacidade de otimizar seu consumo de energias renováveis produzidas localmente. Por ter uma clara compreensão de seus perfis de consumo e produção, um consumidor pode escolher carregar as baterias das suas empilhadeiras, por exemplo, aos sábados e domingos, usando a disponibilidade de energia fotovoltaica durante estes dias, ao invés de carregá-las sexta-feira à tarde, durante a demanda de pico. Ao mesmo tempo, tal consumidor terá menos probabilidade de requerer investimentos significativos no aumento da capacidade de fornecimento, que poderá não ser utilizado em todo o seu potencial e que, por sua vez, pode levar a cobranças desnecessárias baseadas, entre outras coisas, no tempo de utilização.

Uma terceira e mais avançada razão para implementar o GC é gerar ganhos ao valorizar a flexibilidade do seu consumo. Consumidores podem ser pagos tanto por reduzir seu consumo ou mesmo produzir em momentos de alta demanda, quanto por aumentar seu consumo em momentos de baixa demanda. Dependendo dos acordos com outros agentes da cadeia de fornecimento, consumidores podem até serem pagos por ter flexibilidades disponíveis quando solicitados, mesmo que nunca sejam chamados a utilizar esta flexibilidade.

Para todas as partes envolvidas, tudo converge para qual ação é mais valiosa. Em resumo, o que poupa ou gera mais dinheiro: começar uma nova planta versus pagar consumidores para reduzir seu consumo. Custo de oportunidade por reduzir o consumo versus penalidades por máxima produção etc.

Para o consumidor, a principal questão é realmente como começar com o Gerenciamento de Carga.

O pré-requisito número um para o GC é ter uma compreensão apropriada do consumo de eletricidade local. Uma empresa necessita compreender, com um alto grau de confiança, quais instalações consomem tal quantidade de energia, quando e por quê? Tipicamente tal compreensão é obtida através de uma auditoria de energia e pela implementação de um sistema de monitoramento temporário (ou ainda melhor, permanente). O primeiro resultado desta auditoria e ação de monitoramento é, provavelmente, um aumento na eficiência energética das suas instalações. Além de tudo, auditorias energéticas possibilitam a identificação de desperdícios de energia. Investimentos no aumento da eficiência energética como mudanças na iluminação, utilização de inversores de frequência, motores mais eficientes e eliminação de vazamentos em compressores de ar, não reduzem apenas o consumo total de energia, mas frequentemente também aumentam a capacidade em controlar e gerenciar o consumo total. Outro benefício em aumentar a precisão no perfil energético é que isso, frequentemente, leva a uma compreensão adicional que traz benefícios secundários em termos de eficiência operacional. Para informações adicionais com respeito à auditoria e gerenciamento de energia, confira: **Energy Efficiency Self-Assessment in Industry** e **Energy Management Application Notes** ou contrate um consultor especializado em auditoria de energia.

O segundo passo é levar esta compreensão dentro do perfil de consumo para identificar que cargas oferecem flexibilidade. A parte crucial é identificar quais cargas são críticas em função de horários (i.e se podem ou não ter seu horário de utilização alterada) ou se a própria carga em si, e seu consumo, de energia pode ser reduzida ou aumentada. A seguir, alguém necessitará investigar o tempo necessário para que certa carga possa ser ajustada para sua flexibilização. Dependendo deste tempo de reação, a carga pode oferecer para uma primária, secundária ou terciária reserva de produção. Ao mesmo tempo, é necessário conhecer as restrições existentes nesta mudança de horários de utilização. Em alguns casos pode existir um impacto direto nos custos de mão de obra (i.e., tempo ocioso para os trabalhadores) enquanto em outros casos pode existir restrições regulatórias (por exemplo, temperatura máxima em frigoríficos). Todas estas informações podem ser utilizadas para formar um portfólio de flexibilidade. Para maiores informações nas auditorias de flexibilidade, confira a seção **Flexibility Audit** na **Wind Powered Industrial Process** ¹⁴ **Application Note** ou contrate um consultor especializado em auditorias de flexibilização ou contratos de energia.

Uma vez alcançada a compreensão no perfil de consumo e o potencial de flexibilização tenha sido mapeado, o passo seguinte é investigar o potencial do GC dentro do contexto dos atuais contratos de fornecimento de energia. A alta direção necessita compreender os preços atuais da fatura de energia divididos entre consumo, tarifas para a transmissão e distribuição (T&D), impostos e penalidades etc., baseados no perfil de consumo e habilidade para prever de forma correta o consumo, a metodologia de compra e o prazo (por exemplo, um contrato de três anos com volume anual versus um contrato diário) necessitará ser revisto. Uma empresa que é muito direcionada pelo seu orçamento pode preferir uma metodologia de longo prazo, substituindo retornos de curto prazo em benefício de uma estabilidade em longo prazo. Tais empresas podem se beneficiar ao vender sua flexibilidade para um agente agregador de demanda de resposta. Outras podem escolher uma abordagem muito mais ativa, embora de mais curto prazo, em termos de compra de contratos e vendas de flexibilidade de volta para o mercado. De toda a forma sempre será um exercício de avaliação entre potenciais de retorno versus custos e riscos de oportunidade.

Uma vez tomados os primeiros passos através do Gerenciamento de Carga, consumidores começarão a incluir requisitos de GC na fase de projeto de novos empreendimentos, assim como dentro do planejamento da produção, manutenção etc. Com o tempo o GC se tornará uma parte integrante da operação e do gerenciamento

de risco, possibilitando aos consumidores de energia não só poupar recursos financeiros em sua conta de energia, mas gerar receitas adicionais por gerenciar seu consumo de uma forma mais inteligente e eficiente.

REFERÊNCIAS

- 1 - https://en.wikipedia.org/wiki/National_Energy_Conservation_Policy_Act
- 2 - https://en.wikipedia.org/wiki/2006_European_blackout
- 3 - http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Topical%20Reports/REN21_10yr.pdf
- 4 - <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-14/fossil-fuels-just-lost-the-race-against-renewables>
- 5 - <http://theenergyst.com/western-power-distribution-ramps-up-demand-response-trials-calls-for-participants/>
- 6 - http://www.elia.be/~media/files/Elia/users-group/Taskforce%20Strat%20Reserve/Winter_2015-2016/SFR_werkingsregels-voor-strategische-reserve_03-2015.pdf (page 41)
- 7 - http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/cu0218_an_energy_management_v1.pdf
- 8 - <http://www.leonardo-energy.org/good-practice-guide/wind-powered-industrial-processes>
- 9 - <http://www.foxbusiness.com/markets/2016/09/27/tesla-batteries-to-help-water-utility-save-more-than-500000-annually.html>
- 10 - <http://www.yunicos.com>
- 11 - <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-03-21/china-to-more-than-triple-solar-power-capacity-in-five-years>
- 12 - <http://www.leonardo-energy.org/good-practice-guide/energy-efficiency-self-assessment-industry>
- 13 - <http://www.leonardo-energy.org/good-practice-guide/energy-management>
- 14 - <http://www.leonardo-energy.org/good-practice-guide/wind-powered-industrial-processes>