

## REFRIGERAÇÃO SUPERA VERÃO QUENTE

Independente dos registros de temperaturas altas em todo país, a refrigeração industrial é capaz de preservar alimentos.

A cadeia do frio para a indústria alimentícia é, sem dúvidas, uma das que merece mais atenção. Os produtos devem ser mantidos sob refrigeração constante e eficaz tanto no transporte como durante o armazenamento para que suas propriedades e características comerciais sejam preservadas. Geralmente, eles passam pelo seguinte ciclo:

- Processo produtivo refrigerado;
- Armazenagem refrigerado ainda na fábrica;
- Transporte refrigerado até os distribuidores;
- Armazenagem refrigerada nos distribuidores;
- Exposição refrigerada para acesso ao consumidor.

Se algumas destas etapas falhar ou for insuficiente, esta sobrecarregará as demais até comprometer a qualidade do produto.

Para evitar que o produto seja danificado pelo calor, as empresas do setor de refrigeração estão se desdobrando em novas tecnologias. As possibilidades que a refrigeração oferece às indústrias alimentícias estão evoluindo enormemente, a ponto de uma instalação frigorífica poder ficar sem energia elétrica e ter preservada por quatro dias a temperatura interna, sem nenhuma modificação, independente do calor que faça lá fora. “O bom isolamento é feito com o objetivo de não sofrer com as variações de clima. O projeto de isolamento térmico realizado para a Sadia, em Ponta Grossa. Prevê a manutenção da temperatura mesmo em quatro dias sem energia e, por consequência, equipamentos de refrigeração desligados. Esta é uma situação totalmente possível, que depende do tamanho e espessura do isolamento, do tipo de produtos armazenados, da temperatura que ele de entra e sair”.

Alguns cuidados devem ser tomados com o acabamento das instalações. “No caso da câmara fria, a espessura do painel isolante terá influencia direta no consumo em dias quentes, assim como o tipo de porta, frequência de abertura, estado geral (infiltrações de ar ou de umidade). Também é importante observar a isolação dos tubos de fluido refrigerante, para não desperdiça energia para o ambiente”. Ainda que um bom projeto deve levar em consideração as condições críticas do sistema, ou seja, carga térmica máxima e seleção de equipamento para funcionar em condição de temperatura externa elevada (temperatura externa máxima real). “Se estes princípios forem seguidos, o frio será mantido mesmo nestas condições”.

A manutenção de uma temperatura baixa neste clima tropical que dura o ano todo no Brasil não é tarefa fácil sem um planejamento estratégico muito bem realizado. Na quarta-feira, dia 25 de janeiro, por exemplo, os termômetros de Campinas, interior de São Paulo, marcaram 36,5°C, a maior temperatura registrada na cidade em janeiro desde 1890, há 116. Para suplantar tanto calor, só mesmo tecnologia aplicada à refrigeração. “Desde que todo o sistema tenha sido projetado para absorver o calor excedente nos dias com temperaturas externas maiores, a tendência é de manutenção da temperatura nos expositores e ambientes refrigerados”.

O equilíbrio térmico objetiva sempre que todos os objetos contidos numa área permaneçam com a mesma temperatura. Quando há um aumento significativo da temperatura externa, a tendência natural é de que haja um efeito em cadeia, ou seja, o calor busca ‘entrar’ pelas portas ou outras áreas abertas, no caso dos expositores, ou mesmo através das paredes, se não houver um isolamento térmico eficiente. “O sistema frigorífico deve poder absorver todo esse calor adicional sem alterações na temperatura de conservação do produto final, seja ele qual for”.

Obviamente, a energia adicional será sentida pelo compressor, pois ocorrerá um aumento da temperatura de evaporação e conseqüentemente a condensação e consumo elétrico. Veja como este processo funciona.

O trabalho total efetuado na compressão do vapor de sucção (temperatura de evaporação) para a pressão de condensação, varia com a taxa de compressão, maior será o trabalho de compressão. Quando a pressão de evaporação é aumentada enquanto a temperatura de condensação permanece a mesma, a taxa de compressão é reduzida, bem como o trabalho de compressão. Porém, quando a temperatura de evaporação é elevada, aumenta-se também a densidade do vapor na sucção, ou seja, a vazão mássica será superior à condição anterior. Com isso, será necessária mais potencia elétrica do motor do compressor para realizar o deslocamento volumétrico do fluido, fazendo-o consumir mais energia.

Por exemplo: um determinado compressor eficiente e moderno, operando com uma temperatura de evaporação em -10°C e temperatura de condensação em 40°C e utilizando R-22 produz uma capacidade frigorífica de: 22.807 Kcal/h e consome 10,80 kw/h. O mesmo compressor, quando aumentamos sua temperatura de evaporação pra -5°C, e mantemos as outras variáveis, produz uma capacidade frigorífica de: 24.760 Kcal/h e consome 12,98 kw/h.

Em resumo, com uma variação de apenas 5°C, aumentou-se à capacidade em aproximadamente 8,5% e aumentou-se o consumo em aproximadamente 20%. Também aumentou a capacidade frigorífica em razão da menor taxa de compressão e cresceu o consumo devido ao aumento da densidade do vapor de sucção.

Para reduzimos esse efeito, devem-se manter em todo o ciclo do produto, desde sua fabricação até sua exposição o consumidor final, a temperaturas dentro dos limites de cada produto. “Para que isso ocorra, todos os equipamentos responsáveis pela refrigeração dos produtos devem ser corretamente projetados, dimensionados, selecionados, instalados e mantidos de forma apropriada e com supervisão adequada”.

É importante considera que temperatura externa faz parte de um conjunto. “Temperatura externa e temperatura interna” que estabelece um diferencial de temperatura que irá influencia diretamente na carga térmica. “A carga térmica é definida por inúmeros componentes que associados ao diferencial de temperatura irão afetar a demanda de energia, que ‘tem’ sua maior influencia na unidade condensadora”. São fatores muito importantes o isolamento térmico utilizado as áreas de troca de calor, a própria configuração física do expositor bem como todos os aparatos utilizados para a redução de troca de calor de uma maneira geral. “Desta forma, é impossível precisar demanda de energia sem considerarmos todas as componentes que irão influencia”.

A temperatura externa sempre terá influencia no desempenho dos sistemas de refrigeração e ar-condicionado, e a extensão desta influência varia com o tipo de equipamento e com o controle utilizado. É possível minimizar a influência da temperatura externa no desempenho do conjunto, mas há como eliminar este efeito. Tem diversas situações em que o fato ocorre, como por exemplo:

1. Em um estabelecimento com ar-condicionado, o efeito sobre o expositor refrigerado será minimizado, e a variação de consumo pelos compressores será mais gradual. Obviamente os compressores do sistema de ar-condicionado serão sobrecarregados, e a relação de equilíbrio será obtida com um bom projeto de sistema.
2. É possível utilizar equipamentos para variar a vazão de ar pelo condensador, de forma a manter a pressão do gás constante. Se a temperatura do ar externo sobe, há uma tendência de a pressão de condensação subir, que por sua vez aumenta o consumo nos compressores. Existem duas formas de otimizar o consumo de energia variando a vazão de ar no condensador. Uma delas é ter mais de um ventilador e aciona-los de acordo com a demanda. A outra é ter um variador de frequência modulando a velocidade do ventilador, e esta última é a mais eficaz. O projeto deve prever o ponto de equilíbrio que minimiza a potência dos compressores e dos motores dos ventiladores somadas, pois estes consumos representam o consumo total do conjunto.

“Tomemos como exemplo uma unidade condensadora de médio porte com o compressor hermético (deslocamento de aprox. 30 m<sup>3</sup>/h). Para manter uma câmara a -10°C com temperatura ambiente de 32°C, ela permitirá remover até 6.200 Kcal/h do ambiente e consumirá 4,4 kW para isso. Se a temperatura ambiente subir para 42°C, ela permitirá remover apenas 5.300 Kcal/h e ainda aumentará o consumo para 5,0 kw. Isso significa dizer que ao aumentar a temperatura externa em 10°C, perde-se cerca de 15% em capacidade e o consumo ainda sobe 14%. Em outras palavras, o consumo em kW do compressor por Kcal retira do ambiente sobe em mais de 30%. O aumento no consumo é de cerca de 3% a cada grau Celsius a mais na temperatura externa”.

A principal forma de minimizar este efeito é sempre manter os condensadores ventilados, e se possível variar a vazão de ar no condensador. “No caso desta última opção, o consumo adicional nos motores dos ventiladores sempre compensará a economia gerada nos compressores”.

### **Balcões frigoríficos pedem atenção redobrada**

A temperatura externa possui peso importantíssimo na base de calculo de qualquer tipo de refrigeração, seja ela doméstica, comercial ou industrial e no caso de balcões comerciais, em hipótese alguma podem sofrer problemas da falta de refrigeração, dada a perecibilidade dos alimentos e necessidade de qualidade. Segundo a equipe do Departamento Técnico da Refresque, a temperatura média do meio externo (temperatura de condensação) é levada em consideração no momento do cálculo, bem como o local onde o balcão será instalado, além da quantidade estimada de abertura que o balcão sofrerá durante o período de funcionamento. “Todas as informações coletadas no dimensionamento do balcão frigorífico são importantes para o bom funcionamento da instalação, economia de energia e enquadramento nas leis vigentes de controle de qualidade”.

Os expositores refrigerados podem ser divididos em dois grupos: fechados e abertos. Nos expositores fechados, o acesso à mercadoria exposta se dá através de portas ou tampas. “Nestes expositores, a influência da temperatura externa é um pouco menor, mas é preciso ter o cuidado de manter estas portas ou tampas fechadas o maior tempo possível”.

Nos expositores abertos, com acesso direto à mercadoria, há uma cortina de ar que atua como uma barreira invisível entre o ambiente externo e o interior do expositor. Neste caso, a situação é um pouco mais crítica, pois apesar de evitar que grande parte do ar externo entre no expositor, a cortina de ar nunca será tão eficiente quanto uma barreira física. “Além disso, a cortina de ar é bastante sensível a perturbações externas, sendo que os ventiladores de teto são o seu grande inimigo durante o verão”. Ao ventilarem o ambiente, os ventiladores provocam correntes de ar, que ao atingirem o expositor, atrapalham muito o fluxo correto da cortina invisível, causando grande prejuízo para a temperatura interna do expositor.

Algumas dicas para se reduzir o consumo, que são válidas para o ano todo, mas, durante o verão, é importante dar mais atenção a elas:

- Manter as portas ou tampas fechadas o maior tempo possível;
- No caso de portas com gavetas, verificar se a vedação está perfeita;
- Evitar que correntes de ar externas incidam sobre os expositores;
- Nos expositores abertos, não colocar produtos, cartazes ou etiquetas que atrapalhem a cortina de ar (tanto na saída de ar, como no retorno de ar, ou no trajeto do ar);
- Abastecer os expositores somente com produtos já previamente resfriados a temperatura adequada, vindos diretamente de uma câmara frigorífica para o expositor, sem perda de tempo neste percurso;
- Não exceder o limite de carga indicada pelo fabricante;
- Limpar periodicamente o condensador do sistema de refrigeração;

Sempre que a loja não estiver em operação.

- Apagar as luzes dos expositores (não somente pelo consumo de luzes em si, mas também pelo calor que elas geram);
- Nos expositores abertos, fechá-los com coberturas noturnas, o que pode economizar até 40% de energia neste período.

### **Variáveis para o projeto de câmaras frigoríficas**

A temperatura interna da câmara frigorífica depende de variáveis que devem ser consideradas mediante o projeto das mesmas a fim de obter o melhor desempenho possível destas câmaras dentro de suas aplicações. No cálculo da carga térmica para câmara de estocagem de alimentos deve-se levar em conta os seguintes fatores: transmissão de calor por superfícies, calor que o alimento deve ‘perder’ para atingir a temperatura desejada, calor interno referente a pessoas, lâmpadas, equipamentos, infiltração de ar, calor de degelo, calor de moto-ventiladores e tempo previsto de funcionamento, além do coeficiente de segurança.

“Durante o projeto de câmaras frigoríficas, alguns dos fatores levados em conta são as condições de temperatura e umidade externas às câmaras. Estas informações fazem parte dos parâmetros de cálculo de isolamento térmico e dos equipamentos de refrigeração”. A amplitude térmica do local de instalação é outro fator bastante importante a se considerar. “Para que se possa fazer um bom controle de condensação e evitar problemas com o dimensionamento do equipamento de refrigeração, o projetista deve averiguar a temperatura e umidade mínima e máxima do local de instalação. Porém nos dias de hoje, além das variáveis habituais, o projetista deve estar atento às alterações climáticas que o planeta vem sofrendo, estas podem causar discrepância nos valores contidos em tabelas não atualizadas”. Neste caso, é recomendado procurar fontes de dados especializadas e que tenha seus dados atualizados constantemente como o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. “Com estas considerações feitas, o projetista deve estipular o coeficiente de segurança a ser aplicado, que será analisado conforme a aplicação da câmara e as condições locais da sua instalação, e dará ao sistema condições de trabalhar sem problemas de perdas apreciáveis em seu rendimento sobre qualquer condição normal de trabalho imposta ao local de instalação, mesmo com aumentos de temperatura externa”.

Uma informação importante que deve ser considerada para que o funcionamento da câmara frigorífica consiga se manter a contento: material humano. A utilização destas câmaras deve obedecer aos critérios impostos durante os cálculos de carga térmica, como por exemplo, tempo de permanência de fontes de calor no interior das câmaras e tempo de permanência de portas abertas. “Para isso, os usuários das câmaras devem programar uma logística de trabalho para uma utilização racional das câmaras, visando seguir as condições impostas durante o levantamento de carga térmica das mesmas. O projetista também deve preocupar-se com a logística de utilização das câmaras. Além de reduzir possíveis discrepâncias no levantamento de carga térmica, ele pode apresentar soluções como portas de tamanhos diferentes e modos de estocagem que garantam a maneira correta e mais econômica de utilização das câmaras”.

Os clientes para este mercado de refrigeração estão se tornando cada vez mais exigentes e atentos. “Estimativas do consumo de energia elétrica estão cada vez mais presentes nas solicitações dos clientes que pretendem adquirir equipamentos de refrigeração e/ou ar condicionado, e a preocupação que os clientes vem demonstrando com esta questão é justificável, já que um dos principais gastos com energia elétrica em supermercados, frigoríficos e outros estabelecimentos que utilizam estes equipamentos estão ligados aos sistemas de refrigeração e ar condicionado”.

#### Transporte também recebe atenção

No verão, quando a temperatura ambiente pode chegar a 33°C e 38°C, dentro da carroceria a temperatura pode atingir até 60°C e 70°C. Nessa época é utilizada a capacidade total de refrigeração do equipamento, os efeitos da estação em equipamentos refrigeradores de transporte.

Como as câmaras e balcões frigoríficos, os equipamentos de refrigeração para transportes também são projetados para manter a temperatura do produto desde que foi carregado até a última entrega. No entanto, um dado relevante: “Os equipamentos de refrigeração para transporte não deveriam ser usados para baixar a temperatura”.

No transporte de cargas frigorificadas, são diversas as variáveis usadas para o cálculo da carga térmica necessária: Volume da carroceria, tipo e espessura do isolamento, numero de abertura da porta, ou de entrega por viagem, quantidade da carga a ser transportada, temperatura do produto a ser transportado e outros. “Para uma carroceria com 5m de comprimento por 2,4m de altura, por 2,4m de largura, com um isolamento de 75mm de poliuretano, transporta 5 toneladas de produto congelados com 18°C e 10 entregas (abertura de porta), seriam necessárias aproximadamente 2.200 Kcal. Assim é preciso escolher um equipamento que tivesse essa capacidade de refrigeração na temperatura de - 18°C”. Além disso, devem-se observar os procedimentos corretos de pré-resfriamento da carroceria o acondicionamento dos produtos e o carregamento.

#### Unidades seladas garantem manutenção da temperatura

Como já foi dito, a busca por um equilíbrio térmico é o principal “vilão” da industria de refrigeradores. O tempo para atingir este equilíbrio depende principalmente da quantidade da massa e da diferença de temperatura entre ambiente e sistema de refrigeração. Para manter a capacidade de “fazer frio”. Recomenda que os sistemas convencionais de refrigeração sejam desenvolvidos com uma unidade selada, ou seja, compressor, condensador, elementos de controle (tubo capilar ou válvula de expansão), evaporador e um fluido refrigerante (R-134a, R-22, R-600a), interligado entre si por tubos. “A unidade selada carrega com fluidos refrigerantes é instalada em um gabinete (caixa com paredes feitas de material isolante térmico). Este conjunto, quando funcionando em condições normais de pressão e temperatura ambiente, deve ter capacidade suficiente para manter o balanço de energia, ou seja, todo calor (energia) que se transfere do meio ambiente para o interior do sistema de refrigeração através das paredes do gabinete ou pelas portas, é retirado pela unidade de refrigeração”.

A seguir, nos exemplos práticos com expositores de bebidas, pode-se observar a significativa influencia da temperatura ambiente no consumo de energia em sistemas de refrigeração. Os dados foram fornecidos pela EMBRACO:

	Temp. Ambiente (°C)	Consumo de energia (kWh/dia)	Funcionamento do compressor (%)	Temperatura interna do expositor de bebidas (°C)
Expositor 1	32,2	4,064	36	2
	40,5	5,073	50	
Expositor 2	32,2	4,53	31	2
	40,5	5,97	41	

Lembrando que muitas vezes o equipamento de refrigeração, que no ato de sua instalação funcionava corretamente atendendo as necessidades do produto, com o passar do tempo tem sua performance reduzida, e diz que provavelmente isto ocorre devido à manutenção e operação inapropriada, que contamina internamente o sistema frigorífico causando constantes paradas, elevação do consumo energético, baixo rendimento frigorífico e quebra de compressores. “Nestes casos, deve-se analisar profundamente a instalação para diagnosticar a fonte do problema e determinar um plano de ações para readequar o sistema, a fim do mesmo voltar a operar com sua máxima performance, ou seja, ter uma boa relação entre produção x consumo energético e principalmente atender as necessidades do produto”.