

EQUIPAMENTOS EXPOSITORES REFRIGERADOS PERSPECTIVA COMERCIAL e ENERGÉTICA

Pedro Dinis Gaspar *, Alexandre Miranda *, R. A. Pitarma **

*Universidade da Beira Interior
Departamento de Engenharia Electromecânica
Rua Fonte do Lameiro – Edifício 1 das Engenharias, 6201-001 Covilhã
e-mail: dinis@demnet.ubi.pt ; e-mail: alexborg@demnet.ubi.pt

**Escola Superior Tecnologia Gestão, Inst. Polit. da Guarda
Av. Francisco Sá Carneiro, N°50, 6300 Guarda
e-mail: rpitarma@ipg.pt

Resumo

Com este artigo pretende-se definir os diversos tipos de equipamentos de frio, de conservação e exposição e apresentar na generalidade as características técnicas que os diferenciam.

Um dos tópicos do trabalho visa o esclarecimento de diversas particularidades dos equipamentos expositores refrigerados, de modo que durante a selecção dos referidos equipamentos não seja apenas considerado o design e a apresentação final dos produtos, mas também o seu consumo energético.

INTRODUÇÃO

A necessidade social e económica do uso racional de energia também se reflecte sobre a componente comercial, visto que esta parcela representa uma fatia bastante assinalável do consumo energético, com principal incidência nos estabelecimentos de venda de produtos alimentares devido à necessidade de refrigeração dos alimentos de modo a que permaneçam em perfeito estado de consumo.

Logo, o consumo energético de qualquer estabelecimento comercial de produtos alimentares é genericamente dividido pelo consumo em iluminação, sistemas HVAC, compressores, condensadores e balcões frigoríficos.

Na década de 70, os balcões frigoríficos eram fabricados em função de conveniência e de estética com um custo reduzido. Esta situação resultou num aumento da energia necessária para o arrefecimento dos referidos equipamentos.

Além disso, a iluminação interna dos balcões frigoríficos, o isolamento deficiente, a ventilação ineficiente fez disparar o consumo energético destas unidades.

Nos últimos dez anos, os fabricantes de balcões frigoríficos reduziram o consumo energético dos equipamentos em cerca de um terço, em função das exigências dos consumidores. No entanto, dada as características dos empreendimentos comerciais, quer pela concorrência de mercado, quer pela evolução das empresas inerentes aos serviços de alimentação, é imprescindível continuar a desenvolver métodos que minimizem o consumo energético dos equipamentos.

O desenvolvimento de sistemas de frio, de conservação e exposição de produtos alimentares baseia-se na oferta de um elevado número de modelos standard que preencham as necessidades comerciais com performances de refrigeração e de design específicas. No entanto, verifica-se que por vezes o desenvolvimento dos equipamentos em termos de estética, não é acompanhado por uma evolução técnica dos elementos internos de fazem parte do mecanismo, o que resulta num retrocesso na racionalização energética que se pretende.

A comercialização de produtos alimentares em frio comporta cerca de 50% do consumo energético total de um estabelecimento comercial alimentar. Logo, verifica-se que a correcta escolha dos equipamentos refrigerados influencia directamente a apresentação dos produtos e conseqüente venda, bem como o consumo energético do local, pelo que na selecção de equipamentos expositores refrigerados, não deverá ser apenas considerada a apresentação do produto, mas também o seu consumo energético, já que os dois factores apresentam primordial importância na rentabilidade do estabelecimento. Entenda-se que neste caso considera-se a comercialização como sendo a apresentação atractiva de produtos alimentares de modo a encorajar a sua compra por parte do público em geral. Para tal, os diversos tipos de equipamentos expositores refrigerados possuem diferentes características relativamente à apresentação dos produtos e diferentes consumos energéticos dependendo do tipo de produto alimentar que irão albergar.

CARGA DE ARREFECIMENTO

Os balcões frigoríficos refrigerados são usados para comercializar comida perecível e prover temperaturas de armazenamento desejáveis. Os sistemas de refrigeração controlam a temperatura de armazenamento dos produtos, removendo todas as componentes de ganhos de calor do balcão frigorífico.

A transferência de calor num balcão frigorífico envolve interações entre o produto e o ambiente interno do balcão, bem como com a vizinhança.

As componentes de calor do ambiente circunvizinho incluem transmissão (ou condução), infiltração e radiação.

O produto troca calor com o ambiente dentro do balcão frigorífico por convecção e radiação. Tipicamente, a convecção é o modo principal de transferência de calor que arrefece o produto. A diferença de temperatura entre a superfície do produto e as superfícies do estabelecimento governam a taxa de transferência de calor do produto por radiação.

As cargas de Condução, Radiação e Convecção (infiltração), bem como as trocas de calor entre o produto e os componentes interiores do balcão dependem das temperaturas do ar ambiente e do ar no interior do balcão.

A carga refrigerante de um balcão frigorífico típico, tem componentes sensíveis e latentes :

- Ganho de calor por Convecção / Infiltração,
- Ganho de calor por Radiação,
- Ganho de calor por Condução,
- Ganho de calor por iluminação,
- Ganho de calor pelo sistema de ventilação,
- Ganho de calor pelo mecanismo de descongelação,
- Ganho de calor pelo sistema de anti-embaciamento,
- Ganho de calor de respiração dos produtos,
- Ganho de calor devido ao armazenamento dos produtos,

Para balcões frigoríficos de temperatura normal (TN) usados para comercializar Laticínios, Frutas e Legumes, Talho e Charcutaria e Peixaria, as componentes principais da carga refrigerante são a convecção, iluminação, motores da ventilação, radiação e condução.

A *Figura 1* descreve a contribuição comparativa das cargas para um balcão vertical, aberto destinado à exposição em frio de carne com 2.4 [m] testado às condições ambiente de temperatura de bolbo seco (DB) de 24 [°C] e 55% de humidade relativa (RH).

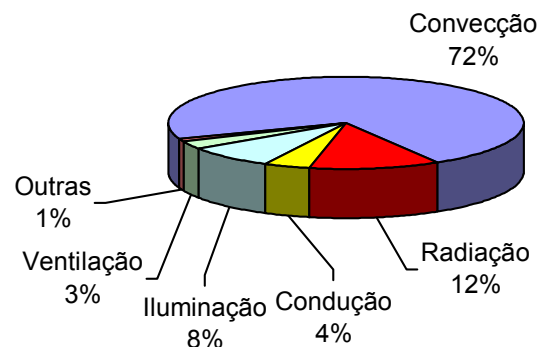


Figura 1 : Contribuição das componentes individuais para a carga refrigerante de um balcão frigorífico.

Carga por Condução

A carga de condução recorre à transmissão de calor pelo envelope do balcão frigorífico. A diferença de temperatura entre o ar da vizinhança e o ar dentro do balcão é a força motriz para esta transferência de calor. A dificuldade resume-se em determinar o coeficiente de transferência de calor global das paredes do balcão. Isto envolve os coeficientes de convecção internos e externos do filme de ar, a condutividade térmica das superfícies exteriores e internas do balcão, e a condutividade térmica do isolamento entre as paredes internas e exteriores.

A condutância do filme interior do balcão é uma função da convecção forçada, considerando que a condutância do filme exterior depende da transferência de calor de convecção natural. Após a determinação do coeficiente de transferência de calor global, a carga de transmissão pode ser quantificada.

Carga devido à temperatura de armazenamento do produto

Deve-se à introdução de produtos alimentares no interior do balcão frigorífico que possuem uma temperatura superior à temperatura de armazenamento pretendida. Representa a quantidade de arrefecimento exigida para baixar a temperatura do produto a um valor desejado.

Geralmente considera-se $15 \approx 20$ [°C] para produtos frescos e $-15 \approx -20$ [°C] para congelados.

Carga devido ao mecanismo de descongelação

Como o evaporador de um balcão frigorífico funciona a temperaturas abaixo do ponto de congelação de água, forma-se gelo na superfície da serpentina do evaporador.

A humidade no ar que recircula o evaporador é a principal fonte de formação de gelo. À medida que as moléculas de água contactam a superfície fria da serpentina abaixo da sua temperatura de ponto de orvalho, condensam e perdem o calor latente de vaporização. Se a temperatura superficial estiver abaixo do ponto de congelação, a água perde o seu calor de fusão e converte-se em gelo.

A formação de gelo na superfície de transferência de calor diminui o coeficiente de transferência de calor do evaporador e além disso, aumenta a resistência ao fluxo de ar pela serpentina.

Durante o ciclo de descongelação, a temperatura do produto dentro do balcão eleva-se. Quando a descongelação termina, o sistema de refrigeração tem que ter a capacidade necessária para remover o calor acumulado durante o período de descongelação do evaporador e tem que baixar a temperatura do produto a um setpoint desejável num reduzido espaço de tempo. O tempo exigido para remover o ganho de calor devido ao período de descongelação depende :

- Do tipo de descongelação e conseqüente intensidade de calor ;
- Do controlo de terminação da descongelação ;
- Do calor específico do produto ;
- Da temperatura de armazenamento desejada.

Durante o ciclo de descongelação, o compressor do balcão frigorífico não funciona. Logo, o sistema de refrigeração necessita de bastante capacidade refrigerante após a descongelação, para manter a temperatura do produto desejada.

Consequentemente, as aplicações de refrigeração onde o gelo se possa acumular deverão utilizar algum tipo de mecanismo de descongelação. Tipicamente, os mecanismos de descongelação funcionam em ciclo de acordo com intervalos de tempo predeterminados. Outros iniciam-se num determinado ciclo de tempo e terminam quando a temperatura do evaporador alcança um valor estabelecido.

Dependendo da aplicação da refrigeração, os mecanismos de descongelação, bem como o processo de terminação do ciclo de descongelação, podem variar desde :

- ***Ventilação com ar ambiente :***

O ciclo de descongelação pode ser conseguido, se a ventilação continuar a funcionar após o compressor ser desligado, para um intervalo de tempo prefixo ou até que a temperatura da serpentina suba alguns graus acima dos 0 [°C]. Este mecanismo de descongelação assenta na hipótese de que o calor do ar ambiente seja capaz de derreter o gelo sem necessidade de calor auxiliar.

As aplicações de baixa temperatura necessitam de uma fonte de calor auxiliar para derreter o gelo que se acumula na serpentina.

- ***Descarga de gás quente ou Resistências eléctricas :***

A descongelação por gás quente utiliza uma fracção do calor contido numa descarga de gás do compressor operacional, para descongelar o evaporador.

Tanto a descongelação eléctrica, como por gás quente fornecem mais calor do que é necessário para derreter o gelo. Uma parte substancial deste calor extra aquece o metal da serpentina e dissipa-se no interior do balcão, sendo acrescentado à carga de refrigeração. O calor extra pode ser até 85% do calor total de descongelação, o que significa que só 15% do calor de descongelação é útil para derreter o gelo.

Carga devido ao sistema de anti-embaciamento

As resistências de anti-embaciamento são usados principalmente em balcões ou vitrines com portas de vidro. Estas resistências eléctricas ficam situadas ao redor do caixilho dos balcões e nas conexões das portas para prevenir a condensação nas superfícies de metal, reduzindo o embaciamento dos vidros da porta. A sua potência e carga refrigerante resultante pode ser reduzida aplicando controlos inteligentes que reduzam a operação das resistências em função da humidade interior.

Carga de radiação

O ganho de calor do balcão frigorífico por radiação é uma função das condições interiores do balcão, incluindo a temperatura, emissividade, área das paredes internas do balcão, factores de forma em relação às paredes, objectos, chão, tecto das vizinhanças e correspondentes temperaturas, emissividades e áreas. Por simplicidade, cada superfície pode ser representada por um conjunto de áreas equivalentes com uma determinada emissividade e temperatura. No caso de se pretender um valor preciso é necessário recorrer a métodos mais elaborados, como sejam o Método de Monte Carlo ou das Ordenadas Discretas. A carga devido à transferência de calor por radiação pode ser determinada modelando o sistema como duas superfícies cinzentas, uma superfície representando a área superficial total ambiente (paredes, pavimento, tecto) e outra sendo um plano imaginário que cobre a abertura do balcão frigorífico. Toda a radiação emitida pelas superfícies e objectos do estabelecimento chega ao plano imaginário. Por sua vez, o plano imaginário que representa a abertura do balcão, troca radiação com as superfícies interiores do balcão frigorífico.

O ganho de calor por radiação apresenta um valor bastante elevado, mas também se apresenta como o mais difícil de quantificar, já que para obter um valor preciso da carga por radiação têm que ser considerados os materiais, texturas e geometria não só o invólucro correspondente à área de exposição, mas também das embalagens ou produtos que o balcão frigorífico irá conter.

Cargas internas

As cargas internas do balcão frigorífico incluem o calor dissipado pela iluminação e pelo(s) motor(es) da ventilação.

As lâmpadas, balastos e os motores dos ventiladores tipicamente situam-se dentro da fronteira termodinâmica do balcão. Consequentemente, na maioria dos casos, a sua dissipação de calor deveria ser considerada como parte da carga total do balcão.

Carga por Convecção / Infiltração

O ganho de calor por convecção/infiltração do balcão frigorífico refere-se à entrada do ar ambiente, pela cortina de ar no espaço refrigerado do balcão. O desempenho da cortina de ar e a quantidade de calor transferido dependem de vários factores, incluindo:

- Velocidade da cortina de ar e perfil de temperatura ;
- Número de orifícios da grelha de descarga ;
- Largura e espessura da cortina de ar ;
- Características dimensionais da grelha de descarga de ar ;
- Temperatura e humidade ambiente e do balcão frigorífico ;
- Agitação da cortina de ar devido à movimentação no interior do estabelecimento ;
- Efeitos de turbulência e viscosidade turbulenta na região inicial do jacto.

A carga por convecção tem duas componentes, sensível e latente. A componente sensível retracts o calor associado ao aumento de temperatura interna do balcão frigorífico devido à entrada de ar ambiente a uma temperatura mais elevada. A componente latente refere-se à parcela de calor associado à humidade, acrescentado ao balcão pelo ar ambiente que atravessa a cortina de ar. À medida que o ar passa pelo evaporador, perde o seu calor sensível e é desumidificado.

A fonte principal de carga latente para um balcão frigorífico é dada pelo conteúdo de humidade do ar ambiente que entra no balcão através da cortina de ar. Em alguns casos, a respiração do produto gera humidade adicional dentro do balcão frigorífico.

As frutas frescas e legumes perdem humidade por respiração. Esta humidade evapora, e acaba no ambiente através da transferência convectiva de massa.

A respiração é um processo químico pelo qual as frutas e os legumes convertem açúcares e oxigénio em dióxido de carbono, água e calor. O calor gerado aumenta a dissipação de vapor de água pela pele dos alimentos para o interior do balcão frigorífico refrigerado.

EQUIPAMENTOS EXPOSITORES REFRIGERADOS

Os móveis dividem-se em três tipos principais segundo o seu aspecto:

- Expositores verticais (murais), cuja característica principal é apresentar uma ampla área de exposição em modo de *self-service* de produtos lácteos, talho e charcutaria, frutas e legumes, produtos congelados ou até mesmo possuírem características multifuncionais.
- Expositores horizontais (ilhas) esteticamente indicados para aproveitar os espaços livres destinados à exposição e conservação em frio de produtos frescos e produtos congelados.
- vitrines indicadas para a exposição e conservação de produtos de pastelaria e bar, talho e charcutaria, peixaria, etc...

Expositores verticais - Murais

Quando se pretende usar os equipamentos em modo de *self-service*, os estabelecimentos deverão ser equipados com murais, de larga exposição, de modo a expor os produtos de forma atractiva.



Figura 2 : Exemplo de expositor vertical

Cortinas de ar

Qualquer expositor aberto depende de cortinas de ar para manter a correcta temperatura dos produtos no seu interior. A função das cortinas de ar consiste na redução da entrada de ar ambiente do estabelecimento para o interior da área de exposição do equipamento. Na generalidade, os expositores possuem entre uma a três cortinas de ar dependendo da temperatura de funcionamento e da abertura da superfície de exposição.

Os balcões frigoríficos verticais abertos de exposição em frio baseiam-se nas cortinas de ar para impedir que o ar ambiente a uma temperatura superior penetre no ambiente frio dentro do balcão. As cortinas de ar possuem um papel significativo na interacção térmica do balcão frigorífico com o ar circunvizinho.

Um conflito clássico entre as componentes comercial e energética, inerentes aos equipamentos expositores refrigerados pode ser exposta considerando um mesmo tipo de expositor vertical refrigerado (Mural), mas com características diferentes. Assumindo um do tipo aberto e outro fechado (com portas de vidro), o custo da refrigeração do primeiro é cerca do dobro do segundo, no entanto o mural aberto possui

um poder de venda maior, o que requer uma taxa de venda do produto muito superior, para que o seu custo operacional se aproxime do expositor vertical fechado.

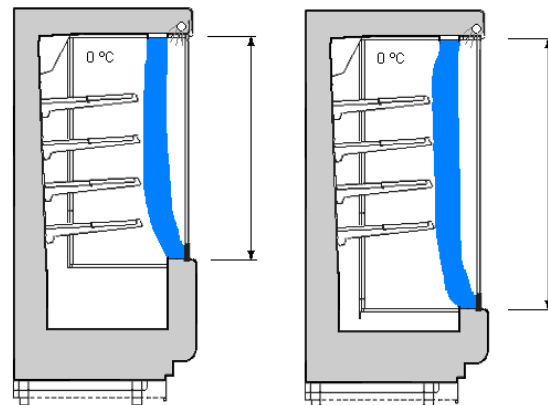


Figura 3 : Influência das componentes comercial e energética dos expositores

- Cortina de ar simples

O fluxo de ar de uma cortina mistura-se com o ar interior arrefecido, mas também se mistura na fronteira exterior com o ar ambiente do estabelecimento.

Para maximizar a mistura na fronteira interior e minimizar na fronteira exterior, a cortina de ar deverá possuir um gradiente de temperatura ascendente e um gradiente de velocidade descendente do interior para o exterior, tal que o escoamento a elevada velocidade e baixa temperatura assegure a mistura na fronteira interior enquanto o escoamento a baixa velocidade e temperatura ambiente na fronteira exterior minimize a mistura do ar refrigerado com o ar ambiente do local.

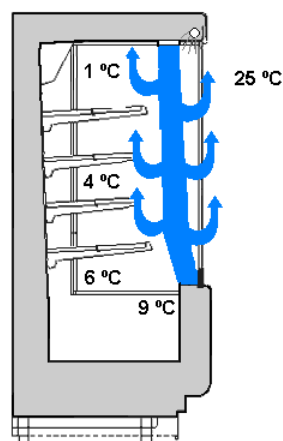


Figura 4 : Influência da cortina de ar nas interações térmicas.

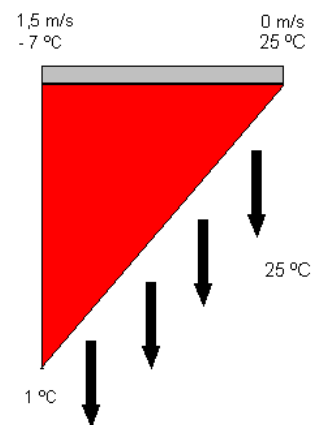


Figura 5 : Gradientes de temperatura e velocidade de uma cortina de ar ideal.

Além dos efeitos dos gradientes de temperatura e de velocidade, as moléculas de ar que abandonam a grelha de descarga deverão seguir a mesma direcção, pelo que geralmente as grelhas de descarga apresentam uma configuração de favos de abelha.

- Cortina de ar tripla

Dependendo do modelo de expositor e do fim que lhe é destinado, em vez de serem utilizados gradientes de temperatura e velocidade uniformes, são utilizadas três cortinas de ar, cada uma com a sua temperatura e velocidade.

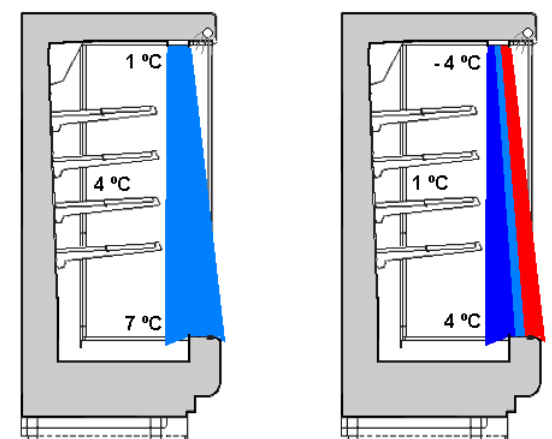


Figura 6 : Comparação de cortinas de ar em murais com diferentes temperaturas de funcionamento.

- A cortina de ar da fronteira interior possui uma velocidade mais elevada e descarrega o ar refrigerado que atravessa o evaporador ;
- A cortina intermédia é obtida com ar recirculado mas não refrigerado ;
- A cortina da fronteira exterior é realizada com ar ambiente descarregado a baixa velocidade, de modo a proteger as cortinas interiores.

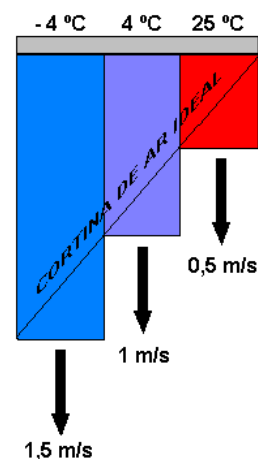


Figura 7 : Cortina de ar tripla

A eficiência das cortinas de ar é afectada pela diferença de densidade entre o ar refrigerado e o ar ambiente, logo deve-se considerar que quanto mais reduzida for a temperatura de funcionamento e maior for a abertura vertical do expositor, maior deverá ser a espessura e a velocidade da cortina de ar.

Expositores horizontais - Ilhas

As “ilhas” são expositores horizontais amplamente utilizados em estabelecimentos comerciais destinados à venda de produtos alimentares em regime de *self-service*, disponíveis no mercado em versões para temperaturas positivas (produtos alimentares frescos) e para baixas temperaturas (congelados, gelados).



Figura 8 : Exemplo de expositor horizontal com cortina de ar

Regem-se pelos mesmos princípios dos gradientes de temperatura e velocidade que os expositores verticais e também possuem cortinas de ar, no entanto, possuem o princípio físico da *gravidade*, que joga a favor da redução da carga total de arrefecimento. O ar refrigerado no interior do equipamento é mais pesado que o ar ambiente exterior, pelo que a cortina de ar assenta sobre os produtos alimentares e mantêm-nos à devida temperatura de conservação.

O efeito da gravidade permite o uso de velocidades mais reduzidas e a espessura da cortina de ar é inferior, o que na realidade se traduz numa redução do consumo energético do equipamento face aos expositores verticais.

Seja qual for o tipo de expositor, verifica-se que independentemente do uso de cortinas de ar, apenas se atinge a temperatura de funcionamento para a qual o equipamento está projectado se este contiver uma carga alimentar que reduza o volume vazio, que noutro caso irá favorecer a interacção térmica com o ar ambiente do estabelecimento comercial.

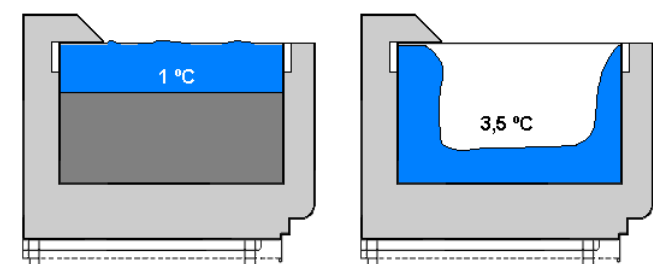


Figura 9 : Comparação entre um expositor horizontal carregado e vazio.

Vitrines

Os diversos fabricantes oferecem uma variada gama de vitrines para pastelaria e bar, talho e charcutaria, peixaria, supermercados e restauração.

O modelo de vitrine é ideal para pequenas lojas especializadas porque permite um relacionamento óptimo entre a superfície ocupada e a área de exposição.

Este tipo de expositor geralmente é fechado e apresenta uma ampla área de visibilidade dos produtos que abriga.

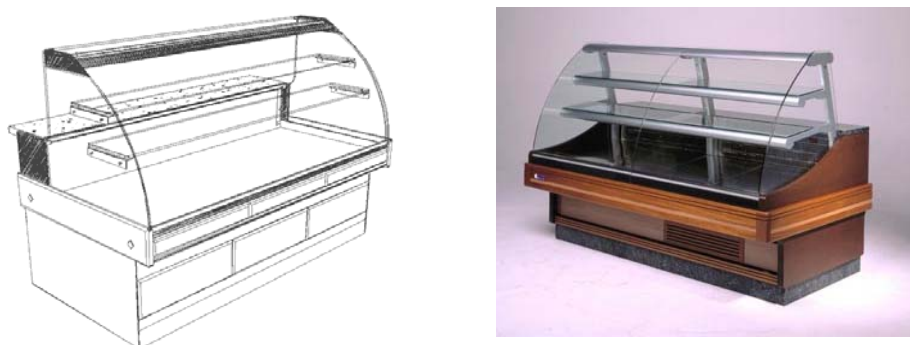


Figura 10 : Exemplo de expositor (vitrine)

No caso de armazenar produtos frescos, é necessário atender às características da vitrine, em termos do funcionamento através de refrigeração estática ou ventilada. A escolha do tipo de vitrine irá influenciar uma série de parâmetros:

A vitrine com refrigeração estática apresenta a vantagem de não contribuir para ressecar os alimentos frescos, visto não possuir convecção forçada do ar refrigerado. Este facto implica uma redução na área de exposição. Como a recirculação do ar no interior da área de exposição é natural, não há necessidade de ventiladores e o evaporador poderá ser colocado em diversos locais, dependendo do tipo de produto :

- No topo do expositor, no caso do equipamento funcionar com refrigeração estática por gravidade.
- Como alternativa, o evaporador normalmente de grandes dimensões, poderá ser instalado por baixo do tabuleiro ou na zona posterior da vitrine ocupando área que de outra maneira seria de exposição.

A vitrine com refrigeração ventilada apresenta o *handicap* de secar o produto mais rapidamente e ter um consumo energético superior, no entanto apresentam uma resposta muito superior e ao possuir o evaporador no fundo do equipamento a área de exposição aumenta e possibilita diversas configurações de colocação de prateleiras, o que acaba por beneficiar a comercialização dos produtos alimentares.

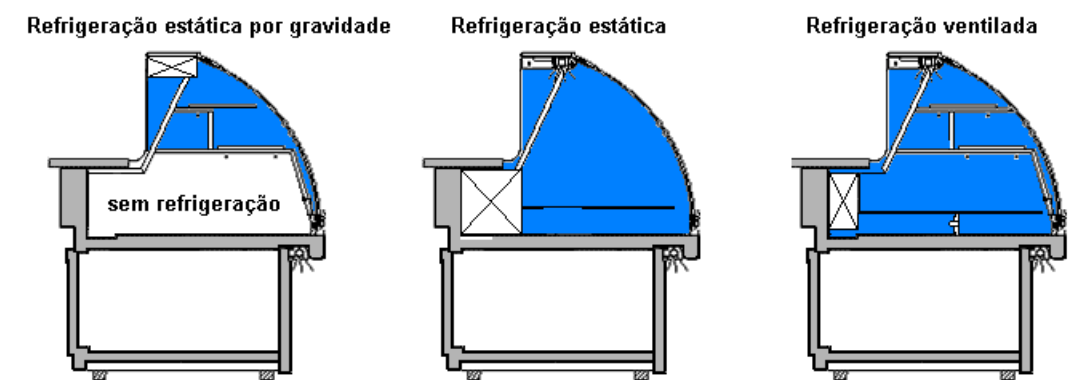


Figura 11 : Comparação do tipo de refrigeração em vitrines

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS

As características técnicas gerais a ter em conta durante a selecção de qualquer equipamento expositor refrigerado podem ser subdivididas em :

Funcionamento

Os elementos inerentes ao funcionamento do expositor podem ser referenciados relativamente ao :

- Sistema de refrigeração poderá ser por circulação natural do ar refrigerado (frio estático) ou por convecção forçada com a utilização de ventiladores ;
- Sistema de controlo da temperatura e dos ciclos de descongelação ;
- Mecanismo de descongelação do evaporador, realizada por ventilação, resistências eléctricas ou por gás quente ;
- Tipo de isolamento ;
- Materiais de construção dos equipamentos.

Serviço

O tipo de serviço poderá ser considerado semelhante ao das câmaras frigoríficas, conforme a utilização destinada ao equipamento:

- Fraco :
Número reduzido de abertura das portas ;
Stockagem de produtos sazonais ou de longa duração para congelados ;

- Normal :
Stockagem de curta duração tanto para produtos frescos como congelados ;
Armazenamento de produtos de supermercados ou talho ;

- Forte :
Elevado número de substituição de produtos ;

- Muito forte :
Equipamentos localizados em locais anormalmente quentes.

Economia

O rigor no controlo das temperaturas dentro da câmara de reserva e na área de exposição auxilia a melhoria da eficiência energética dos equipamentos.

O isolamento a poliuretano injectado das paredes exteriores permite-lhes uma considerável redução no consumo energético.

Visibilidade

Dependendo do tipo de equipamento, pretende-se obter uma ampla visão sobre o produto, de modo a proporcionar uma extensa área de exposição.

Este factor também é obtido através do desfasamento de prateleiras, para permitir uma captação visual do produto sem condicionalismos.

Ecologia

O gás refrigerante utilizado na produção de frio (R404A ou R134A) e o gás utilizado para o tipo de isolamento (R141b), por regra são isentos de CFC's, pelo que não prejudicam a camada de ozono.

Luminosidade

A sensibilidade do homem aos valores e nuances cromáticos, é particularmente importante em relação aos produtos alimentares; a motivação ou dissuasão pelo produto exposto poderá variar apenas pela cor da fonte luminosa, de modo que uma reflexão cromática próxima da luz do sol permite valorizar os tons naturais dos produtos frescos.

Design

O design toma um papel predominante na escolha e venda deste tipo de equipamentos, tanto pela sua construção, materiais e acabamentos que os caracterizam.

Também se faz sentir nos elementos internos que valorizam a apresentação dos produtos, como sejam a iluminação indirecta, o peso e volume visual do equipamento.

Ergonomia

Em função da ergonomia, os diversos modelos propostos pelos fabricantes foram desenhados de acordo com as condições médias de captação visual do público. Tentam permitir uma observação do produto menos condicionada pela barreira do vidro, reduzindo simultaneamente a probabilidade de reflectir pontos de luz parasitas.

CONCLUSÕES

Dada a evolução tecnológica, qualquer uma das componentes da carga de arrefecimento total de balcões frigoríficos é passível de ser optimizada de modo a reduzir o consumo energético destes estabelecimentos. De modo a alcançar este feito, torna-se necessário estabelecer pontos intermédios que permitam a evolução sustentada do estudo :

- Consulta aos diversos fabricantes, sobre dificuldades, deficiências e expectativas actuais, relativas a aspectos construtivos, operativos e de evolução dos equipamentos ;

- Definição do modelo e tipo de balcão frigorífico, tendo em conta características técnicas construtivas, geométricas, de materiais e de operação, bem como o tipo de utilização destinada a suprimir uma necessidade específica de refrigeração de um dado género de produtos alimentares ;
- Descrição, quantificação e peso das componentes da carga de arrefecimento que deverão ser contabilizadas na avaliação energética de balcões frigoríficos.

Em função dos elementos apresentados verifica-se que a convecção/infiltração constitui a componente com maior peso na carga refrigerante de um balcão frigorífico vertical aberto. A radiação e as cargas internas são as próximas componentes em peso relativo.

Determinar a carga por convecção/infiltração é o aspecto mais desafiador da análise da carga refrigerante de um balcão frigorífico. A falta de conhecimento do desempenho termofluido das cortinas de ar contribui significativamente para este desafio, principalmente, pela ausência de um método robusto e simplificado para determinar a quantidade de ar que entra no balcão.

No entanto, tomando em consideração outro tipo de modelo de balcão frigorífico, como seja o caso de um expositor horizontal, a radiação passará a possuir um peso relativo mais elevado na carga refrigerante total. Actualmente, um pouco em função do objectivo final dos balcões frigoríficos, que reside na exposição e venda de produtos alimentares, os aspectos estéticos e de design são de extrema importância em deterioramento de aspectos construtivos, geométricos e de materiais capazes de reduzir a carga de arrefecimento necessária devido à transmissão de calor pelas diversas componentes.

Este grupo de trabalho têm por objectivo, desenvolver um modelo de simulação comportamental computacional, com posterior verificação experimental, que permita modelar e visualizar as características do escoamento e a transmissão de calor no interior de balcões frigoríficos, de modo a obter valores precisos sobre as

diversas componentes da carga de arrefecimento total. Com particular incidência, pretende-se realizar o estudo e quantificação das componentes de ganhos de calor de balcões frigoríficos com peso relativo mais acentuado ,perdas por convecção e radiação.

Pretende-se determinar os campos de temperatura e de velocidade, de modo a apreciar a influência da convecção mista (Peso relativo da convecção natural num balcão frigorífico com refrigeração ventilada) e avaliar o efeito de perturbação do campo de pressões, de modo a detectar a influência da pulsação do escoamento na transferência de calor. A investigação pretende orientar as bases de desenvolvimento do estudo sobre cortinas de ar.

Através de definição do método numérico de resolução da transferência de calor radiativa mais preciso e com a avaliação das propriedades e geometria dos materiais que constituem o interior dos ditos equipamentos, pretende-se obter uma aproximação dos ganhos de calor por radiação.

A avaliação dos resultados obtidos pretende indicar linhas futuras de orientação para o desenvolvimento dos equipamentos, tanto em termos construtivos como de funcionamento, tendo como principal foco de interesse, os parâmetros inerentes à optimização da eficiência energética.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Eng.º Rui Vicente da *DISOTEL* e ao Eng.º Diogo Sousa da *HIPERFRIO* pelo auxilio prestado no esclarecimento das características procuradas pelos proprietários de estabelecimentos comerciais, durante a selecção de equipamentos expositores refrigerados, bem como sobre as principais deficiências e virtudes de cada um dos tipos de modelos.

Agradece-se ao Eng.º Filipe Guimarães da *JORDÃO COOLING SYSTEMS* pela disponibilização das várias figuras exemplificativas dos diversos equipamentos, assim como pela apresentação das dificuldades sentidas pelos fabricantes e expectativas relativamente aos aspectos construtivos, operativos e de evolução tecnológica.

REFERÊNCIAS

1. Faramarzi, Ramin, "*Efficient display case refrigeration*", ASHRAE Journal, November 1999, vol. 41, n.º 11
2. Faramarzi, Ramin , Woodworth, Michele, "*Colder temperatures in display cases*", ASHRAE Journal, November 1999, vol. 41, n.º 11
3. Adams, Paul, "*Merchandising vs. energy consumption in the supermarket*", Heating/Piping/Air Conditioning Journal, April 1992
4. Flannick, John A. , Stamm, Richard H. , Calle, Max M. , Gomolla, Jerry C., "*An electric utility's adventures in commercial refrigeration*", Heating/Piping/Air Conditioning Journal, October 1994
5. Farr, Frances, "*The importance of relative humidity in refrigerated areas*", Heating/Piping/Air Conditioning Journal, August 1993
6. Kelly, David N., "*Retail refrigeration – Challenges, technological solutions*", Heating/Piping/Air Conditioning Journal, October 1996
7. Humphrey, Joe, "*A truly supermarket*", Engineered Systems Magazine, April 2000
8. *Refrigeration*, Southern California Edison – Business Adviser
9. Case Studies : "*Development and improvement of retail display cabinets*" ; "*Design of retail display cabinets using CFD*", FRPERC - University of Bristol
10. *Energy* : "*Energy consumption of retail display cases*" ; "*The effect of shelves on energy consumption in a multi-deck retail display case*", FRPERC - University of Bristol